5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS

December 08-09, 2025 / Ankara – TÜRKİYE



THE PROCEEDINGS BOOK

EDITOR
Prof. Dr. Memet ŞAHİN

ISBN: 979-8-89695-287-9

www.izdas.org/cankaya

Copyright © Liberty

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS

December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE

EDITOR

Prof. Dr. Memet ŞAHİN

Issued: 25.12.2025

Liberty Publishing House
Water Street Corridor New York, NY 10038
www.libertyacademicbooks.com
+1 (314) 597-0372

ALL RIGHTS RESERVED NO PART OF THIS BOOK MAY BE REPRODUCED IN ANY FORM, BY PHOTOCOPYING OR BY ANY ELECTRONIC OR MECHANICAL MEANS, INCLUDING INFORMATION STORAGE OR RETRIEVAL SYSTEMS, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOTH THE COPYRIGHT OWNER AND THE PUBLISHER OF THIS BOOK.

© Liberty Academic Publishers 2025

The digital PDF version of this title is available Open Access and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits adaptation, alteration, reproduction and distribution for noncommercial use, without further permission provided the original work is attributed. The derivative works do not need to be licensed on the same terms.

adopted by Mariam Rasulan

ISBN: 979-8-89695-287-9

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS

DATE and PLACE

December 08-09, 2025 / Ankara – TÜRKİYE

Congress Organizing Board

Prof. Dr. Salih ÖZTÜRK- Tekirdağ Namık Kemal University
Prof. Dr. Ebülfet PELENGOV - Azerbaijan State Pedagogical University
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin ERİŞ- Harran University
Assoc. Prof. Dr. Ayşe ERKMEN- Gaziantep University
Assoc. Prof. Dr. Hacer KAYA- G□m□shane University
Assoc. Prof. Dr. Hakan ÇETİNER- Gazi University
Assoc. Prof. Dr. Tülin KARTAL GÜNGÖR- Ankara Hacı Bayram Veli University
Assoc. Prof. Dr. Ethem İlhan ŞAHİN - Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University
Dr. Mehriban EMEK - Adiyaman University
Dr. Serkan GÜN- Siirt University

COORDINATOR

Gönül EDEŞLER
Neslihan BALCI

NUMBER of ACCEPTED PAPERS - 235

NUMBER of REJECTED PAPERS – 42

PARTICIPANTS COUNTRY

Türkiye-112, Albania-2, Algeria-8, Azerbaijan-3, Bangladesh-3, Brazil-1, Canada-1, Casablanca-1, China-1, Croatia-1, India-31, Iran-1, Italy-2, TRNC-2, Malaysia-1, México-3, Morocco-22, Nigeria-20, Pakistan-9, Port□gal-1, Romania-3, T□nisia-4, Vietnam-1, Uzbekistan-2

SCIENCE AND ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Aysl□B. SARSEKENOVA - Orle□National Development Instit□te
Prof. Dr. Necati DEMİR - Gazi University
Prof. Dr. Ebülfet PELENGOV - Azerbaijan Pedagogy University
Prof. Dr. Memet ŞAHİN - Gaziantep University
Assoc. Prof. Dr. Svitlana TARASOVA - V. N. Karazin Kharkiv National University
Assoc. Prof. Dr. Froilan MOBO - Philippine Merchant Marine Academy
Assoc. Prof. Dr. Cavit POLAT - Kahramanmaras Sütçü İmam University
Assoc. Prof. Dr. Güray ALPAR- Geopoitical Foresight Instit□te
Assoc. Prof. Dr. H. B□rçin HENDEN ŞOLT - Zong□ldak B□lent Ecevit University
Assoc. Prof. Dr. Ümit AYATA - Bayb□rt University
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Emin KALGI - Ardahan University
Assoc. Prof. Dr. N. Gamze YÖRÜK - Dok□z Eyl□l University
Assist. Prof. Dr. M□rat KIRANŞAN - Gümüşhane University
Assist. Prof. Dr. Tayyip ÖZCAN - Erciyes University
Dr. Damezhan SADYKOVA - Kazakh Girls' State Pedagogical University
Dr. Mariam S. OLSSON - Labanise University
Dr. WU Yicheng - Minz□University
Dr. Mohammed Shoaib KHAN - Pak T□rk Maarif School
Dr. Emin GİTMEZ - İnönü Üniversitesi
Dr. Sera İFLAZOĞLU - Middle East Technical University
Dr. Osman OKUYUCU - Namik Kemal University

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS

December 08-09, 2025 / Ankara – TÜRKİYE



Meeting ID: 829 5595 6031
Passcode: 123456

Join Zoom Meeting
https://us02web.zoom.us/j/82955956031?pwd=7QZCl8zPMkl48bltTarmo4zaKHiRUa.1

Participant Countries: 23 countries

Türkiye, Albania, Algeria, Azerbaijan, Bangladesh, Brazil, Canada, Casablanca, China, Croatia, India, Iran, Italy, TRNC, Malaysia, México, Morocco, Nigeria, Pakistan, Portugal, Romania, Tunisia, Vietnam, Uzbekistan

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara – TÜRKİYE
(THE PROCEEDINGS BOOK)
https://www.izdas.org/cankaya

Önemli, Dikkatle Okuyunuz Lütfen

- Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır.
- Online sunum yapabilmek için **https://zoom.us/join** sitesi üzerinden giriş yaparak "Meeting ID or Personal Link Name" yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz.
- Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur.
- Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir.
- Uygulama tablet, telefon ve PC'lerde çalışıyor.
- Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden 5 dk öncesinde oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir.
- Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir.
- Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

Dikkat Edilmesi Gerekenler- TEKNİK BİLGİLER

- Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun.
- Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz.
- Kabul edilen bildiri sahiplerinin mail adreslerine Zoom uygulamasında oluşturduğumuz oturuma ait ID numarası gönderilecektir.
- Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir
- Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır

Önəmli, Xahiş edirik diqqətlə oxuyasınız

- Konfransımızda Yazı Qaydalarına uyğun göndərilmiş və elmi komissiyadan keçən məruzələr üçün online (video konfran şəklində) çıxış imkanı veriləcəkdir.
- Online məruzə üçün **https://zoom.us/join** linki üzərindən daxil olaraq "Meeting ID or Personal Link Name" yerinə ID nömrəsinə daxil olaraq konfransa qoşula bilərsiniz.
- ZOOM tədbiqi pulsuzdur və yeni hesab açmağa ehtiyac yoxdur
- ZOOM tədbiqi qeydiyyatdan keçmədən istifadə edilə bilir
- Tədbiq planşet, telefon və komputerlərdə mümkündür
- Hər iclasda məruzəçilər məruzə saatından 5 dəqiqə əvvəl konfransa bağlanmış olmaları lazımdır
- Bütün konfrans iştirakçıları canlı qoşularaq bütün məruzələri izləyə bilərlər.
- Moderator – iclasdakı çıxış və elmi diskussiyalar (sual-cavab) hissəsindən məsuldurlar

Nəzər Yetirilmasi Vaxib Olanlar – TEXNİKİ BİLGİLƏR

- Komputerlərinizdə mikrafon olduğunə və saz vəziyyətdə olmasına əmin olmalısınız.
- ZOOM-da ekran paylaşma xüsusiyyətini bacarmalısınız
- Qəbul edilən məqalə sahiblərinin mail adresinə ZOOM tədbiqindəki linkə aid İD nömrəsi göndəriləcəkdir.
- Sertifikatlar konfransdan sonra sizlərə PDF olaraq göndəriləcəkdir.
- Konfrans proqramında yer və saat dəyişikliyi kimi tələblər nəzərə alınmayacaqdır.

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to attend a meeting online, login via **https://zoom.us/join** site, enter ID "Meeting ID or Personal Link Name" and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- The participant must be connected to the session 5 minutes before the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Requests such as change of place and time will not be taken into consideration in the congress program.

IN-PERSON PRESENTATIONS
08.12.2025 / 11:00-12:30 (Ankara Local Time)

Moderator: Prof. Dr. Memet ŞAHİN

Address: Ankara Büyükşehir Belediyesi Ulus Genç Akademi
Hacı Bayram Mah. İstiklal Cd. 14/13 PK: 06050 Altındağ/Ankara

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Utku ÜTÜK	---	ANALYZING THIRD-PARTY FUNDING IN INTERNATIONAL ARBITRATION THROUGH ROBERT W. COX'S APPROACH TO HEGEMONY AT THE INTERNATIONAL LEVEL
Hasan OYLUM Alper DOĞANALP	Doğu Akdeniz University	IoT BASED ANOMALY DETECTOR IN A KITCHEN
Memet ŞAHİN Safaa HALLAK	Gaziantep University	ANTI-NORMED SPACES
Memet ŞAHİN Kübra TURAN	Gaziantep University	PARTIAL NEUTROSOPHIC METRIC SPACES

IN-PERSON PRESENTATIONS
08.12.2025 / 12:30-15:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Prof. Dr. Mustafa ÜNVERDİ

Address: Ankara Büyükşehir Belediyesi Ulus Genç Akademi
Hacı Bayram Mah. İstiklal Cd. 14/13 PK: 06050 Altındağ/Ankara

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Elif UĞURLU Hamiyet ÖZEN	Karadeniz Technical University	A STUDY ON THE PRESERVATION OF PEDESTRIAN WALKWAYS AND THE PEDESTRIANIZATION PROCESS OF TRABZON UZUN SOKAK
Bülent EVRE	Bahçeşehir Cyprus University	THE IMPACT OF THE POLITICAL IDENTITY OF GOVERNMENTS ON BUDGETARY POLICIES IN THE TURKISH REPUBLIC OF NORTHERN CYPRUS
Mustafa ÜNVERDİ	Gaziantep University	THE LIMITS OF RELIGIOUS INTERPRETATION AND THE PROBLEM OF LITERALISM
Mustafa ÜNVERDİ	Gaziantep University	THEOLOGICAL DEBATES IN THE EXAMPLE OF ABU BAKR AL-BAQILLANI'S DISPUTATIONS

Online Session-1 / Hall-1
08.12.2025 / 09:00-11:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Serkan SAYGUN

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Murat GÜVEN Nagihan KILIÇ	Iğdır University	SOIL-DWELLING AND ABOVE-GROUND INSECT PESTS IN GROUNDNUTS
Murat GÜVEN Nagihan KILIÇ	Iğdır University	INSECTS HARMFUL TO THE FIRST AND SECOND PRODUCTS IN SOYBEANS
Serkan SAYGUN	Ordu University	APPLICATION OF A RAPID AND PRACTICAL CYTOGENETIC METHOD FOR CHROMOSOME DETERMINATION AFTER TISSUE CULTURE FROM MARINE FISH: MORE ETHICAL RESEARCH AND CONSERVATION EFFORTS

Online Session-1 / Hall-2
08.12.2025 / 09:00-11:00 (Ankara Local Time)
Moderator: İlknur PAKSOY

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
İrem ÖZKULA Meltem INCE YENILMEZ	Izmir Democracy University	THE RELATIONSHIP BETWEEN MIGRATION AND EMPLOYMENT: THE ROLE OF IMMIGRANT LABOUR IN THE TURKISH SERVICE SECTOR
Başak ÇİM Meltem INCE YENILMEZ	Izmir Democracy University	THE SOCIO-PSYCHOLOGICAL DIMENSION OF ECONOMIC DECISIONS: THE RELATIONSHIP BETWEEN BEHAVIOURAL ECONOMICS AND EMPLOYMENT
İlknur PAKSOY	Istanbul Sabahattin Zaim University	A STUDY ON MANAGERIAL VALUES AND MANAGER PROFILE IN A PUBLIC INSTITUTION
İlknur PAKSOY	Istanbul Sabahattin Zaim University	THE MEDIATING ROLE OF WORK-FAMILY CONFLICT IN THE EFFECT OF WORKPLACE STRESS ON DEPRESSION
Kerim TANIŞ Hilal UYGURTÜRK	Karabuk University	THE RELATIONSHIP BETWEEN AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY AND PERSONALIZED MARKETING
Meral BAY Aytül BİŞGİN	Karamanoğlu Mehmetbey University	AN EVALUATION OF THE EFFECT OF E-CUSTOMS APPLICATIONS ON TAX REVENUES
Mirhan AYDINALP Mehmet ALAGÖZ	Selcuk University	NON-TARIFF BARRIERS AS A FORM OF INTERVENTION IN INTERNATIONAL TRADE
Yahya SÖNMEZ	Kastamonu University	EFFECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE USE IN FINANCIAL MARKETS IN TURKEY

Online Session-1 / Hall-3
08.12.2025 / 09:00-11:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Zeynep KURNAZ

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Selincan ÖZKURT AVCI Arzu ÇIRPAN KANTARCIOĞLU	Bursa Technical University	THE ROLE OF PERFECTIONISM ON JOB SATISFACTION OF ACADEMICIANS
Arda Kazım DEMİRKAN	Liv Hospital	THE EFFECT OF STRESS ON OBSESSIVE-COMPULSIVE SYMPTOM SEVERITY IN RELIGIOUS OBSESSIONS: A CROSS-SECTIONAL ANALYSIS WITH YBOCS AND DASS-21
Ecem OLÇUM	Karabük University	ANTHROPOMORPHISM AND SOCIAL IDENTITY
Zeynep KURNAZ	Karabük University	POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF INTER-CODER AGREEMENT IN QUALITATIVE RESEARCH
Özkan ÖZTÜRK	Karabük University	BEYOND BINARY OPPOSITIONS: POSITIONINGS AND INTERSECTIONS IN ENVIRONMENTALISM

Online Session-1 / Hall-4
08.12.2025 / 09:00-11:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Loredana – Mariana HUȚUȚUI

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Ojo, O.F Fagbemi, V. Y Odoh, J.E	University of Nigeria	USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES AMONG THE ACADEMIC STAFF OF THE FACULTY OF AGRICULTURE, UNIVERSITY OF NIGERIA, NSUKKA.
Loredana – Mariana HUȚUȚUI Sonia AMARIEI	"Stefan cel Mare" University of Suceava	MONİTORİNG MEAT FRESHNESS IN SMART PACKAGİNG USİNG ANTHOCYANİNS FROM RED CABBAGE
AOUFI Farida TAMERT Asma AOUFI Hannane AOUFI Chaimaa	Université de Relizane	MORPHOLOGICAL STUDY AND PHYTOCHEMICAL SCREENING OF THE MEDICINAL PLANT OF THE LAMIACEAE FAMILY (MARRUBIUM VULGARE) IN WESTERN ALGERIA
ANYANWU U. H NNADI E. A	Federal Polytechnic Ekowe	THE EFFICACY OF PROBIOTICS AS GROWTH PROMOTERS IN POULTRY PRODUCTION; A REVIEW
Ayoub HLAL Soufiane BELHOUIDEG Ismail EZZARAA Nabil ISSAADI Philippe POULLAIN	Sultan Moulay Slimane University	MODELING THE MECHANICAL BEHAVIOR OF PLANT FIBER-REINFORCED COMPOSITE MATERIALS
Sunnia Afzal Zara Saeed Farukh Ameen	Government College University	FOLIAR APPLICATION OF CHOLINE CHLORIDE AND FERULIC ACID REGULATED OSMOLYTE ACCUMULATION, NUTRIENT ACQUISITION AND ROS METABOLISM TO LESSEN CHROMIUM EFFECTS ON BARLEY (HORDEUM VULGARE)
Muhammad Kaif Siddiqui	Aligarh Muslim University	PLANT-BASED ADAPTOGENIC NOOTROPICS: SYNERGISTIC EFFECTS OF ASHWAGANDHA, BRAHMI & GINKGO FOR STRESS, MEMORY & FOCUS
Malak ES-SAFI Leila BENNANI ZIATNI Rajae BELKHOU Abdelouahed HAJJAJI	Sultan Moulay Slimane University Sidi Mohamed Ben Abdellah University	MYCOTOXINS AND ANIMAL FEED SAFETY: WHAT STRATEGIES FOR EFFECTIVE CONTROL? A LITERATURE REVIEW

Online Session-1 / Hall-5
08.12.2025 / 09:00-11:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Chukwumela Obulor OCHOGBA

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
OLUWOLE-MOSES OMOTAYO MATINA	Federal College of Education	ENHANCING TEACHING EFFECTIVENESS: THE ROLE OF MOTIVATION IN BUSINESS STUDIES EDUCATION IN NIGERIAN JUNIOR SECONDARY SCHOOLS
EKE Felix Chima Chukwumela Obulor OCHOGBA Maduabuchukwu Prince AJIE	Federal College of Education	STRATEGIES FOR REVITALIZING TECHNICAL EDUCATION PROGRAMME IN COLLEGES OF EDUCATION IN RIVERS STATE, NIGERIA
Babalulu, Madu-Saba Muhammadu Obodoeke Ngozi Vivian Eze Hillary Chibuzor	University of Nigeria	BRILLIANT APPROACHES NEEDED BY SMALL-SIZED RESTAURANTS IN ENUGU STATE, NIGERIA, FOR ADOPTION, MANAGEMENT, AND PROGRESS
Divya. K V. Rakshana	Bharath Institute of higher education and research	BIOLOGICAL WEAPONS
Farizoh Hamid	Polytechnic Tuanku Sulatanh Bahiyah	ASSESSING THE MATURITY OF INNOVATION IN TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING (TVET) AND HIGHER EDUCATION IN MALAYSIA THROUGH THE TRIPLE HELIX LENS
Usman, Z.N. Umar K. G Owolabi. O MUSA. M	Niger State College of Education Minna	THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING OF GEOMORPHOLOGY IN HIGHER INSTITUTIONS OF LEARNING
Kishore.R Meenatchi .S Keerthana.V R Saravanan	Bharath Institute of higher education and research	ENVIRONMENTAL AND CULTURE FOCUS

Online Session-2 / Hall-1
08.12.2025 / 11:30-13:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Sinan GÜL

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Sinan GÜL	National Defense University	JEREMY COLLIER AND THE MORAL IMAGINATION OF RESTORATION ENGLAND: THEATRE, VIRTUE, AND SOCIAL ANXIETY IN A SHORT VIEW (1698)
Murat KARAKAŞ Çiğdem KOÇUK KARAKAŞ	Karabuk University	THE ARCHITECTURE OF COLLAPSE: ILLUSION, TIME, AND MORAL RESPONSIBILITY IN ALBEE'S WHO'S AFRAID OF VIRGINIA WOOLF? AND FITZGERALD'S BABYLON REVISITED
Murat KARAKAŞ Çiğdem KOÇUK KARAKAŞ	Karabuk University	THE CUNNING OF THE FOX: VERBAL MANIPULATION AND THE MACHIAVELLIAN ARCHETYPE ACROSS LITERARY AND CINEMATIC TEXTS
Kadir URAL Sunay ÖMEROĞLU	Almaxtex Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. Uludağ University	INVESTIGATION OF THE HAIRINESS VALUES OF SHORT STAPLE YARNS WITH DIFFERENT TWIST IN RING COP-BOBBIN FORMS

Online Session-2 / Hall-2
08.12.2025 / 11:30-13:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Tuğba PÜRSÜN

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Aynur KOÇAK Onur GENÇ	Yıldız Technical University	THE ETHOS OF INSTRUMENTS AND MUSIC IN ANCIENT GREEK MYTHOLOGY
Özlem SÜRÜCÜ	Ataturk University	THE GOLDEN AGE MYTH IN YAŞAR KEMAL'S STORY OF AN ISLAND SERIES
Servet TİKEN	Ataturk University	TEVFİK FİKRET'S INFLUENCE ON HÜSEYİN DÂNİŞ
Aleyna YILMAZ Tuğba PÜRSÜN	Tokat Gaziosmanpaşa University	AN EXAMINATION OF THE WRITING SKILLS OF STUDENTS WITH AND WITHOUT LEARNING DISABILITIES
Aysun ÇELİK Merve BOZAT Medine KURTARAN Murat AYDIN	Adıyaman University	AN INVESTIGATION INTO THE CHALLENGES FACED BY SIXTH-GRADE STUDENTS LIVING IN CONTAINER CITIES IN LEARNING SCIENCE AND PROPOSED SOLUTIONS
Mehmet Ali DOMBAYCI Yaren ARNAK	Gazi University	UPDATING MONE'S GENERAL COMPETENCIES FOR THE TEACHING PROFESSION: RECOMMENDATIONS ALIGNED WITH UNESCO'S AI COMPETENCY FRAMEWORK FOR TEACHERS
Yaren ARNAK Mehmet Ali DOMBAYCI	Gazi University	AI-SUPPORTED NANO-LEARNING IN THE PERSONALISED TEACHING OF PHILOSOPHY: A THEORETICAL FRAMEWORK

Online Session-2 / Hall-3
08.12.2025 / 11:30-13:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Ayşe AKBULUT BAŞAR

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Merve AKBAS Fırat Doğu AKIN	Istanbul Technical University	BIM–GEOTECHNICAL INTEGRATION AND MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING: METHODS, CRITERIA, AND APPLICATION DOMAINS
Zeynel Baran YILDIRIM Ceren YILDIRIM	Adana Alparslan Türkeş University of Science and Technology Çukurova University	ASSESSMENT OF THE SAFETY IMPACTS OF SPEED LIMIT VIOLATIONS AT CAMPUS MID-BLOCK CROSSWALKS: THE CASE OF ÇUKUROVA UNIVERSITY
Zeynel Baran YILDIRIM	Adana Alparslan Turkes University of Science and Technology	SAFETY-ORIENTED MICROSIMULATION IN AUTONOMOUS VEHICLE AND PEDESTRIAN INTERACTION: TRANSITION FROM REACTIVE ANALYSIS TO PROACTIVE PREDICTION
Ayşe AKBULUT BAŞAR	Nigde Omer Halisdemir University	PRODUCTION OF SPACE, PROPERTY REGIMES, AND URBAN RESILIENCE: A CRITICAL ANALYSIS IN THE FOOTSTEPS OF LEFEBVRE, FOUCAULT, AND SOJA
Tolga İSLAM İsabela DOS SANTOS SİLVA	Yıldız Technical University	INDIRECT DISPLACEMENT IN ISTANBUL: AUDIOVISUAL ANALYSIS THROUGH THE LENS OF RALF BOHNSACK'S DOCUMENTARY METHOD
Tuğba Nur SEZEN TÜRKMEN İdil AYÇAM Asena SOYLUK	Gazi University	COMPARATIVE ANALYSIS OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS ACCORDING TO CLIMATE ZONES IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE
Muhammed Çağrı SEZEN İdil AYÇAM Asena SOYLUK	Gazi University	THE ENERGY PARADIGM IN SMART CITIES: THE SHIFT FROM CONSUMPTION TO PRODUCTION AND THE PERSPECTIVE OF A SUSTAINABLE FUTURE
Emre KILINÇ Tolga TUNÇEL	Ağrı İbrahim Çeçen University	PREDICTING DIGITAL SKILL LEVELS USING MACHINE LEARNING AND EXPLAINABLE AI: EVIDENCE FROM TURKSTAT'S 2024 ICT USAGE MICRODATA

Online Session-2 / Hall-4
08.12.2025 / 11:30-13:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Iram Liaqat

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Mohammad Miraj	-------	BIOSECURITY IN SMALLHOLDER AQUACULTURE: A KAP-BASED ASSESSMENT OF FARMER PERCEPTIONS AND PRACTICES
Agwu, Ani Ekwe Onuoha, Ikedieze Arisa	Federal Polytechnic Ngodo-Isuochi	ADDRESSING NIGERIA'S ECONOMIC CHALLENGES: THE NEED FOR AGRICULTURAL ENTREPRENEURSHIP LITERACY IN THE NIGERIAN TETIARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS
Nabil Amor Véronique Arnal Claudine Montgelard	-------	DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF MICROSATELLITE MARKERS WITH 454 PYROSEQUENCING FOR ENDEMIC AND INVASIVE LIZARDS IN CORSICA
Arnab Saha Dip Sahoo	The Neotia University	USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN FISHERIES MANAGEMENT
Sarra Farjallah	University of Tunis El Manar	FIRST MOLECULAR IDENTIFICATION OF Diplectanum aequans IN WILD AND FARMED Dicentrarchus labrax FROM TUNISIA: IMPLICATIONS FOR AQUACULTURE HEALTH AND DISEASE MONITORING
Sarra Farjallah	University of Tunis El Manar	INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MOLECULAR TECHNIQUES FOR MONOGENEAN PARASITE MANAGEMENT IN MEDITERRANEAN AQUACULTURE
Iram Liaqat	Government College University	ALGAL COMPOUNDS MEDIATED QUORUM SENSING INHIBITION OF MARINE BIOFILMS
Bappy Chowdhury Md Ibnul Bakhtier Kaif Jannatul Ferdausi Zaba Payel Chowdhury	Chattogram Veterinary and Animal Sciences University Khulshi	DEVELOPMENT OF TRADITIONAL FISH SAUSAGE (KEROPOK LEKOR) INCORPORATING SEAWEED, SOY PROTEIN, AND SPICES FOR FISH SUSTAINABILITY: QUALITY EVALUATION AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION

Online Session-2 / Hall-5
08.12.2025 / 11:30-13:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Mohanapriya. P

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Zineb Ourradi Younes Zaid	Mohammed V University in Rabat	PLATELET POWERHOUSES IN PATHOGENESIS: DECIPHERING THE QUANTITATIVE, PHENOTYPIC, AND FUNCTIONAL SIGNATURE OF PLATELET-DERIVED MICROPARTICLES (PMPs) AS BIOMARKERS AND EFFECTORS IN ACUTE MYELOID LEUKEMIA (AML)
KABINE Mostafa SABRI Safaa	University Hassan II Casablanca	DETERMINATION OF LEAD RESIDUES IN COMMERCIAL SPICES SAMPLES FROM DIFFERENT REGIONS OF MOROCCO
BARCHA Sayf El Islam MADINZI Abdelaziz FEKHAOUI Mohammed	University of Hassan II Casablanca Mohammed V University in Rabat	MODELING THE RELATIONSHIP BETWEEN CHLOROPHYLL-A AND ENVIRONMENTAL VARIABLES OVER A 13-YEAR PERIOD IN EL KANSERA RESERVOIR (MEKNES, MOROCCO)
Aminu Ibrahim Bello Usman Sama'ila	Umaru Musa Yaradua University	THE USE OF VEGETABLES BASED COMPONENTS TO CHECKMATE FUNGAL FOOD SPOILAGE
Shumaila Naz	University of Karachi	ECOLOGY OF ROCKY SHORES
Mohanapriya. P Chamundeeswari. M	St. Joseph's College of Engineering	IN SILICO TOXICITY ASSESSMENT OF METABOLITES PRODUCED DURING THE PLASTIC FILM TREATMENT USING MICROORGANISM FROM AGRICULTURE SOIL
Arjela Merkuri	University of Tirana	THE IMPACT OF DIGITAL SKILLS ON YOUTH EMPLOYMENT IN ALBANIA: BRIDGING GENDER GAPS THROUGH VOCATIONAL EDUCATION.

Online Session-3 / Hall-1
08.12.2025 / 14:00-16:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Neslihan BALCI

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Sema ÇEKDEMİR Aykut YILMAZ	Uşak University	ANALYSIS OF DNA BARCODING AND PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS IN SPECIES OF THE GENUS PAEONIA USING THE PSBA-TRNH INTERGENIC SPACER (IGS) REGION
Bahar TERCAN	Institute for Systems Biology	COMBINATION OF BIASES IN GENE EXPRESSION DATA NORMALIZATION
Oktay YAVAŞ Bayram Furkan COŞKUN Sevinç AKÇAY Serap YALÇIN AZARKAN	Kırşehir Ahi Evran University	EFFECTS OF THIAMETHOXAM EXPOSURE ON CELLULAR BEHAVIORS IN A MELANOMA CELL LINE
Münire SARIGÜL Mükerrem KURTOĞLU	Kahramanmaraş İstiklal University Kahramanmaraş Sütçü İmam University	NEW ZINC(II) COMPLEXES DERIVED FROM NO-DONOR BIDENTATE AZO-SCHIFF BASE LIGANDS; SYNTHESIS AND SPECTRAL CHARACTERISATION
Münire SARIGÜL Mükerrem KURTOĞLU Özge GÜNGÖR	Kahramanmaraş İstiklal University Kahramanmaraş Sütçü İmam University	BIOLOGICAL ACTIVITIES OF AZO-SCHIFF BASE Zn(II) METAL COMPLEX
Kadem ERGİN Tuğçe Nazlı KAYA Orhan ŞAHİN	Sakarya University	COMPARATIVE STUDY OF DIFFERENT FOOD CONTACT ENAMEL GROUPS IN TERMS OF CLEANABILITY AND CHEMICAL RESISTANCE

Online Session-3 / Hall-2
08.12.2025 / 14:00-16:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Suleiman Zuleihat Ozohu

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Balasubramani G L Rinky Rajput Manish Gupta Pradeep Dahiya Jitendra K Thakur Rakesh Bhatnagar Abhinav Grover	Jawaharlal Nehru University Banaras Hindu University	STRUCTURE-BASED DRUG REPURPOSING TO INHIBIT THE DNA GYRASE OF MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS
D. I. Tarungwa L.A Fadipe E.Y Shaba S.I Iyen	Federal University of Technology Federal University Wukari	SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR TEXTILE COLORATION USING PHENOLIC CONTENTS FROM DIFFERENT COMBINATION OF Eucalyptus camldulensis AND Cinnamomum verum.
Cleiton O. dos Santos Kennedy F. Roche Marcelo Campos	Federal University of Mato Grosso do Sul	TURNING THE TIDE ON PLASTICS: A RAPID-ACTION ROADMAP FOR MACRO- AND MICROPLASTIC GOVERNANCE
Suleiman Zuleihat Ozohu Ado A. Datti Kazeem Ibraheem Ajadi Bakare Abdulakeem Oyesode Olotu Johu Abubakar Ahmed Aliyu Nana Aisha	Ahmadu Bello University Zaria	UTILIZING LOW COST EGGSHELL AND COCONUT MIXTURES AS EFFICIENT ADSORBENTS FOR REMOVING LEAD AND CHROMIUM FROM TANNERY EFFLUENT
Haruna Mohammaed Kazeem Ibraheem Ajadi	Ahmadu Bello University Zaria	DEVELOPING A BIOFERTILIZER THROUGH COMPOSTING ROCK PHOSPHATE WITH POULTRY MANURE
V. Tharaneeswaran D. Tamilselvi S. Kalaiselvan	Sri Eshwar College of Engineering	GRAPHENE-BASED ELECTROCHEMICAL SENSORS FOR RAPID DETECTION OF HEAVY METAL IONS IN WATER PURIFICATION SYSTEMS
EL AROUSY Fatima zohra Adil El Yadini Mouloud El Moudane Abdelkbir Bellaouchou	Mohammed V University	ELABORATION AND CHARACTERIZATION OF SEMI-CONDUCTOR POLYMER-BASED NANOMATERIALS FOR WATER TREATMENT : DEGRADATION OF INDUSTRIAL POLLUTANTS
Mohammad Sajjad Hossain Md Alauddin Tapash Debnath	University of Dhaka	β-ANNULUS PEPTIDE AND IT'S AZO DERIVATIVES: A COMPUTATIONAL STUDY.

Online Session-3 / Hall-3
08.12.2025 / 14:00-16:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Hatice TEL AYDIN

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Ayşe ŞAHİN Müzeyyen SÜMER	Amasya University	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP OF EMOTION REGULATION WITH SLEEP DISORDERS IN CHILDREN
Sıla ÖZER Berna IRMAK Bayram Sönmez ÜNÜVAR	KTO Karatay University	CONTENT ANALYSIS OF GRADUATE RESEARCH ON "MENIERE'S DISEASE" (1982–2025)
Nadide Sevil TÜLÜCE Asuman KOÇ YURTKUR	Kayseri University Zonguldak Bülent Ecevit University	THE IMPACT OF INFLATION ON THE ACCESSIBILITY OF HEALTH CARE
Zeynalova KHURAMAN Axundova NATAVAN Vahabova SHARIFA Bagirova SHALALA Ismayilova ARZU Ismayilova SEVINJ Ahmedova TURKAN	Azerbaijan Medical University	CERVICAL CANCER IN PREGNANCY
Kübra KAYAOĞLU Rana CEVİZ	Malatya Turgut Ozal University	HOPE AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING IN EARTHQUAKE SURVIVORS: A POST-DISASTER MENTAL HEALTH PERSPECTIVE
Cansu KOŞAR ŞAHİN Hatice CEYLAN	Manisa Celal Bayar University Burdur Mehmet Akif Ersoy University	EXAMINING THE EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED CHATBOTS IN THE MANAGEMENT OF COPD: A SYSTEMATIC REVIEW
Şerife ALICI Hatice TEL AYDIN	Sivas Cumhuriyet University	SYMPTOM MANAGEMENT IN PATIENTS WITH COPD: FROM THE PERSPECTIVE OF SYMPTOM MANAGEMENT SCIENCE
Sude KILIÇ Fatma MERT BİBEROĞLU	Istanbul Okan University Bahçeşehir University	CANCER PROGRESSION FROM FETAL PROGRAMMING PERSPECTIVES

Online Session-3 / Hall-4
08.12.2025 / 14:00-16:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Babayemi A. W.

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Yasmine LKADI M'Barka MOURABIT	Hassan II University of Casablanca	NATURAL CONVECTION HEAT TRANSFER AROUND A HEATED OBSTACLE
Ergia Lativolia Putri Subiyantari	Gujarat University	FRAUD DETECTION IN HEALTHCARE INSURANCE CLAIMS USING SUPERVISED MACHINE LEARNING MODELS
Musa Abdulrahman Babayemi, A.W G. I. Onwuka Sumayya Jibril	Kebbi State University of Science and Technology	VOLATILITY OF RICE PRICE DYNAMICS IN KEBBI STATE, NIGERIA
G. I. Onwuka Babayemi A. W.	Kebbi State University of Science and Technology	TWO SAMPLE MULTIVARIATE BEHRENS FISHER PROBLEM FOR HIGH DIMENSIONAL DATA
Alexander DOMGANG	Federal University of Technology	APPLICATION OF STATISTICAL QUALITY CONTROL ON HIGHLAND TEA MIX, NIGERIA BEVERAGE PRODUCTION COMPANY LIMITED
Ritabrata Biswas	The University of Burdwan	EINSTEIN-MAXWELL-SCALAR BLACK HOLE: THERMODYNAMIC PROPERTIES WITH LOGARITHMICALLY CORRECTED BARROW'S FRACTALISED ENTROPY

Online Session-3 / Hall-5
08.12.2025 / 14:00-16:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Tuncay KARAÇAY

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Caner TUNA Gürkan GÜMÜŞ Hakan ERÇAY Tuncay DİKİCİ	Özkan Çelik Sanayi A.Ş. Dokuz Eylül University	INCREASING THE HARDENABILITY OF QUENCHED AND TEMPERED STEELS BY ADDING BORON AND TITANIUM
Gürkan GÜMÜŞ Nurdan GÜNDOĞAN Hakan ERÇAY Tuncay DİKİCİ	Özkan Çelik Sanayi A.Ş. Dokuz Eylül University	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH-NICKEL ALLOYED STEELS
Taha Yasin YASAV Enes ASLAN	Düzce University	MECHANICAL AND DIMENSIONAL ANALYSIS OF PETG SAMPLES PRODUCED USING THE FUSED DEPOSITION METHOD
Ege KİPRİKSİZ Tuncay KARAÇAY	Gazi University	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF RESIDUAL STRESS AND STRAIN-HARDENING PARAMETERS OF SHEET-METAL BENDING PARTS ON FATIGUE LIFE USING THE FINITE ELEMENT METHOD
Göksu ANIL KIZILDOĞAN	Eskişehir Osmangazi University	AN AI-POWERED ADAPTIVE DIGITAL TWIN PLATFORM FOR OPERATIONAL EFFICIENCY AND PREDICTIVE DECISION SUPPORT
Seçil HEPER	TAV Information Services Inc.	MANAGING COMPLEX MULTI-PARTNER R&D PROJECTS IN AVIATION: METHODOLOGIES, AI TOOLS, and STAKEHOLDER MANAGEMENT

Online Session-4 / Hall-1
08.12.2025 / 16:30-18:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Melek GÜLER

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Rahmi YILDIZ	Sivas Cumhuriyet University	THE EFFECT OF TRADITIONAL PLAY-BASED INSTRUCTION ON SECONDARY SCHOOL STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILLS
Melek GÜLER Selahaatin AKPINAR	Karamanoğlu Mehmetbey University	TECHNOLOGY-ASSISTED ENDURANCE MEASUREMENT: VO_2MAX ASSESSMENT IN WRESTLERS
Gulcin ALP AVCI Emre AVCI	Health Sciences University	THE EFFECT ON PROBIOTICS OF COENZYMES USED FOR IMMUNE MODULATION PURPOSES
Sema BELEN Ataman KÖSE Çağrı Safa BUYURGAN Seyran BOZKURT Akif YARKAÇ Semra ERDOĞAN	Seyhan State Hospital Mersin University	THE ROLE OF CARBOXYHEMOGLOBIN AND OXYHEMOGLOBIN IN COVID-19 PATIENTS
Kimia ÇEPNİ	University of Health Sciences	IMPACT OF LUNG V30 VOLUME ON DISTANT METASTASIS IN STAGE II–IIIB LUNG CANCER: A RETROSPECTIVE ANALYSIS RELATED TO TGF-B1–MEDIATED MECHANISMS
Metin ESER	University of Health Sciences	ESR1 VARIANTS IN CFDNA AND ENDOCRINE RESISTANCE
Sadet KARABULUT KALKAN	Yalova University	PROBIOTIC AND PREBIOTIC KNOWLEDGE LEVEL AND CONSUMPTION STATUS OF INDIVIDUALS OVER 60 YEARS OF AGE: THE YALOVA THERMAL EXAMPLE

Online Session-4 / Hall-2
08.12.2025 / 16:30-18:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Douae Touareb

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Abdelkader METIDJI Mohamed RAHAL	Yahya Fares University	EPIDEMIOLOGY OF ENTEROHEMORRHAGIC INFECTION CAUSED BY EHEC IN NORTH AFRICA: A CLINICAL REVIEW
Tope James, Ogidi	---	PRODUCTION AND SENSORY EVALUATION OF WINE PRODUCED FROM PHOENIX DACTYLIFERA USING SACCHAROMYCES CEREVISIAE
Soumaya Matchi Adil El Yadini Hanae Ouaddari Abdelkbir Bellaouchou	Mohammed V University	ENHANCED ADSORPTIVE PERFORMANCE OF MODIFIED CLAY FOR WASTEWATER DYE REMOVAL
Mohamed FARHI Nacer KHACHANI Hassan EZ-Zaki	Mohammed V University	OPTIMIZING LC3 WITH THERMALLY ACTIVATED LOW-KAOLINITE COAL GANGUE
Douae Touareb Sarah Saoiabi Souhayla Latifi Lamiaa Habraji Sanaâ Saoiabi	Mohammed V University	ADSORPTION OF ORGANIC POLLUTANTS USING HYDROXYAPATITE EXTRACTED FROM BIOGENIC SOURCES
Bouchra Bourhabi Latifa Mouhir Souad Tayane	Hassan II University	VALORIZATION OF SEDIMENTS FROM BIN EL OUIDANE DAM (MOROCCO) AS A MATERIAL FOR CONCRETE
Muhammad Shuaibu Maiwada Abduljabbar Garba	Umaru Musa Yaradua University	PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYLENE BLUE IN WASTEWATER USING CLAY NANOPARTICLES AS A SUSTAINABLE TREATMENT APPROACH

Online Session-4 / Hall-3
08.12.2025 / 16:30-18:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Saima Shaheen

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Khalid Said Jihane ZNAKI Mohamed Adadi Hassane Moustabchir Souad Elkhattabi	Sidi Mohamed Ben Abdellah-Fez University	DENSITY FUNCTIONAL THEORY ANALYSIS OF METHYLAMMONIUM TIN HALIDE PEROVSKITES FOR PHOTOVOLTAIC USE
KABIRI LOUBNA FORSAL ISSAM ELHARAMI ANAS	Sultan Moulay Slimane University	ECO-FRIENDLY CORROSION INHIBITOR FOR CARBON STEEL IN 1M HYDROCHLORIC ACID SOLUTION: EXPERIMENTAL APPROACH
Faizan Afzal	Hajvery University Lahore	“FORMULATION AND EVALUATION OF DELAYED-RELEASE PELLETS OF ESOMEPRAZOLE MAGNESIUM TRIHYDRATE USING EXTRUSION SPHERONIZATION”
Faizan Afzal	Hajvery University Lahore	“THE ROLE OF HIGH FAST FOOD, SUGARY BEVERAGE, AND SUGAR INTAKE IN THE DEVELOPMENT OF CHRONIC KIDNEY DISEASE: A CLINICAL AND LITERATURE-BASED ANALYSIS”
Faizan Afzal	Hajvery University Lahore	"PRESCRIPTION DRUG MISUSE (PDP): A CROSS SECTIONAL AND DESCRIPTIVE TYPE OF STUDY IN PUBLIC AND PHARMACIES TO EVALUATE ROOT CAUSE OF DRUG MISUSE"
Saima Shaheen Nabila Sher	Khyber Girls Medical College	THYROID HORMONE LEVELS AND THEIR ASSOCIATION WITH PLASMA ZINC LEVELS AMONG ADOLESCENT AFGHAN REFUGEES; A CROSS-SECTIONAL STUDY
S. Kalaiselvan M. Mohanasundari R. Induja A. Yogeshwari	-----	UNRAVELING LAYERED TITANS: HOW MXENE ARCHITECTURES REDEFINE PROPERTIES FOR FUTURE PHYSICAL TECHNOLOGIES
Mohamed EL MORSY Laila AFIA	Ibnou Zohr University	TOWARDS CIRCULAR MANAGEMENT OF INDUSTRIAL SALINE EFFLUENTS: VALORIZATION OF SODIUM FROM NaOH AND NaCL SOURCES

Online Session-4 / Hall-4
08.12.2025 / 16:30-18:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Yavuz Selim TAŞPINAR

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Eren DAĞLI Yavuz Selim TAŞPINAR	Selçuk University	ANALYSIS OF HELMET WEARING PERFORMANCE OF MOTORCYCLE RIDER BY USING IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING METHODS
Eren DAĞLI Yavuz Selim TAŞPINAR	Selçuk University	ANALYSIS OF VEHICLE ACCIDENT CASES USING IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING METHODS
Redvan GHASEMLOUNIA Neşe Ferda CİZRELİOĞULLARI	İstanbul Gedik University	AN ANALYSIS OF A WORKPLACE ACCIDENT DURING BUILDING RENOVATIONS USING THE ISHIKAWA METHOD, AND RECOMMENDATIONS FOR PREVENTIVE MEASURES: THE CASE OF A PHOTOVOLTAIC (PV) PANEL INSTALLATION INCIDENT AT A UNIVERSITY
Nedimcan ÖNDER Hasan KASIM	Pe-Ga Otomotiv Süspansiyon San. ve Tic. A.Ş, The University of Alabama at Birmingham	MECHANICAL CHARACTERIZATION OF ELASTOMER-COATED COMPOSITE STRUCTURES
Furkan TUNÇ Yasemin YILDIRAN AVCU	Kocaeli University	INVESTIGATION OF THE TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF SHOT-PEENED GRAPHITE-REINFORCED Ti-6Al-4V COMPOSITE
Çağlar ERARSLAN Oğuz ERDEM	Kırıkkale University	A GENERAL OVERVIEW OF STRENX 700 (S700) HIGH STRENGTH STRUCTURAL STEELS

Online Session-4 / Hall-5
08.12.2025 / 16:30-18:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Ömür DEVECİ

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Duygu Kar OKUL Fatih ŞİRİN	Haliç University	KOROVKIN-TYPE APPROXIMATIONS IN GRAND VARIABLE EXPONENT LEBESGUE SPACES
Özgür ERDAĞ Ömür DEVECİ	Kafkas University	THE BALANCING-JACOBSTHAL SEQUENCE MODULO m
Özgür ERDAĞ	Kafkas University	THE REPRESENTATIONS AND FINITE SUMS OF THE LEONARDO-PADOVAN
Ömür DEVECİ Yeşim AKÜZÜM ÖZEN	Kafkas University	THE BALANCING-PADOVAN SEQUENCE MODULO m
Yeşim AKÜZÜM ÖZEN Ömür DEVECİ	Kafkas University	THE REPRESENTATIONS AND FINITE SUMS OF THE BALANCING-PADOVAN SEQUENCE
Erdem KOCAKUŞAKLI	National Defense University	CANAL SURFACES: THEORY AND APPLICATIONS
Erdem KOCAKUŞAKLI	National Defense University	ON EMBANKMENT SURFACES AND APPLICATIONS

Online Session-1 / Hall-1
09.12.2025 / 09:00-11:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Mehmet Barış YILMAZ

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Ferhat ATIK	Girne Amerikan University	ALGORITHMIC PUBLIC SPACE: REWRITING HABERMAS UNDER SOCIAL MEDIA RECOMMENDATION SYSTEMS
Mehmet Barış YILMAZ	İnönü University	THE KOREAN WAR AND SOCIAL MOBILIZATION IN CHINA: A READING THROUGH POSTERS
Mehmet Barış YILMAZ	İnönü University	AMNESTY INTERNATIONAL'S CAMPAIGNS ABOUT THE POWER OF THE PEN
Volkan YAKIN Süleyman ÇELİK	Manisa Celal Bayar University Bolu Abant İzzet Baysal University	A NEW TREND IN SUSTAINABLE COMMUNICATION: A CONCEPTUAL REVIEW OF GREENHUSHING AND SUGGESTIONS FOR FUTURE RESEARCH
Mithat ALADAĞ Hülya DEMİR Nurhayat GÜZEY Farah SAĞLAM	Ondokuz Mayıs University	HYPER-PERSONALIZATION IN AI-AUGMENTED GENERATIVE VISUAL SYSTEMS: AN ANALYSIS OF THE ENDEL APPLICATION
Nurhayat GÜZEY Hülya DEMİR Farah SAĞLAM Mithat ALADAĞ	Ondokuz Mayıs University	VIRAL AI VIDEOS IN THE LOUVRE HEIST CASE AND THE BOUNDARIES OF ADVERTISING AESTHETICS IN VISUAL COMMUNICATION

Online Session-1 / Hall-2
09.12.2025 / 09:00-11:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Chayaraju Bala Sai

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Meenatchi.S Kishore.R Keerthana.V Gowtham R Saravanan	Bharath Institution Of Higher Education Of Chennai	STROKE
Bee Safiya Rahmuddin Khan Soni Priyanka	School of Pharmaceutical Education and Research	AI-BASED BRAIN IMAGING ANALYSIS FOR NEUROLOGICAL DISORDERS
Pooja Rasal Simran C Yadav Gaurav Kasar	JES's SND College of Pharmacy Divine College of Pharmacy	MOLECULAR DYNAMICS INSIGHTS INTO PROTEIN–LIGAND INTERACTIONS FOR DRUG DISCOVERY"
E.Elavarasi Yuvaraj AR J.Jayadurka R.Srinivasan	Bharath Institution Of Higher Education Of Chennai	DESIGN AND DEVELOPMENT OF NOVEL HETEROCYCLIC COMPOUNDS AS ANTIMICROBIAL AGENTS
Mrs.E.Elavarasi Yuvaraj AR J.Jayadurka R.Srinivasan	Bharath Institution Of Higher Education Of Chennai	EVALUATION OF NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF PLANT-DERIVED FLAVONOIDS IN EXPERIMENTAL MODELS
Chayaraju Bala Sai Nadagouda Kalyani K.Tharani	G.Pullareddy Engineering College	DEVELOPMENT OF THE CIRCULAR ECONOMY IN THE REPUBLIC INTERNET OF THINGS APPLICATIONS IN FACILITY MANAGEMENT AND THE CONSTRUCTION SECTOR: OVERVIEW OF USE CASES
N.G. Kalyani Reddy Peddada Jagadeeswara rao Victor Babu Neela	Andhra University	PAPER ON 3D PRINTING TECHNOLOGY AND ITS POTENTIAL FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University	CROSS-DISCIPLINARY APPROACHES: INTEGRATING MATHEMATICAL LOGIC INTO DESIGN STUDIOS
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University	CITY AS GALLERY: BLENDING URBAN INFRASTRUCTURE WITH ARTISTIC INTERVENTION

Online Session-1 / Hall-3
09.12.2025 / 09:00-11:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Neslihan BALCI

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Aslıhan HASTAOĞLU Hidayet TAKCI	Sivas Cumhuriyet University	A PROPOSAL FOR PERSONAL SECURITY: MEASURE AND TAKE PRECAUTIONS
Enes EKER İlker TÜRKER Hasan EKER	Karabuk University	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MINE TAILINGS VALORIZATION: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS
Fatma TAMBAĞ Koray KÖKSAL	Bitlis Eren University Gaziantep University of Islam, Science and Technology	POLARIZATION CHANGE IN FIBER OPTIC SENSOR DESIGN
Cansu Şimal BAĞLI Burak BARUTÇU	Istanbul Technical University	UNIFORMIZING WIND ENERGY PRODUCTION THROUGH INSTALLED CAPACITY BALANCING IN TURKEY
Samet Giray TUNCA	Kutahya Dumlupınar University	EFFECT OF THICKNESS RATIO ON THE AERODYNAMIC PERFORMANCE OF AIRFOILS
Erdem ERÇAKMAK	MEGE Technical Inc.	EXAMINING THERMAL MODELS OF ELECTRONIC COMPONENTS THROUGH NUMERICAL METHODS
Bağdagül KARTAL ERDOĞAN Osman TOPÇU	Erciyes University	ON THE SPACE OF INTERVAL-VALUED ABEL CONVERGENT SEQUENCES

Online Session-1 / Hall-4
09.12.2025 / 09:00-11:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Estefania Solano Rodriguez

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
HENNAOUI Feriel BERREBBAH ALIOUA Amel	University of Sciences and Technology USTO	ASSESSMENT OF DIETARY SUPPLEMENT CONSUMPTION AND ANALYSIS OF THEIR TOXICITY IN CONSUMERS
HENNAOUI Feriel BERREBBAH ALIOUA Amel	University of Sciences and Technology USTO	RISK ASSESSMENT FOR WORKERS' HEALTH, SAFETY, AND ENVIRONMENT
Manole COJOCARU Major Gheorghe GIURGIU	Titu Maiorescu University	THE GUT-BRAIN-SKIN AXIS IN ACNE: IMPACT OF POLENODERM
Shalala Ismayilova Aytan Mammadzada Farida Haciyeva Galina Bakhshaliyeva Könül Abbasaliyeva Elnara Gazvinova Aytan Mammadova	Azerbaijan Medical University	ENDOTHELIAL DYSFUNCTION IN GLOMERULAR DISEASES: THE ROLE OF METABOLIC SYNDROME COMPONENTS
Estefania Solano Rodriguez YAZMIN ISOLDA ÁLVAREZ GARCÍA	Universidad Juárez Autonoma de Tabasco	UNCONTESTED DIVORCE: EFFECTS AND CONSEQUENCES FOR MINORS WITHIN THE FAMILY UNIT
Iris Yazmín Sánchez Morales Jesús Manuel Guzmán Vidal Gloria Auristela Hernández Pérez	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	LA ALIENACIÓN PARENTAL COMO FORMA DE VIOLENCIA FAMILIAR EN MÉXICO
Ananda Majumdar	Harvard University	EXPLORING DOOMSDAY SCENARIOS: POTENTIAL RISKS AND STRATEGIES FOR RESILIENCE

Online Session-2 / Hall-1
09.12.2025 / 11:30-13:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Gurudutta P. Japee

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Ebrahim Mohammed Gurudutta P. Japee	Gujarat University	RISK-BASED AUDITING IN PRACTICE: A SYSTEMATIC REVIEW OF IMPLEMENTATION AND IMPACT
ADUDU, C. A CHINWEOKE, K. C	Yaba College of Technology	EFFECT OF PROACTIVENESS ON SURVIVABILITY OF FIVE STARS HOTELS IN NIGERIAN HOSPITALITY INDUSTRY
PRIYAKRUSHNA MOHANTY LORNA ELIZABETH THOMAS SANJEEV KUMAR	Christ University Christ Church Business School Lovely Professional University	FROM EPISTEMIC ROOTS TO EMERGENT TRAJECTORIES: A FRAMEWORK FOR UNDERSTANDING INDIGENOUS KNOWLEDGE IN CULTURAL TOURISM
Sodikov Mirziyo Odiljon ogli	Tashkent State University	MOBILE APPS FOR SUSTAINABLE TRAVEL: EMPOWERING TOURISTS WITH ECO-DECISION TOOLS
Dilafruz Sodiqova Zoxid qizi	University of World Economy and Diplomacy	EVALUATING THE ECONOMIC EFFECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN CENTRAL ASIA AND UZBEKISTAN
Ghorbel Amal	-------	INTEREST RATE AND INFLATION DIFFERENTIALS IN A REVISITED TAYLOR RULE FRAMEWORK
Syeda Nada Qadri Sanobar Mir	Aligarh Muslim University	HAYHAT MINNA AL-DHILLA: THE POLITICAL THEOLOGY OF KARBALA AND MODERN RESISTANCE IN WEST ASIA
Dariyanti Adrian Edi Priyono	Gujarat University	THE IMPACT OF POLITICAL CORRUPTION ON DEVELOPING COUNTRIES: EVIDENCE FROM INDONESIA

Online Session-2 / Hall-2
09.12.2025 / 11:30-13:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Mehmet KILINÇ

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Elmira Maharramova Alvan Jafarov	Azerbaijan State Pedagogical University	APPLICATION OF ACTIVE TEACHING METHODS IN THE MODERN TEACHING PROCESS
Kemal Şahin TUNÇEL	Siirt University	EFFECT OF PLANT DYESTUFF–MORDANT COMBINATIONS ON COLOR CHARACTER OF COTTON FABRICS
Zeynep Deniz UYAN	Giresun University	EXAMINATION OF MUSIC TEACHING APPROACHES WITHIN THE FRAMEWORK OF MULTIPLE INTELLIGENCES THEORY.
Nur KILINÇ Mehmet KILINÇ	Giresun University	THE EFFECT OF DIFFERENT METHODS ON COLOR CHARACTERISTICS IN NATURAL DYEING
Bahar KARATAŞ	Trabzon University	A HISTORICAL AND IDEOLOGICAL ANALYSIS OF SAMUEL M. ZWEMER'S "AN UNOCCUPIED FIELD IN CENTRAL ASIA"
Şevin ATMACA Erol BAYHAN	Dicle University	EFFECT OF SOME PLANT EXTRACTS ON FECUNDITY OF APHIS GOSSYPII GLOVER (HEMIPTERA: APHIDIDAE)
Derya BAŞ Ruşen DURAN Miray Dizem YILMAZ	Düzce Üniversitesi	THE SPATIAL IMPACT OF ANGLED ROOF WINDOWS IN THE CONTEXT OF NATURAL LIGHTING PERFORMANCE: DÜZCE SABİHA ULUSOY LIBRARY

Online Session-2 / Hall-3
09.12.2025 / 11:30-13:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Cherifa Chellali

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Imane TESSE Zakariae BELMKADDEM	Chouaib Doukkali University	THE ROLE OF TAX AUDIT IN ENHANCING TAXPAYER COMPLIANCE AND REVENUE PERFORMANCE IN THE DIGITAL ECONOMY ERA
Ivana Miklošević	University of Slavonski Brod	DIGITAL TRANSFORMATION AND THE PRODUCTIVITY OF SMALL ENTERPRISES: A PERSPECTIVE FROM CROATIA
Ardita Hykaj	The Mediterranean University	POST-CRISIS FISCAL POLICY IN EMERGING ECONOMIES: LESSONS FROM ALBANIA'S RESPONSE TO FINANCIAL AND PANDEMIC SHOCKS
Omojaro, A. O. Taiwo, A. A. Taiwo, F. R. Babayemi, D. I.	The Federal Polytechnic	RISK MANAGEMENT AND SUPPLY CHAIN RESILIENCE OF OLAM FEED MILL, LAGOS, NIGERIA.
Olufemi Timothy Ogunbode Charles Adedeji Ogidan Saheed Balogun Amusa	Ladoke Akintola University of Technology Obafemi Awolowo University	SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS) AND BAPTIST MISSION'S HEALTH FINANCING (HF) MODELS IN YORUBALAND, 1907 - 1986
Oudjedi Damerdji Linda Fatima Chellali Cherifa	Oran Graduate School of Economics	ON THE UNIFORM ASYMPTOTIC STABILITY OF SOLUTIONS FOR A CERTAIN NON-AUTONOMOUS THIRD-ORDER DELAY DIFFERENTIAL EQUATION
Cherifa Chellali Oudjedi Damerdji Linda Fatima	Oran Graduate School of Economics	FUGLEDE'S THEOREM FOR (N,M) POWER-NORMAL OPERATORS

Online Session-2 / Hall-4
09.12.2025 / 11:30-13:30 (Ankara Local Time)
Moderator: Koosha Koorehpaz

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Valeria Martini Andrea Luzi Arianna Antonelli Francesco Evolo Nicholas Prosperi Gualtiero Gherardi Alessandro Auletta Alessio Zanza Sofia Leporale Marta Cianfriglia Luca Testarelli Rodolfo Reda	Sapienza University of Rome	CLINICAL AND BIOCHEMICAL COMPARISON OF TWO VARIANTS OF SCREW-RETAINED SINGLE IMPLANT CROWNS
Oheiku Aisha Avosuahi	University of Abuja	ASSESSING THE IMPACT OF HEALTHCARE INFRASTRUCTURE DEFICIENCIES ON THE MANAGEMENT AND OUTCOMES OF SPINAL CORD INJURIES IN NORTH CENTRAL NIGERIA
Patrícia Antunes Sandra Ferreira Dário Ferreira	University of Beira Interior	ADVANCED METHODS FOR HIGHER-ORDER CUMULANTS IN STATISTICAL MODELS WITH FIXED AND RANDOM EFFECTS
Koosha Koorehpaz	Tehran University of Medical Sciences	EMERGING SURGICAL INNOVATIONS IN GLAUCOMA MANAGEMENT
R. Moramarco M. Cianfriglia S. Leporale V. Martini C. Marocco C. Bramucci F. Sestito R. Reda L. Testarelli T. Testori G. Perrotti	Sapienza University of Rome University of Milan University of Michigan	3D CEPHALOMETRIC AND TFA-BASED VERTICAL SKELETAL EVALUATION IN ORTHOGNATHIC SURGERY: ANALYSIS OF A CONSECUTIVE CASE SERIES
Bianca ŞUIAN Sonia AMARIEI Ancuța PETRARU	”Ștefan cel Mare” University of Suceava	THE POTENTIAL ANTI-ALLERGENIC EFFECT OF HORSERADISH IN THE DEVELOPMENT OF BIOACTIVE PACKAGING
K. Thejas kumar A. Shobana K. Sujatha N.P.G. Bhavani Tatireddy Omsai Reddy D. Kabilan	Dr. M.G.R. Educational and Research Institute	PREDICTION OF MANGO QUALITY AND DISEASE DETECTION USING DEEP LEARNING

Online Session-3 / Hall-1
09.12.2025 / 14:00-16:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Tahir Qureshi

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Pınar ERSOY Mustafa ERŞAHİN	Commencis	END-TO-END VISUAL SEARCH ON AWS: COMBINING SAGEMAKER EMBEDDINGS AND ANN INDEXING FOR E-COMMERCE
Ayoub Kechiche	Haliç University	THE ROLE OF SMEs IN THE TURKISH TXTILE AND CLOTHING:THE IMPORTANCE OF DIGITALIZATION
Mohammed Faısal Abd Hudıjan Mehmet ALAGÖZ	Selçuk University	THE POLITICAL ECONOMY OF CONFLICT IN YEMEN: PRACTICAL MECHANISMS TO MITIGATE THE IMPACT OF CONFLICT ON DEVELOPMENT IN THE ABSENCE OF INSTITUTIONAL INDEPENDENCE
Tahir Qureshi Dhananjay Kumar Mishra Aakriti Shukla	Deemed University	NAVIGATING THE DIGITAL FRONTIER: BALANCING DATA PRIVACY AND CYBERSECURITY IN AN AI-DRIVEN WORLD
Bhumika Sharma Sania Perwez	Sharda University	MATERNAL MENTAL HEALTH IN MODERN TIMES: A GLOBAL AND SOCIAL CHALLENGE
Iris Yazmín Sánchez Morales Dra. Gloria Auristela Hernández Pérez	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	DIVORCE AND CUSTODY: A LEGAL AND SOCIAL ANALYSIS
Simmi Pal	Symbiosis Law School	EMERGING GLOBAL BANKING STANDARDS: ROLE OF BIS FROM BASEL I TO BASEL III

Online Session-3 / Hall-2
09.12.2025 / 14:00-16:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Pramant Mahto

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Pramant Mahto	Srinath University "Adityapur"	ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Abdelhamid Ait M'hid Guojian Li Mourad Boughrara Mohamed Kerouad Qiang Wang	Northeastern University Moulay Ismail University	TUNING STRUCTURAL, MAGNETIC, AND ELECTRONIC BEHAVIORS IN ZnO AND TRANSITION METAL-DOPED ZnO FILMS VIA DEFECT MANIPULATION
LAAROUSSI Karima HARKANI Assia EL AISSAOUI Abdellah JEMJAMI Saloua	University Hassan 1st	FROM SILICON TO PEROVSKITE: TRACING THE TECHNICAL EVOLUTION OF PHOTOVOLTAIC PANELS
Imane AHNOUZ Rajaa SEBIHI	Mohammed V University in Rabat	IMPROVING THE SEPARATION OF MIXED RADIATION VIA UNSUPERVISED LEARNING ALGORITHMS
Fatima Zahra ZNAKI Khalid SAID Mohamed ADADI Hassan MOUSTABCHIR Souad ELKHATTABI	Sidi Mohamed Ben Abdallah University	MODELING THE IMPACT OF DEFECT DENSITY AND INTERFACE STATES ON PEROVSKITE DEVICE EFFICIENCY
Jihane ZNAKI Fatima Zahra ZNAKI Khalid SAID Mohamed ADADI Hassane MOUSTABCHIR Souad ELKHATTABI	Sidi Mohamed Ben Abdallah University	PRESSURE-INDUCED BANDGAP ENGINEERING OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITE FAGEBR3: A DFT INSIGHT
Chaymae CHAREF Anas CHAFI Said HAOUACHE	Sidi Mohamed Ben Abdellah University	DIGITAL SUPPLY CHAIN, IMPACT OF INTEGRATION INDUSTRY 4.0 IN A SUSTAINABLE AND RESILIENT SUPPLY CHAIN
H. Kerrai E. M. Jalal H. Saadi M. Salama M. Kerouad A. Zaim	Physics of Materials and Systems Modeling Laboratory	PROBING THE STRUCTURAL, ELECTRONIC, AND OPTICAL PROPERTIES OF FERROMAGNETIC RARE-EARTH-BASED CDER2S4 SPINEL FOR ENERGY HARVESTING APPLICATIONS
Mohammed EL ALLAM Mourad BAOUAHI Moha EL IDRISSI	Sultan Moulay Slimane University	LASER-ASSISTED POTENTIAL SCATTERING AND (ELECTRON-ATOM COLLISION)

Online Session-3 / Hall-3
09.12.2025 / 14:00-16:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Mehmet Emin ALPASLAN

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Gürhan UYSAL	Ondokuz Mayis University	EFFECTS OF NONLINEAR OPTIMIZATION ON ORGANIZATIONS
Yetiş KÖROĞLU	Zonguldak Bulent Ecevit University	INVESTIGATION OF COMPLAINTS REGARDING DEFECTIVE GOODS IN THE CONSUMER ELECTRONICS SECTOR: A STUDY ON THE ZONGULDAK CONSUMER ARBITRATION COMMITTEE
Didar Duygu ALTUNTAŞ Süleyman ÇELİK	Anadolu University	RISK PERCEPTION AND PUBLIC POLICY FROM A PROSPECT THEORY PERSPECTIVE: AN ANALYSIS OF URBAN PLANNING AND DISASTER MANAGEMENT IN TURKEY THROUGH THE MARAŞ EARTHQUAKES
Bahadır Murat ÇAKMAKLI	Sinop University	ASEAN'S ROLE IN INTERNATIONAL TRADE: THE SEARCH FOR A NEW ECONOMIC BALANCE IN THE AXIS OF THE US–CHINA TRADE WARS
Reha BAYANSAR	Ankara Hacı Bayram Veli University	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DESIGN AND DELIVERY OF PUBLIC SERVICES: A COMPARATIVE ANALYSIS OF BRISE, PULSE, ALBERT, AND SMART MISSION INITIATIVES
Reha BAYANSAR	Ankara Hacı Bayram Veli University	THE FUTURE OF PUBLIC SERVICE: ADAPTING TO THE MODERN WORKFORCE IN TURKEY
Metin KETBOĞA	Malatya Turgut Özal University	ERRORS IN FOREIGN EXCHANGE TRANSACTIONS WITHIN THE FRAMEWORK OF INTERNATIONAL TRADE PAYMENT METHODS AND THEIR CONSEQUENCES
Mehmet Emin ALPASLAN	Yeditepe University	EVALUATION OF CHANGES REGARDING THE ENFORCEMENT ORGANIZATION IN THE DRAFT COMPULSORY ENFORCEMENT CODE
Süleyman SAVAŞÇI Selime ÖLMEZ BAYHAN	Dicle University	EVALUATION OF PLANT PROTECTION PRODUCTS DEALERS IN BATMAN PROVINCE IN TERMS OF PROFESSIONAL ISSUES

Online Session-3 / Hall-4
09.12.2025 / 14:00-16:00 (Ankara Local Time)
Moderator: Sagaya Aurelia

Zoom Meeting ID: 829 5595 6031 / Zoom Passcode: 123456

AUTHOR(S)	AFFILIATION	TITLE
Sagaya Aurelia	CHRIST University	EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (XAI) FOR RELIABLE INTERNET OF THINGS
Mohammed AL-HABRI Ulviye Bunyatova	Başkent University	DEVELOPMENT OF A HIGH-PERFORMANCE KNEE PROSTHESIS USING OPTIMIZED POLYMER–METAL COMBINATIONS
P C Praveen Kumar B.Koushik Sai Gorrepati Charan Kumar	G.Pulla Reddy Engineering College	TUNABLE COMPACT METAMATERIAL-BASED RESONATOR FOR 6G THZ WIRELESS APPLICATIONS
P C Praveen Kumar N K Deekshith Pappaka Ganesh	G.Pulla Reddy Engineering College	THz MIMO RECONFIGURABLE ANTENNA WITH A MULTI PORT INPUT
P C Praveen Kumar B.Uday Kumar Reddy Gandla Roopeshwar	G.Pulla Reddy Engineering College	5G ANTENNA GAIN ENHANCEMENT USING A NOVEL METASURFACE
H. MABCHOUR H. AKARNI A. AKOUIBAA L. EL AARABI S. MORDANE	Hassan II University	ANALYTICAL STUDY OF WAVE-CURRENT INTERACTION WITH DOUBLE RECTANGULAR TRENCHES
Phan Thi Yen	University of Danang	LEVERAGING AI-ENHANCED MOBILE TOOLS FOR INCLUSIVE CAREER COUNSELING: A NOVEL APPROACH TO COLOR VISION ASSESSMENT IN VIETNAMESE HIGH SCHOOLS
Muhammad Mateen Afzal Awan	Minhaj University Lahore	AI-POWERED OPTIMIZATION OF MPPT ALGORITHMS FOR ENHANCED SOLAR PV SYSTEM PERFORMANCE
Muhammad Mateen Afzal Awan	Minhaj University Lahore	EXPLORING ORGANIC PHOTOVOLTAIC MATERIALS USING AI FOR SUSTAINABLE SOLAR ENERGY CONVERSION
J.Salai Thillai Thilagam D.V.Sri Hari Babu P.C.Praveen Kumar T.R.Ganesh Babu	G.Pulla Reddy Engineering College	PERFORMANCE OF TIMING CONTROLS RANGE, DETECTION AND PULSE REPETITION INTERVAL IN RADAR

PHOTO GALLERY






İKSAD ENSTİTÜSÜ

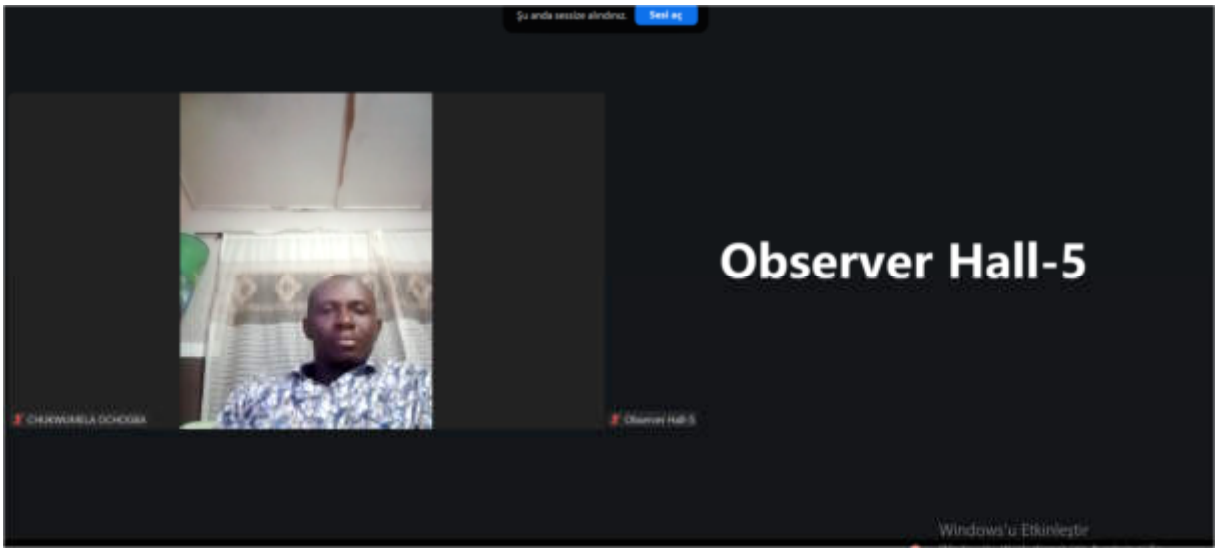



İKSAD ENSTİTÜSÜ


İKSAD ENSTİTÜSÜ

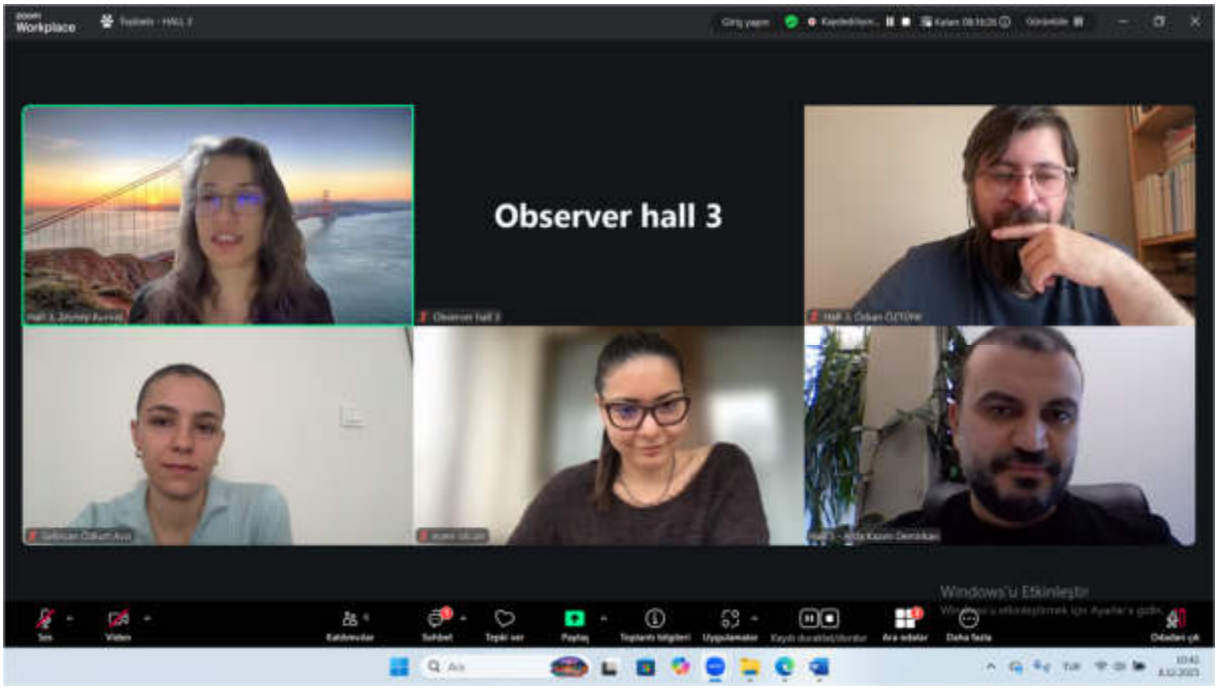



ÇANKAYA

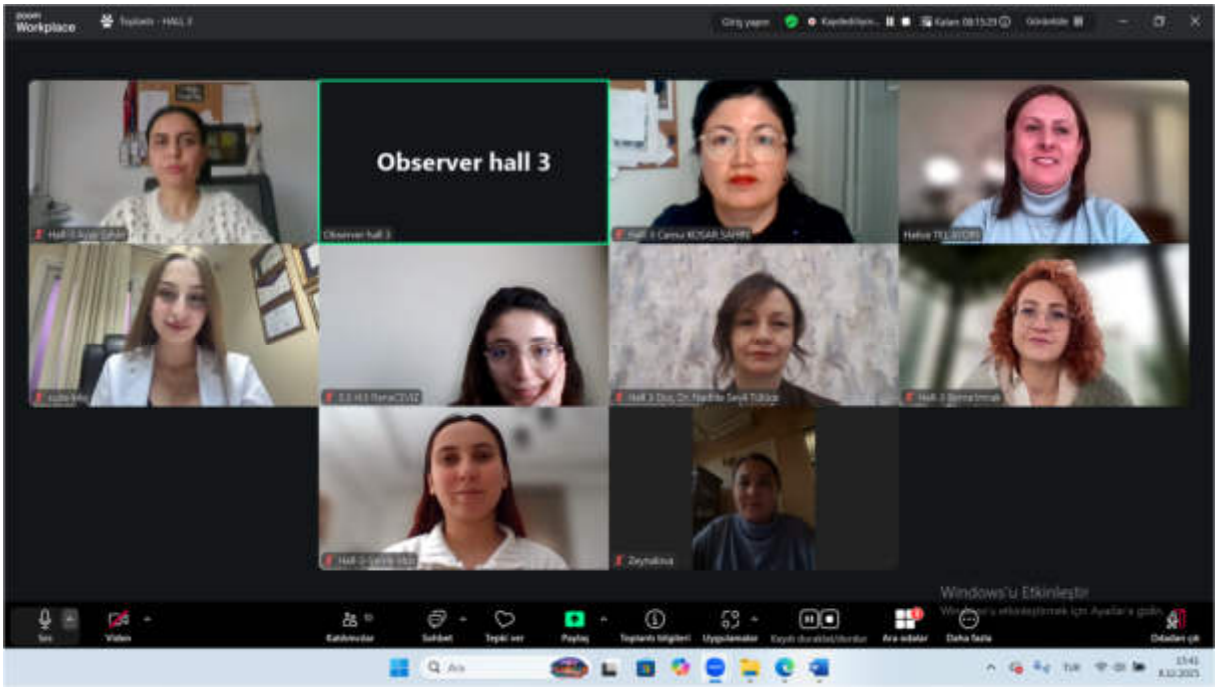

Observer Hall-5

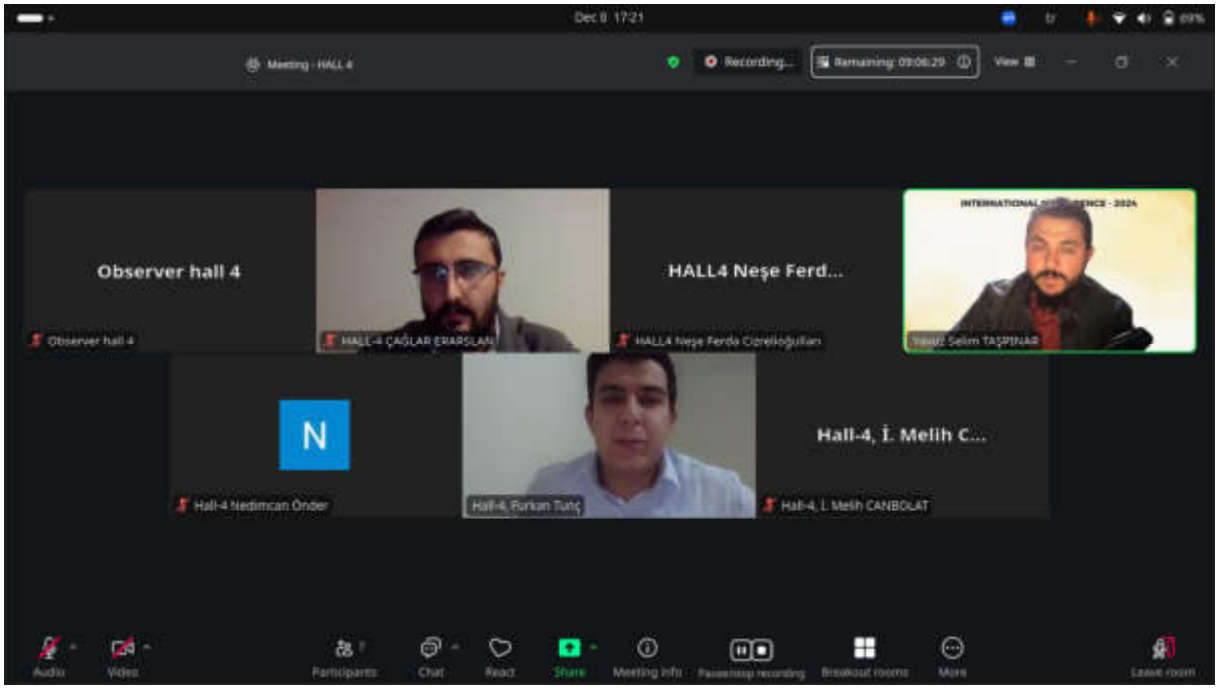

Observer Hall-5
Ridvan Ozaydin
Seçkin Ünver

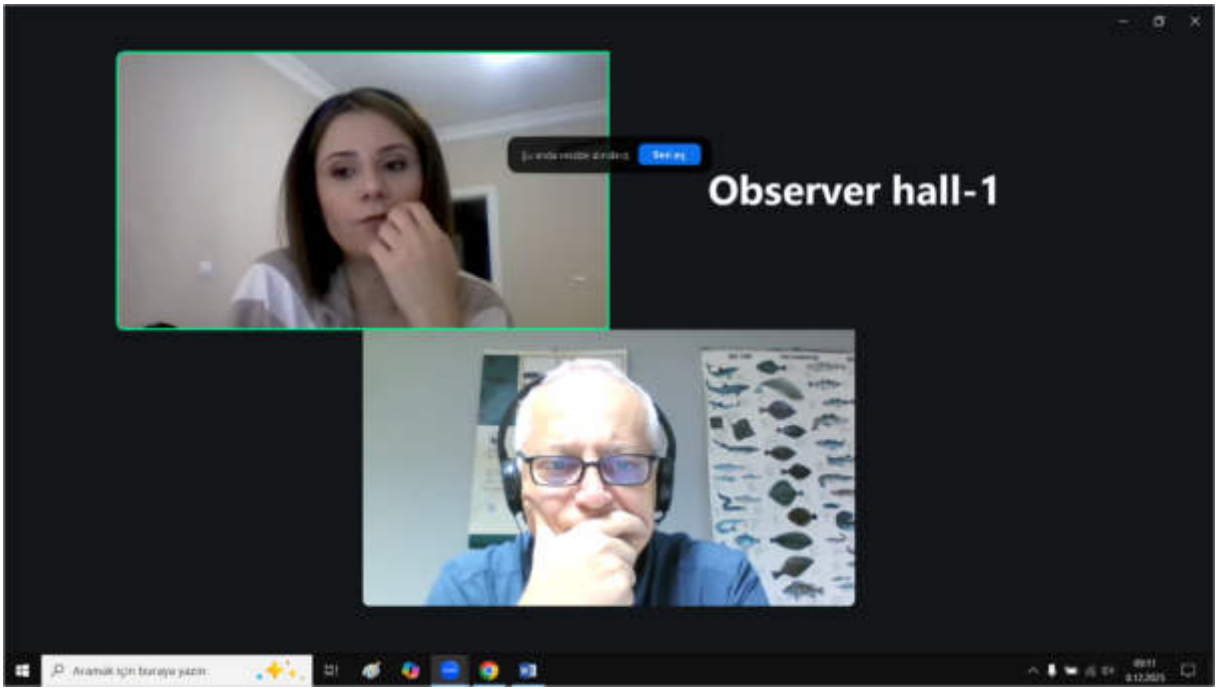

Observer Hall-5


Observer hall 3


Observer hall 3
M.Çağrı SEZEN


Observer hall 3

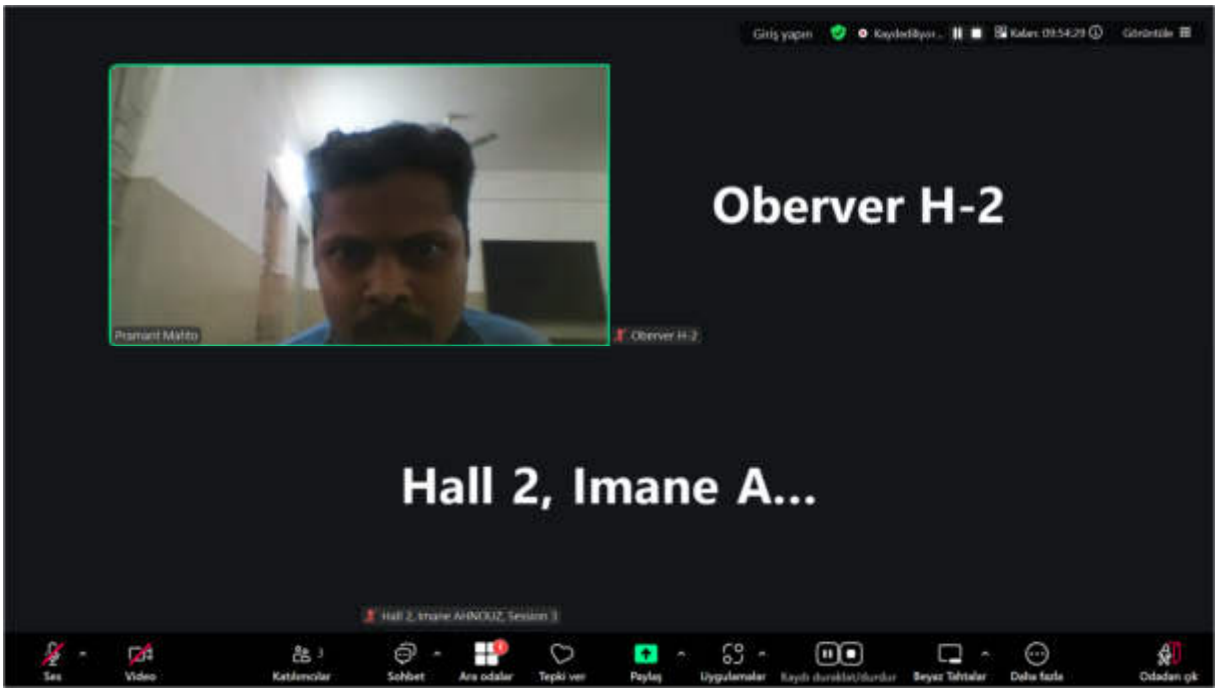

Observer hall 4
HALL4 Neşe Ferd...
N
Hall-4, İ. Melih C...

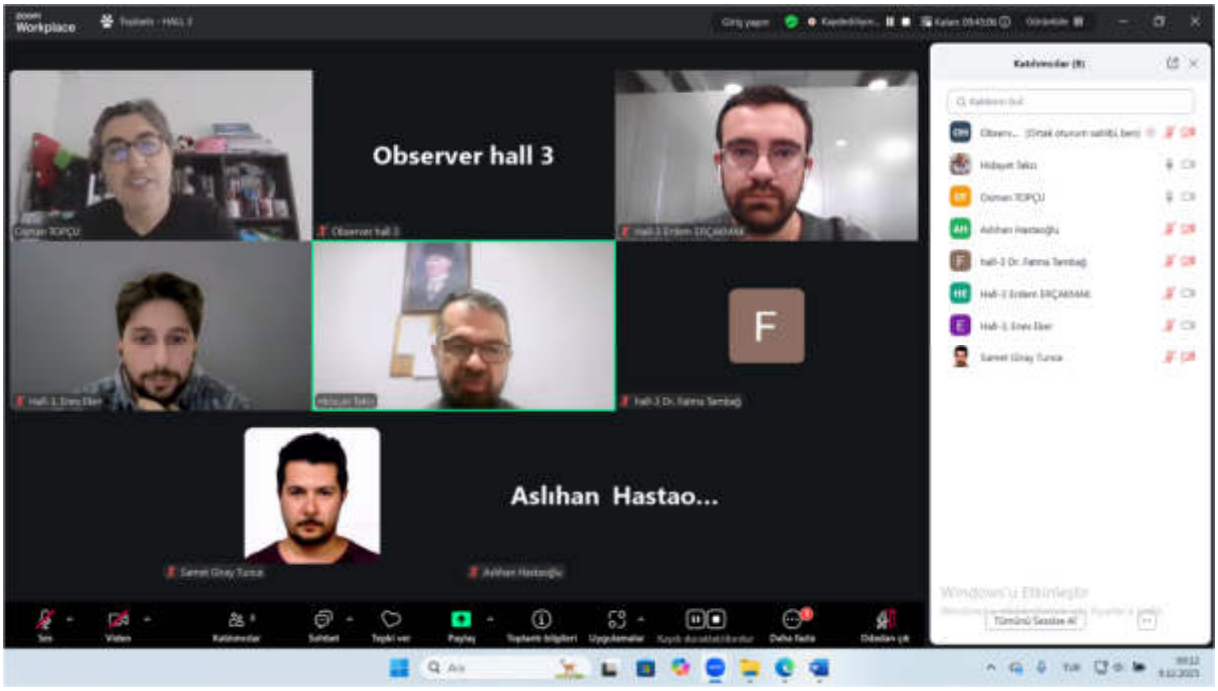

Observer hall-1

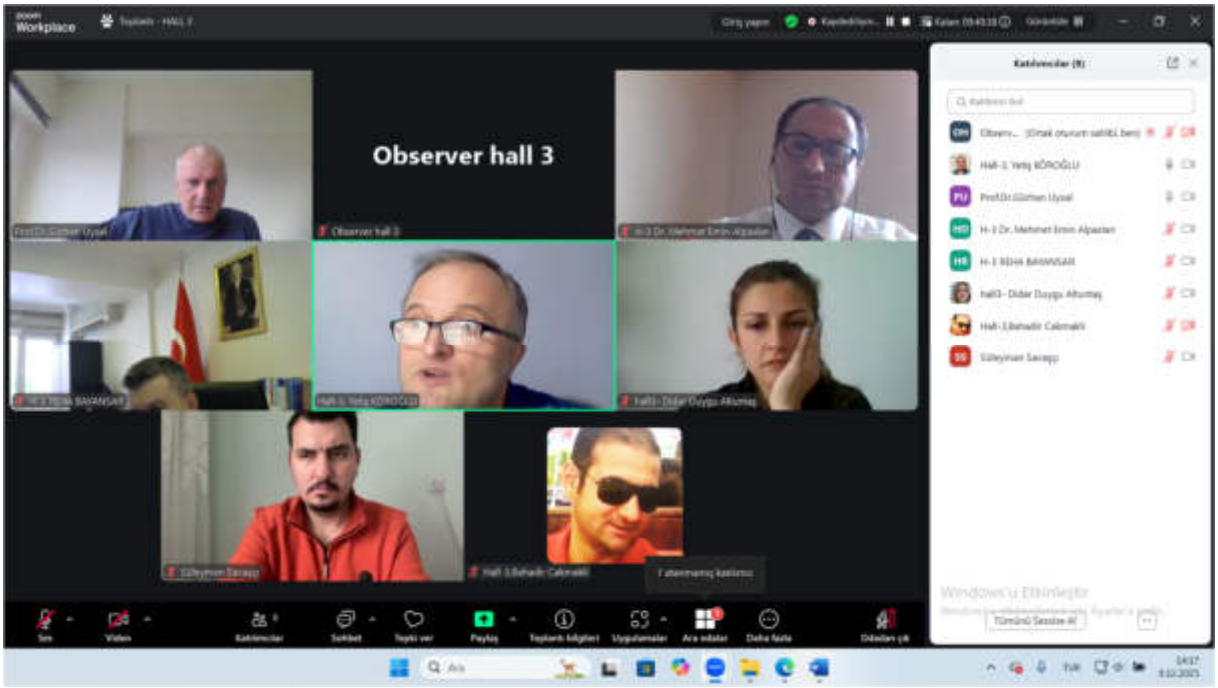

Observer hall-1
Çiğdem Koçuk K...

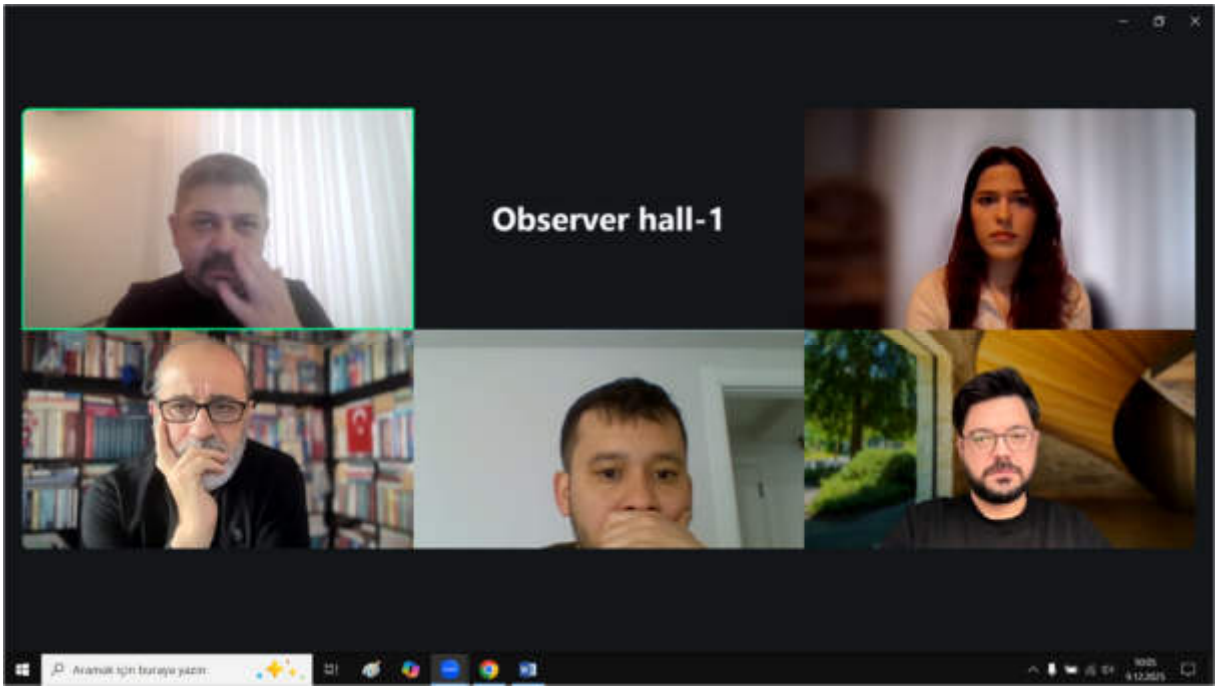

Observer hall-1


Observer hall-1


Oberver H-2
Hall 2, Imane A...


Observer hall 3
F
Aslıhan Hastao...


Observer hall 3


Observer hall-1


Observer hall-1

CONTENTS

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	NO
Utk□ÜTÜK	ANALYZING THIRD-PARTY FUNDING IN INTERNATIONAL ARBITRATION THROUGH ROBERT W. COX'S APPROACH TO HEGEMONY AT THE INTERNATIONAL LEVEL	1-12
Hasan OYLUM Alper DOĞANALP	IoT BASED ANOMALY DETECTOR IN A KITCHEN	13-24
Memet ŞAHİN Safaa HALLAK	ANTI-NORMED SPACES	25-26
Memet ŞAHİN Kübra TURAN	PARTIAL NEUTROSOPHIC METRIC SPACES	27-36
El□f UĞURLU Ham□yet ÖZEN	A STUDY ON THE PRESERVATION OF PEDESTRIAN WALKWAYS AND THE PEDESTRIANIZATION PROCESS OF TRABZON UZUN SOKAK	37-51
Bülent EVRE	THE IMPACT OF THE POLITICAL IDENTITY OF GOVERNMENTS ON BUDGETARY POLICIES IN THE TURKISH REPUBLIC OF NORTHERN CYPRUS	52
M□stafa ÜNVERDİ	THE LIMITS OF RELIGIOUS INTERPRETATION AND THE PROBLEM OF LITERALISM	53-64
M□stafa ÜNVERDİ	THEOLOGICAL DEBATES IN THE EXAMPLE OF ABU BAKR AL-BAQILLANI'S DISPUTATIONS	65-75
M□rat GÜVEN Nag□han KILIÇ	SOIL-DWELLING AND ABOVE-GROUND INSECT PESTS IN GROUNDNUTS	76-87
M□rat GÜVEN Nag□han KILIÇ	INSECTS HARMFUL TO THE FIRST AND SECOND PRODUCTS IN SOYBEANS	88-99
Serkan SAYGUN	APPLICATION OF A RAPID AND PRACTICAL CYTOGENETIC METHOD FOR CHROMOSOME DETERMINATION AFTER TISSUE CULTURE FROM MARINE FISH: MORE ETHICAL RESEARCH AND CONSERVATION EFFORTS	100-101

İrem ÖZKULA Meltem INCE YENILMEZ	THE RELATIONSHIP BETWEEN MIGRATION AND EMPLOYMENT: THE ROLE OF IMMIGRANT LABOUR IN THE TURKISH SERVICE SECTOR	102-114
Başak ÇİM Meltem INCE YENILMEZ	THE SOCIO-PSYCHOLOGICAL DIMENSION OF ECONOMIC DECISIONS: THE RELATIONSHIP BETWEEN BEHAVIOURAL ECONOMICS AND EMPLOYMENT	115-129
İlknur PAKSOY	A STUDY ON MANAGERIAL VALUES AND MANAGER PROFILE IN A PUBLIC INSTITUTION	130-131
İlknur PAKSOY	THE MEDIATING ROLE OF WORK-FAMILY CONFLICT IN THE EFFECT OF WORKPLACE STRESS ON DEPRESSION	132-133
Kerim TANIŞ Hilal UYGURTÜRK	THE RELATIONSHIP BETWEEN AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY AND PERSONALIZED MARKETING	134-142
Meral BAY Aytül BİŞGİN	AN EVALUATION OF THE EFFECT OF E-CUSTOMS APPLICATIONS ON TAX REVENUES	143-149
Mirhan AYDINALP Mehmet ALAGÖZ	NON-TARIFF BARRIERS AS A FORM OF INTERVENTION IN INTERNATIONAL TRADE	150-156
Yahya SÖNMEZ	EFFECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE USE IN FINANCIAL MARKETS IN TURKEY	157-162
Selincan ÖZKURT AVCI Arzu ÇIRPAN KANTARCIOĞLU	THE ROLE OF PERFECTIONISM ON JOB SATISFACTION OF ACADEMICIANS	163-169
Arda Kazım DEMİRKAN	THE EFFECT OF STRESS ON OBSESSIVE-COMPULSIVE SYMPTOM SEVERITY IN RELIGIOUS OBSESSIONS: A CROSS-SECTIONAL ANALYSIS WITH YBOCS AND DASS-21	170-171
Ecem OLÇUM	ANTHROPOMORPHISM AND SOCIAL IDENTITY	172-177

Zeynep KURNAZ	POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF INTER-CODER AGREEMENT IN QUALITATIVE RESEARCH	178-179
Özkan ÖZTÜRK	BEYOND BINARY OPPOSITIONS: POSITIONINGS AND INTERSECTIONS IN ENVIRONMENTALISM	180-184
Ojo, O.F Fagbemi, V. Y Odoh, J.E	USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES AMONG THE ACADEMIC STAFF OF THE FACULTY OF AGRICULTURE, UNIVERSITY OF NIGERIA, NSUKKA.	185
Loredana – Mariana HUȚUȚUI Sonia AMARIEI	MONITORING MEAT FRESHNESS IN SMART PACKAGING USING ANTHOCYANINS FROM RED CABBAGE	186
AOUFI Farida TAMERT Asma AOUFI Hannane AOUFI Chaimaa	MORPHOLOGICAL STUDY AND PHYTOCHEMICAL SCREENING OF THE MEDICINAL PLANT OF THE LAMIACEAE FAMILY (MARRUBIUM VULGARE) IN WESTERN ALGERIA	187
ANYANWU U. H NNADI E. A	THE EFFICACY OF PROBIOTICS AS GROWTH PROMOTERS IN POULTRY PRODUCTION; A REVIEW	188
Ayoub HLAL Soufiane BELHOUIDEG Ismail EZZARAA Nabil ISSAADI Philippe POULLAIN	MODELING THE MECHANICAL BEHAVIOR OF PLANT FIBER-REINFORCED COMPOSITE MATERIALS	189-190
Sunnia Afzal Zara Saeed Farukh Ameen	FOLIAR APPLICATION OF CHOLINE CHLORIDE AND FERULIC ACID REGULATED OSMOLYTE ACCUMULATION, NUTRIENT ACQUISITION AND ROS METABOLISM TO LESSEN CHROMIUM EFFECTS ON BARLEY (HORDEUM VULGARE)	191
Muhammad Kaif Siddiqui	PLANT-BASED ADAPTOGENIC NOOTROPICS: SYNERGISTIC EFFECTS OF ASHWAGANDHA, BRAHMI & GINKGO FOR STRESS, MEMORY & FOCUS	192

Malak ES-SAFI Le□la BENNANI ZIATNI Rajae BELKHOU Abdelo□ahed HAJJAJI	MYCOTOXINS AND ANIMAL FEED SAFETY: WHAT STRATEGIES FOR EFFECTIVE CONTROL? A LITERATURE REVIEW	193
OLUWOLE-MOSES OMOTAYO MATINA	ENHANCING TEACHING EFFECTIVENESS: THE ROLE OF MOTIVATION IN BUSINESS STUDIES EDUCATION IN NIGERIAN JUNIOR SECONDARY SCHOOLS	194-199
EKE Fel□x Ch□ma Ch□kw□mela Ob□lor OCHOGBA Mad□ab□ch□kw□Pr□nce AJIE	STRATEGIES FOR REVITALIZING TECHNICAL EDUCATION PROGRAMME IN COLLEGES OF EDUCATION IN RIVERS STATE, NIGERIA	200
Babal□1□, Mad□-Saba M□hammad□ Obodoeke Ngoz□V□v□an Eze H□llary Ch□b□zor	BRILLIANT APPROACHES NEEDED BY SMALL-SIZED RESTAURANTS IN ENUGU STATE, NIGERIA, FOR ADOPTION, MANAGEMENT, AND PROGRESS	201
D□vya. K V. Rakshana	BIOLOGICAL WEAPONS	202-207
Far□zoh Ham□d	ASSESSING THE MATURITY OF INNOVATION IN TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING (TVET) AND HIGHER EDUCATION IN MALAYSIA THROUGH THE TRIPLE HELIX LENS	208
Usman, Z.N. Umar K. G Owolab□.O MUSA. M	THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING OF GEOMORPHOLOGY IN HIGHER INSTITUTIONS OF LEARNING	209
K□shore.R Meenatch□S Keerthana.V R Saravanan	ENVIRONMENTAL AND CULTURE FOCUS	210
S□nan GÜL	JEREMY COLLIER AND THE MORAL IMAGINATION OF RESTORATION ENGLAND: THEATRE, VIRTUE, AND SOCIAL ANXIETY IN A SHORT VIEW (1698)	211-222
M□rat KARAKAŞ Çiğdem KOÇUK KARAKAŞ	THE ARCHITECTURE OF COLLAPSE: ILLUSION, TIME, AND MORAL RESPONSIBILITY IN ALBEE'S WHO'S AFRAID OF VIRGINIA WOOLF? AND FITZGERALD'S BABYLON REVISITED	223-229

M□rat KARAKAŞ Çiğdem KOÇUK KARAKAŞ	THE CUNNING OF THE FOX: VERBAL MANIPULATION AND THE MACHIAVELLIAN ARCHETYPE ACROSS LITERARY AND CINEMATIC TEXTS	230-236
Kad□r URAL S□nay ÖMEROĞLU	INVESTIGATION OF THE HAIRINESS VALUES OF SHORT STAPLE YARNS WITH DIFFERENT TWIST IN RING COP-BOBBIN FORMS	237-243
Ayn□r KOÇAK On□r GENÇ	THE ETHOS OF INSTRUMENTS AND MUSIC IN ANCIENT GREEK MYTHOLOGY	244-245
Özlem SÜRÜCÜ	THE GOLDEN AGE MYTH IN YAŞAR KEMAL'S STORY OF AN ISLAND SERIES	246-254
Servet TİKEN	TEVFİK FİKRET'S INFLUENCE ON HÜSEYİN DÂNİŞ	255-260
Aleyna YILMAZ T□ğba PÜRSÜN	AN EXAMINATION OF THE WRITING SKILLS OF STUDENTS WITH AND WITHOUT LEARNING DISABILITIES	261
Ays□n ÇELİK Merve BOZAT Med□ne KURTARAN M□rat AYDIN	AN INVESTIGATION INTO THE CHALLENGES FACED BY SIXTH-GRADE STUDENTS LIVING IN CONTAINER CITIES IN LEARNING SCIENCE AND PROPOSED SOLUTIONS	262-272
Mehmet Al□DOMBAYCI Yaren ARNAK	UPDATING MONE'S GENERAL COMPETENCIES FOR THE TEACHING PROFESSION: RECOMMENDATIONS ALIGNED WITH UNESCO'S AI COMPETENCY FRAMEWORK FOR TEACHERS	273-281
Yaren ARNAK Mehmet Al□DOMBAYCI	AI-SUPPORTED NANO-LEARNING IN THE PERSONALISED TEACHING OF PHILOSOPHY: A THEORETICAL FRAMEWORK	282-293
Merve AKBAS Fırat Doğ□AKIN	BIM–GEOTECHNICAL INTEGRATION AND MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING: METHODS, CRITERIA, AND APPLICATION DOMAINS	294-313

Zeynel Baran YILDIRIM Ceren YILDIRIM	ASSESSMENT OF THE SAFETY IMPACTS OF SPEED LIMIT VIOLATIONS AT CAMPUS MID-BLOCK CROSSWALKS: THE CASE OF ÇUKUROVA UNIVERSITY	314-324
Zeynel Baran YILDIRIM	SAFETY-ORIENTED MICROSIMULATION IN AUTONOMOUS VEHICLE AND PEDESTRIAN INTERACTION: TRANSITION FROM REACTIVE ANALYSIS TO PROACTIVE PREDICTION	325-339
Ayşe AKBULUT BAŞAR	PRODUCTION OF SPACE, PROPERTY REGIMES, AND URBAN RESILIENCE: A CRITICAL ANALYSIS IN THE FOOTSTEPS OF LEFEBVRE, FOUCAULT, AND SOJA	340-347
Tolga İSLAM İsabela DOS SANTOS SİLVA	INDIRECT DISPLACEMENT IN ISTANBUL: AUDIOVISUAL ANALYSIS THROUGH THE LENS OF RALF BOHNSACK'S DOCUMENTARY METHOD	348-349
T□ğba N□r SEZEN TÜRKMEN İd□ AYÇAM Asena SOYLUK	COMPARATIVE ANALYSIS OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS ACCORDING TO CLIMATE ZONES IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE	350-363
M□hammed Çağrı SEZEN İdil AYÇAM Asena SOYLUK	THE ENERGY PARADIGM IN SMART CITIES: THE SHIFT FROM CONSUMPTION TO PRODUCTION AND THE PERSPECTIVE OF A SUSTAINABLE FUTURE	364-381
Emre KILINÇ Tolga TUNÇEL	PREDICTING DIGITAL SKILL LEVELS USING MACHINE LEARNING AND EXPLAINABLE AI: EVIDENCE FROM TURKSTAT'S 2024 ICT USAGE MICRODATA	382-392
Mohammad M□raj	BIOSECURITY IN SMALLHOLDER AQUACULTURE: A KAP-BASED ASSESSMENT OF FARMER PERCEPTIONS AND PRACTICES	393-396
Agw□, An□Ekwe On□oha, Iked□eze Ar□sa	ADDRESSING NIGERIA'S ECONOMIC CHALLENGES: THE NEED FOR AGRICULTURAL ENTREPRENEURSHIP LITERACY IN THE NIGERIAN TETIARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS	397

Nab□l Amor Véron□q□e Arnal Cla□d□ne Montgelard	DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF MICROSATELLITE MARKERS WITH 454 PYROSEQUENCING FOR ENDEMIC AND INVASIVE LIZARDS IN CORSICA	398
Arnab Saha D□p Sahoo	USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN FISHERIES MANAGEMENT	399
Sarra Farjallah	FIRST MOLECULAR IDENTIFICATION OF D□plectan□m aeq□ans IN WILD AND FARMED D□centrarch□s labrax FROM TUNISIA: IMPLICATIONS FOR AQUACULTURE HEALTH AND DISEASE MONITORING	400
Sarra Farjallah	INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MOLECULAR TECHNIQUES FOR MONOGENEAN PARASITE MANAGEMENT IN MEDITERRANEAN AQUACULTURE	401
Iram L□aqat	ALGAL COMPOUNDS MEDIATED QUORUM SENSING INHIBITION OF MARINE BIOFILMS	402
Bappy Chowdh□ry Md Ibn□l Bakht□er Ka□f Jannat□l Ferda□s□Zaba Payel Chowdh□ry	DEVELOPMENT OF TRADITIONAL FISH SAUSAGE (KEROPOK LEKOR) INCORPORATING SEAWEED, SOY PROTEIN, AND SPICES FOR FISH SUSTAINABILITY: QUALITY EVALUATION AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION	403
Z□neb O□rrad□ Yo□nes Za□d	PLATELET POWERHOUSES IN PATHOGENESIS: DECIPHERING THE QUANTITATIVE, PHENOTYPIC, AND FUNCTIONAL SIGNATURE OF PLATELET-DERIVED MICROPARTICLES (PMPs) AS BIOMARKERS AND EFFECTORS IN ACUTE MYELOID LEUKEMIA (AML)	404-406
KABINE Mostafa SABRI Safaa	DETERMINATION OF LEAD RESIDUES IN COMMERCIAL SPICES SAMPLES FROM DIFFERENT REGIONS OF MOROCCO	407

BARCHA Sayf El Islam MADINZI Abdelaziz FEKHAOUI Mohammed	MODELING THE RELATIONSHIP BETWEEN CHLOROPHYLL-A AND ENVIRONMENTAL VARIABLES OVER A 13-YEAR PERIOD IN EL KANSERA RESERVOIR (MEKNES, MOROCCO)	408
Amin Ibrahim Bello Usman Sama'ila	THE USE OF VEGETABLES BASED COMPONENTS TO CHECKMATE FUNGAL FOOD SPOILAGE	409
Shimaila Naz	ECOLOGY OF ROCKY SHORES	410
Mohanapriya. P Chamundeeswari M	IN SILICO TOXICITY ASSESSMENT OF METABOLITES PRODUCED DURING THE PLASTIC FILM TREATMENT USING MICROORGANISM FROM AGRICULTURE SOIL	411
Arjela Merkiri	THE IMPACT OF DIGITAL SKILLS ON YOUTH EMPLOYMENT IN ALBANIA: BRIDGING GENDER GAPS THROUGH VOCATIONAL EDUCATION.	412-420
Sema ÇEKDEMİR Aykut YILMAZ	ANALYSIS OF DNA BARCODING AND PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS IN SPECIES OF THE GENUS PAEONIA USING THE PSBA-TRNH INTERGENIC SPACER (IGS) REGION	421-432
Bahar TERCAN	COMBINATION OF BIASES IN GENE EXPRESSION DATA NORMALIZATION	433
Oktay YAVAŞ Bayram Furkan COŞKUN Sevinç AKÇAY Serap YALÇIN AZARKAN	EFFECTS OF THIAMETHOXAM EXPOSURE ON CELLULAR BEHAVIORS IN A MELANOMA CELL LINE	434-443
Münire SARIGÜL Mükerrem KURTOĞLU	NEW ZINC(II) COMPLEXES DERIVED FROM NO-DONOR BIDENTATE AZO-SCHIFF BASE LIGANDS; SYNTHESIS AND SPECTRAL CHARACTERISATION	444-455
Münire SARIGÜL Mükerrem KURTOĞLU Özge GÜNGÖR	BIOLOGICAL ACTIVITIES OF AZO-SCHIFF BASE Zn(II) METAL COMPLEX	456-466

Kadem ERGİN T□ğçe Nazlı KAYA Orhan ŞAHİN	COMPARATIVE STUDY OF DIFFERENT FOOD CONTACT ENAMEL GROUPS IN TERMS OF CLEANABILITY AND CHEMICAL RESISTANCE	467-479
Balas□braman□G L R□nky Rajp□t Man□sh G□pta Pradeep Dah□ya J□tendra K Thak□r Rakesh Bhatnagar Abh□nav Grover	STRUCTURE-BASED DRUG REPURPOSING TO INHIBIT THE DNA GYRASE OF MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS	480
D. I. Tar□ngwa L.A Fad□pe E.Y Shaba S.I Iyen	SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR TEXTILE COLORATION USING PHENOLIC CONTENTS FROM DIFFERENT COMBINATION OF E□calypt□s camld□lens□s AND C□nnamom□m ver□m.	481
Cle□ton O. dos Santos Kennedy F. Roche Marcelo Campos	TURNING THE TIDE ON PLASTICS: A RAPID-ACTION ROADMAP FOR MACRO- AND MICROPLASTIC GOVERNANCE	482
S□le□man Z□le□hat Ozoh□ Ado A. Datt□ Kazeem Ibraheem Ajad□ Bakare Abd□lakeem Oyesode Olot□ Joh□ Ab□bakar Ahmed Al□y□ Nana A□sha	UTILIZING LOW COST EGGSHELL AND COCONUT MIXTURES AS EFFICIENT ADSORBENTS FOR REMOVING LEAD AND CHROMIUM FROM TANNERY EFFLUENT	483
Har□na Mohammaed Kazeem Ibraheem Ajad□	DEVELOPING A BIOFERTILIZER THROUGH COMPOSTING ROCK PHOSPHATE WITH POULTRY MANURE	484
V. Tharaneeswaran D. Tam□lselv□ S. Kala□selvan	GRAPHENE-BASED ELECTROCHEMICAL SENSORS FOR RAPID DETECTION OF HEAVY METAL IONS IN WATER PURIFICATION SYSTEMS	485
EL AROUSY Fat□ma zohra Ad□l El Yad□n□ Mo□lo□d El Mo□dane Abdelkb□r Bellao□cho□	ELABORATION AND CHARACTERIZATION OF SEMI-CONDUCTOR POLYMER-BASED NANOMATERIALS FOR WATER TREATMENT : DEGRADATION OF INDUSTRIAL POLLUTANTS	486
Mohammad Sajjad Hossa□n Md Ala□dd□n Tapash Debnath	β-ANNULUS PEPTIDE AND IT'S AZO DERIVATIVES: A COMPUTATIONAL STUDY.	487

Ayşe ŞAHİN Müzeyyen SÜMER	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP OF EMOTION REGULATION WITH SLEEP DISORDERS IN CHILDREN	488-497
Sıla ÖZER Berna IRMAK Bayram Sönmez ÜNÜVAR	CONTENT ANALYSIS OF GRADUATE RESEARCH ON “MENIERE’S DISEASE” (1982–2025)	498-500
Nad□de Sev□l TÜLÜCE As□man KOÇ YURTKUR	THE IMPACT OF INFLATION ON THE ACCESSIBILITY OF HEALTH CARE	501-520
Zeynalova KHURAMAN Ax□ndova NATAVAN Vahabova SHARIFA Bag□rova SHALALA Ismay□lova ARZU Ismay□lova SEVINJ Ahmedova TURKAN	CERVICAL CANCER IN PREGNANCY	521-522
Kübra KAYAOĞLU Rana CEVİZ	HOPE AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING IN EARTHQUAKE SURVIVORS: A POST-DISASTER MENTAL HEALTH PERSPECTIVE	523-524
Cans□ KOŞAR ŞAHİN Hat□ce CEYLAN	EXAMINING THE EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED CHATBOTS IN THE MANAGEMENT OF COPD: A SYSTEMATIC REVIEW	525-535
Şer□fe ALICI Hat□ce TEL AYDIN	SYMPTOM MANAGEMENT IN PATIENTS WITH COPD: FROM THE PERSPECTIVE OF SYMPTOM MANAGEMENT SCIENCE	536-551
S□de KILIÇ Fatma MERT BİBEROĞLU	CANCER PROGRESSION FROM FETAL PROGRAMMING PERSPECTIVES	552-553
Yasm□ne LKADI M’Barka MOURABIT	NATURAL CONVECTION HEAT TRANSFER AROUND A HEATED OBSTACLE	554
Erg□a Lat□vol□a P□tr□S□b□yantar□	FRAUD DETECTION IN HEALTHCARE INSURANCE CLAIMS USING SUPERVISED MACHINE LEARNING MODELS	555
M□sa Abd□lrahman Babayem□, A.W G. I. Onw□ka S□mayya J□br□l	VOLATILITY OF RICE PRICE DYNAMICS IN KEBBI STATE, NIGERIA	556

G. I. Onw□ka Babayem□A. W.	TWO SAMPLE MULTIVARIATE BEHRENS FISHER PROBLEM FOR HIGH DIMENSIONAL DATA	557
Alexander DOMGANG	APPLICATION OF STATISTICAL QUALITY CONTROL ON HIGHLAND TEA MIX, NIGERIA BEVERAGE PRODUCTION COMPANY LIMITED	558
R□tabrata B□swas	EINSTEIN-MAXWELL-SCALAR BLACK HOLE: THERMODYNAMIC PROPERTIES WITH LOGARITHMICALLY CORRECTED BARROW'S FRACTALISED ENTROPY	559
Caner TUNA Gürkan GÜMÜŞ Hakan ERÇAY T□ncay DİKİCİ	INCREASING THE HARDENABILITY OF QUENCHED AND TEMPERED STEELS BY ADDING BORON AND TITANIUM	560-561
Gürkan GÜMÜŞ N□rdan GÜNDOĞAN Hakan ERÇAY T□ncay DİKİCİ	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH-NICKEL ALLOYED STEELS	562-563
Taha Yas□n YASAV Enes ASLAN	MECHANICAL AND DIMENSIONAL ANALYSIS OF PETG SAMPLES PRODUCED USING THE FUSED DEPOSITION METHOD	564-573
Ege KİPRİKSİZ T□ncay KARAÇAY	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF RESIDUAL STRESS AND STRAIN-HARDENING PARAMETERS OF SHEET-METAL BENDING PARTS ON FATIGUE LIFE USING THE FINITE ELEMENT METHOD	574-580
Göks□ANIL KIZILDOĞAN	AN AI-POWERED ADAPTIVE DIGITAL TWIN PLATFORM FOR OPERATIONAL EFFICIENCY AND PREDICTIVE DECISION SUPPORT	581-588
Seç□HEPER	MANAGING COMPLEX MULTI-PARTNER R&D PROJECTS IN AVIATION: METHODOLOGIES, AI TOOLS, and STAKEHOLDER MANAGEMENT	589-597

Rahm□YILDIZ	THE EFFECT OF TRADITIONAL PLAY-BASED INSTRUCTION ON SECONDARY SCHOOL STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILLS	598-599
Melek GÜLER Selahaat□n AKPINAR	TECHNOLOGY-ASSISTED ENDURANCE MEASUREMENT: VO_2MAX ASSESSMENT IN WRESTLERS	600-607
G□lc□n ALP AVCI Emre AVCI	THE EFFECT ON PROBIOTICS OF COENZYMES USED FOR IMMUNE MODULATION PURPOSES	608-612
Sema BELEN Ataman KÖSE Çağrı Safa BUYURGAN Seyran BOZKURT Ak□f YARKAÇ Semra ERDOĞAN	THE ROLE OF CARBOXYHEMOGLOBIN AND OXYHEMOGLOBIN IN COVID-19 PATIENTS	613-614
K□m□a ÇEPNİ	IMPACT OF LUNG V30 VOLUME ON DISTANT METASTASIS IN STAGE II–IIIB LUNG CANCER: A RETROSPECTIVE ANALYSIS RELATED TO TGF-B1–MEDIATED MECHANISMS	615-621
Met□n ESER	ESR1 VARIANTS IN CFDNA AND ENDOCRINE RESISTANCE	622-623
Sadet KARABULUT KALKAN	PROBIOTIC AND PREBIOTIC KNOWLEDGE LEVEL AND CONSUMPTION STATUS OF INDIVIDUALS OVER 60 YEARS OF AGE: THE YALOVA THERMAL EXAMPLE	624-625
Abdelkader METIDJI Mohamed RAHAL	EPIDEMIOLOGY OF ENTEROHEMORRHAGIC INFECTION CAUSED BY EHEC IN NORTH AFRICA: A CLINICAL REVIEW	626
Tope James, Og□d□	PRODUCTION AND SENSORY EVALUATION OF WINE PRODUCED FROM PHOENIX DACTYLIFERA USING SACCHAROMYCES CEREVISIAE	627
So□maya Match□ Ad□l El Yad□n□ Hanae O□addar□ Abdelkb□r Bellao□cho□	ENHANCED ADSORPTIVE PERFORMANCE OF MODIFIED CLAY FOR WASTEWATER DYE REMOVAL	628

Mohamed FARHI Nacer KHACHANI Hassan EZ-Zak□	OPTIMIZING LC3 WITH THERMALLY ACTIVATED LOW-KAOLINITE COAL GANGUE	629
Do□ae To□areb Sarah Sao□ab□ So□hayla Lat□f□ Lam□aa Habraj□ Sanaâ Sao□ab□	ADSORPTION OF ORGANIC POLLUTANTS USING HYDROXYAPATITE EXTRACTED FROM BIOGENIC SOURCES	630
Bo□chra Bo□rhab□ Lat□fa Mo□h□r So□ad Tayane	VALORIZATION OF SEDIMENTS FROM BIN EL OUIDANE DAM (MOROCCO) AS A MATERIAL FOR CONCRETE	631
M□hammad Sh□a□b□Ma□wada Abd□ljabbar Garba	PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYLENE BLUE IN WASTEWATER USING CLAY NANOPARTICLES AS A SUSTAINABLE TREATMENT APPROACH	632
Khal□d Sa□d J□hane ZNAKI Mohamed Adad□ Hassane Mo□stabch□r So□ad Elkhattab□	DENSITY FUNCTIONAL THEORY ANALYSIS OF METHYLAMMONIUM TIN HALIDE PEROVSKITES FOR PHOTOVOLTAIC USE	633
KABIRI LOUBNA FORSAL ISSAM ELHARAMI ANAS	ECO-FRIENDLY CORROSION INHIBITOR FOR CARBON STEEL IN 1M HYDROCHLORIC ACID SOLUTION: EXPERIMENTAL APPROACH	634
Fa□zan Afzal	“FORMULATION AND EVALUATION OF DELAYED-RELEASE PELLETS OF ESOMEPRAZOLE MAGNESIUM TRIHYDRATE USING EXTRUSION SPHERONIZATION”	635
Fa□zan Afzal	“THE ROLE OF HIGH FAST FOOD, SUGARY BEVERAGE, AND SUGAR INTAKE IN THE DEVELOPMENT OF CHRONIC KIDNEY DISEASE: A CLINICAL AND LITERATURE-BASED ANALYSIS”	636
Fa□zan Afzal	"PRESCRIPTION DRUG MISUSE (PDP): A CROSS SECTIONAL AND DESCRIPTIVE TYPE OF STUDY IN PUBLIC AND PHARMACIES TO EVALUATE ROOT CAUSE OF DRUG MISUSE"	637

Sa□ma Shaheen Nab□la Sher	THYROID HORMONE LEVELS AND THEIR ASSOCIATION WITH PLASMA ZINC LEVELS AMONG ADOLESCENT AFGHAN REFUGEES; A CROSS-SECTIONAL STUDY	638-639
S. Kala□selvan M. Mohanas□ndar□ R. Ind□ja A. Yogeshwar□	UNRAVELING LAYERED TITANS: HOW MXENE ARCHITECTURES REDEFINE PROPERTIES FOR FUTURE PHYSICAL TECHNOLOGIES	640-641
Mohamed EL MORSY La□la AFIA	TOWARDS CIRCULAR MANAGEMENT OF INDUSTRIAL SALINE EFFLUENTS: VALORIZATION OF SODIUM FROM NaOH AND NaCL SOURCES	642
Eren DAĞLI Yav□z Sel□m TAŞPINAR	ANALYSIS OF HELMET WEARING PERFORMANCE OF MOTORCYCLE RIDER BY USING IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING METHODS	643-653
Eren DAĞLI Yav□z Sel□m TAŞPINAR	ANALYSIS OF VEHICLE ACCIDENT CASES USING IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING METHODS	654-663
Redvan GHASEMLOUNIA Neşe Ferda CİZRELİOĞULLARI	AN ANALYSIS OF A WORKPLACE ACCIDENT DURING BUILDING RENOVATIONS USING THE ISHIKAWA METHOD, AND RECOMMENDATIONS FOR PREVENTIVE MEASURES: THE CASE OF A PHOTOVOLTAIC (PV) PANEL INSTALLATION INCIDENT AT A UNIVERSITY	664-670
Ned□mcan ÖNDER Hasan KASIM	MECHANICAL CHARACTERIZATION OF ELASTOMER-COATED COMPOSITE STRUCTURES	671-672
F□rkan TUNÇ Yasem□n YILDIRAN AVCU	INVESTIGATION OF THE TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF SHOT-PEENED GRAPHITE-REINFORCED T□6Al-4V COMPOSITE	673-681
Çağlar ERARSLAN Oğ□z ERDEM	A GENERAL OVERVIEW OF STRENX 700 (S700) HIGH STRENGTH STRUCTURAL STEELS	682-704

D□yg□Kar OKUL Fat□h ŞİRİN	KOROVKIN-TYPE APPROXIMATIONS IN GRAND VARIABLE EXPONENT LEBESGUE SPACES	705-706
Özgür ERDAĞ Ömür DEVECİ	THE BALANCING-JACOBSTHAL SEQUENCE MODULO m	707-711
Özgür ERDAĞ	THE REPRESENTATIONS AND FINITE SUMS OF THE LEONARDO-PADOVAN	712-719
Ömür DEVECİ Yeşim AKÜZÜM ÖZEN	THE BALANCING-PADOVAN SEQUENCE MODULO m	720-723
Yeşim AKÜZÜM ÖZEN Ömür DEVECİ	THE REPRESENTATIONS AND FINITE SUMS OF THE BALANCING-PADOVAN SEQUENCE	724-730
Erdem KOCAKUŞAKLI	CANAL SURFACES: THEORY AND APPLICATIONS	731
Erdem KOCAKUŞAKLI	ON EMBANKMENT SURFACES AND APPLICATIONS	732
Ferhat ATIK	ALGORITHMIC PUBLIC SPACE: REWRITING HABERMAS UNDER SOCIAL MEDIA RECOMMENDATION SYSTEMS	733-759
Mehmet Barış YILMAZ	THE KOREAN WAR AND SOCIAL MOBILIZATION IN CHINA: A READING THROUGH POSTERS	760-766
Mehmet Barış YILMAZ	AMNESTY INTERNATIONAL'S CAMPAIGNS ABOUT THE POWER OF THE PEN	767-773
Volkan YAKIN Süleyman ÇELİK	A NEW TREND IN SUSTAINABLE COMMUNICATION: A CONCEPTUAL REVIEW OF GREENHUSHING AND SUGGESTIONS FOR FUTURE RESEARCH	774-775
M□that ALADAĞ Hülya DEMİR N□rhayat GÜZEY Farah SAĞLAM	HYPER-PERSONALIZATION IN AI-AUGMENTED GENERATIVE VISUAL SYSTEMS: AN ANALYSIS OF THE ENDEL APPLICATION	776-790

N□rhayat GÜZEY Hülya DEMİR Farah SAĞLAM M□that ALADAĞ	VIRAL AI VIDEOS IN THE LOUVRE HEIST CASE AND THE BOUNDARIES OF ADVERTISING AESTHETICS IN VISUAL COMMUNICATION	791-803
Meenatch□S K□shore.R Keerthana.V Gowtham R Saravanan	STROKE	804
Bee Saf□ya Rahm□dd□n Khan Son□Pr□yanka	AI-BASED BRAIN IMAGING ANALYSIS FOR NEUROLOGICAL DISORDERS	805
Pooja Rasal S□mran C Yadav Ga□rav Kasar	MOLECULAR DYNAMICS INSIGHTS INTO PROTEIN–LIGAND INTERACTIONS FOR DRUG DISCOVERY"	806
E.Elavaras□ Y□varaj AR J.Jayad□rka R.Sr□n□vasan	DESIGN AND DEVELOPMENT OF NOVEL HETEROCYCLIC COMPOUNDS AS ANTIMICROBIAL AGENTS	807
Mrs.E.Elavarasi Y□varaj AR J.Jayad□rka R.Sr□n□vasan	EVALUATION OF NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF PLANT-DERIVED FLAVONOIDS IN EXPERIMENTAL MODELS	808
Chayaraj□Bala Sa□ Nadago□da Kalyan□ K.Tharan□	DEVELOPMENT OF THE CIRCULAR ECONOMY IN THE REPUBLIC INTERNET OF THINGS APPLICATIONS IN FACILITY MANAGEMENT AND THE CONSTRUCTION SECTOR: OVERVIEW OF USE CASES	809-816
N.G. Kalyan□Reddy Peddada Jagadeeswara rao V□ctor Bab□Neela	PAPER ON 3D PRINTING TECHNOLOGY AND ITS POTENTIAL FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY	817-827
Mel□k Sam□ Khel□l Sara Tallal Abdel Kar□m Bo□z□r	CROSS-DISCIPLINARY APPROACHES: INTEGRATING MATHEMATICAL LOGIC INTO DESIGN STUDIOS	828
Mel□k Sam□ Khel□l Sara Tallal Abdel Kar□m Bo□z□r	CITY AS GALLERY: BLENDING URBAN INFRASTRUCTURE WITH ARTISTIC INTERVENTION	829
Aslıhan HASTAOĞLU H□dayet TAKCI	A PROPOSAL FOR PERSONAL SECURITY: MEASURE AND TAKE PRECAUTIONS	830-840

Enes EKER İlker TÜRKER Hasan EKER	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MINE TAILINGS VALORIZATION: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS	841-853
Fatma TAMBAĞ Koray KÖKSAL	POLARIZATION CHANGE IN FIBER OPTIC SENSOR DESIGN	854-855
Cans□Ş□mal BAĞLI B□rak BARUTÇU	UNIFORMIZING WIND ENERGY PRODUCTION THROUGH INSTALLED CAPACITY BALANCING IN TURKEY	856-857
Samet G□ray TUNCA	EFFECT OF THICKNESS RATIO ON THE AERODYNAMIC PERFORMANCE OF AIRFOILS	858-867
Erdem ERÇAKMAK	EXAMINING THERMAL MODELS OF ELECTRONIC COMPONENTS THROUGH NUMERICAL METHODS	868-877
Bağdagül KARTAL ERDOĞAN Osman TOPÇU	ON THE SPACE OF INTERVAL-VALUED ABEL CONVERGENT SEQUENCES	878-883
HENNAOUI Fer□el BERREBBAH ALIOUA Amel	ASSESSMENT OF DIETARY SUPPLEMENT CONSUMPTION AND ANALYSIS OF THEIR TOXICITY IN CONSUMERS	884
HENNAOUI Fer□el BERREBBAH ALIOUA Amel	RISK ASSESSMENT FOR WORKERS' HEALTH, SAFETY, AND ENVIRONMENT	885
Manole COJOCARU Major Gheorghe GIURGIU	THE GUT-BRAIN-SKIN AXIS IN ACNE: IMPACT OF POLENODERM	886
Shalala Ismay□lova Aytan Mammadzada Far□da Hac□yeva Gal□na Bakhshal□yeva Könül Abbasal□yeva Elnara Gazv□nova Aytan Mammadova	ENDOTHELIAL DYSFUNCTION IN GLOMERULAR DISEASES: THE ROLE OF METABOLIC SYNDROME COMPONENTS	887-888
Estefan□a Solano Rodr□g□ez YAZMIN ISOLDA ÁLVAREZ GARCÍA	UNCONTESTED DIVORCE: EFFECTS AND CONSEQUENCES FOR MINORS WITHIN THE FAMILY UNIT	889
Ir□s Yazmín Sánchez Morales Jesús Man□el G□zmán V□dal Glor□a A□r□stela Hernández Pérez	LA ALIENACIÓN PARENTAL COMO FORMA DE VIOLENCIA FAMILIAR EN MÉXICO	890

Ananda Maj□mdar	EXPLORING DOOMSDAY SCENARIOS: POTENTIAL RISKS AND STRATEGIES FOR RESILIENCE	891-900
Ebrah□m Mohammed G□r□d□tta P. Japee	RISK-BASED AUDITING IN PRACTICE: A SYSTEMATIC REVIEW OF IMPLEMENTATION AND IMPACT	901-909
ADUDU, C. A CHINWEOKE, K. C	EFFECT OF PROACTIVENESS ON SURVIVABILITY OF FIVE STARS HOTELS IN NIGERIAN HOSPITALITY INDUSTRY	910
PRIYAKRUSHNA MOHANTY LORNA ELIZABETH THOMAS SANJEEV KUMAR	FROM EPISTEMIC ROOTS TO EMERGENT TRAJECTORIES: A FRAMEWORK FOR UNDERSTANDING INDIGENOUS KNOWLEDGE IN CULTURAL TOURISM	911-912
Sod□kov M□rz□yo Od□ljon ogl□	MOBILE APPS FOR SUSTAINABLE TRAVEL: EMPOWERING TOURISTS WITH ECO-DECISION TOOLS	913-922
D□lafr□z Sod□qova Zox□d q□z□	EVALUATING THE ECONOMIC EFFECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN CENTRAL ASIA AND UZBEKISTAN	923-932
Ghorbel Amal	INTEREST RATE AND INFLATION DIFFERENTIALS IN A REVISITED TAYLOR RULE FRAMEWORK	933
Syeda Nada Qadr□ Sanobar M□r	HAYHAT MINNA AL-DHILLA: THE POLITICAL THEOLOGY OF KARBALA AND MODERN RESISTANCE IN WEST ASIA	934
Dar□yant□ Adr□an Ed□Pr□yono	THE IMPACT OF POLITICAL CORRUPTION ON DEVELOPING COUNTRIES: EVIDENCE FROM INDONESIA	935-944
Elm□ra Maharramova Alvan Jafarov	APPLICATION OF ACTIVE TEACHING METHODS IN THE MODERN TEACHING PROCESS	945-950
Kemal Şah□n TUNÇEL	EFFECT OF PLANT DYESTUFF–MORDANT COMBINATIONS ON COLOR CHARACTER OF COTTON FABRICS	951-957

Zeynep Den□z UYAN	EXAMINATION OF MUSIC TEACHING APPROACHES WITHIN THE FRAMEWORK OF MULTIPLE INTELLIGENCES THEORY.	958-959
N□r KILINÇ Mehmet KILINÇ	THE EFFECT OF DIFFERENT METHODS ON COLOR CHARACTERISTICS IN NATURAL DYEING	960-966
Bahar KARATAŞ	A HISTORICAL AND IDEOLOGICAL ANALYSIS OF SAMUEL M. ZWEMER'S "AN UNOCCUPIED FIELD IN CENTRAL ASIA"	967-978
Şev□n ATMACA Erol BAYHAN	EFFECT OF SOME PLANT EXTRACTS ON FECUNDITY OF APHIS GOSSYPII GLOVER (HEMIPTERA: APHIDIDAE)	979-992
Derya BAŞ R□şen DURAN M□ray D□zem YILMAZ	THE SPATIAL IMPACT OF ANGLED ROOF WINDOWS IN THE CONTEXT OF NATURAL LIGHTING PERFORMANCE: DÜZCE SABİHA ULUSOY LIBRARY	993-994
Imane TESSE Zakar□ae BELMKADDEM	THE ROLE OF TAX AUDIT IN ENHANCING TAXPAYER COMPLIANCE AND REVENUE PERFORMANCE IN THE DIGITAL ECONOMY ERA	995
Ivana M□kloševi□	DIGITAL TRANSFORMATION AND THE PRODUCTIVITY OF SMALL ENTERPRISES: A PERSPECTIVE FROM CROATIA	996
Ard□ta Hykaj	POST-CRISIS FISCAL POLICY IN EMERGING ECONOMIES: LESSONS FROM ALBANIA'S RESPONSE TO FINANCIAL AND PANDEMIC SHOCKS	997
Omojaro, A. O. Ta□wo, A. A. Ta□wo, F. R. Babayem□, D. I.	RISK MANAGEMENT AND SUPPLY CHAIN RESILIENCE OF OLAM FEED MILL, LAGOS, NIGERIA.	998
Ol□fem□ T□mothy Og□nbode Charles Adedej□ Og□dan Saheed Balog□n Am□sa	SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS) AND BAPTIST MISSION'S HEALTH FINANCING (HF) MODELS IN YORUBALAND, 1907 – 1986	999-1012

O□djed□Damerdj□L□nda Fat□ma Chellal□Cher□fa	ON THE UNIFORM ASYMPTOTIC STABILITY OF SOLUTIONS FOR A CERTAIN NON-AUTONOMOUS THIRD-ORDER DELAY DIFFERENTIAL EQUATION	1013
Cher□fa Chellal□ O□djed□Damerdj□L□nda Fat□ma	FUGLEDE'S THEOREM FOR (N,M) POWER-NORMAL OPERATORS	1014
Valer□a Mart□n□ Andrea L□z□ Ar□anna Antonell□ Francesco Evolo N□cholas Prosper□ G□alt□ero Gherard□ Alessandro A□letta Aless□o Zanza Sof□a Leporale Marta C□anfr□gl□a L□ca Testarell□ Rodolfo Reda	CLINICAL AND BIOCHEMICAL COMPARISON OF TWO VARIANTS OF SCREW-RETAINED SINGLE IMPLANT CROWNS	1015-1016
Ohe□k□A□sha Avos□ah□	ASSESSING THE IMPACT OF HEALTHCARE INFRASTRUCTURE DEFICIENCIES ON THE MANAGEMENT AND OUTCOMES OF SPINAL CORD INJURIES IN NORTH CENTRAL NIGERIA	1017-1020
Patríc□a Ant□nes Sandra Ferre□ra Dár□o Ferre□ra	ADVANCED METHODS FOR HIGHER-ORDER CUMULANTS IN STATISTICAL MODELS WITH FIXED AND RANDOM EFFECTS	1021
Koosha Koorehpaz	EMERGING SURGICAL INNOVATIONS IN GLAUCOMA MANAGEMENT	1022
R. Moramarco M. C□anfr□gl□a S. Leporale V. Mart□n□ C. Marocco C. Bram□cc□ F. Sest□to R. Reda L. Testarell□ T. Testor□ G. Perrott□	3D CEPHALOMETRIC AND TFA-BASED VERTICAL SKELETAL EVALUATION IN ORTHOGNATHIC SURGERY: ANALYSIS OF A CONSECUTIVE CASE SERIES	1023-1024
B□anca ȘUIAN Son□a AMARIEI Anc□ța PETRARU	THE POTENTIAL ANTI-ALLERGENIC EFFECT OF HORSERADISH IN THE DEVELOPMENT OF BIOACTIVE PACKAGING	1025-1026

K. Thejas k□mar A. Shobana K. S□jatha N.P.G. Bhavan□ Tat□reddy Omsa□Reddy D. Kab□lan	PREDICTION OF MANGO QUALITY AND DISEASE DETECTION USING DEEP LEARNING	1027
Pınar ERSOY M□stafa ERŞAHİN	END-TO-END VISUAL SEARCH ON AWS: COMBINING SAGEMAKER EMBEDDINGS AND ANN INDEXING FOR E-COMMERCE	1028-1036
Ayo□b Kech□che	THE ROLE OF SMEs IN THE TURKISH TXTILE AND CLOTHING:THE IMPORTANCE OF DIGITALIZATION	1037-1058
Mohammed Faısal Abd H□dıjan Mehmet ALAGÖZ	THE POLITICAL ECONOMY OF CONFLICT IN YEMEN: PRACTICAL MECHANISMS TO MITIGATE THE IMPACT OF CONFLICT ON DEVELOPMENT IN THE ABSENCE OF INSTITUTIONAL INDEPENDENCE	1059-1065
Tah□r Q□resh□ Dhananjay K□mar M□shra Aakr□t□Sh□kla	NAVIGATING THE DIGITAL FRONTIER: BALANCING DATA PRIVACY AND CYBERSECURITY IN AN AI-DRIVEN WORLD	1066
Bh□m□ka Sharma San□a Perwez	MATERNAL MENTAL HEALTH IN MODERN TIMES: A GLOBAL AND SOCIAL CHALLENGE	1067
Ir□s Yazmín Sánchez Morales Dra. Glor□a A□r□stela Hernández Pérez	DIVORCE AND CUSTODY: A LEGAL AND SOCIAL ANALYSIS	1068-1069
S□mm□Pal	EMERGING GLOBAL BANKING STANDARDS: ROLE OF BIS FROM BASEL I TO BASEL III	1070
Pramant Mahto	ARTIFICIAL INTELLIGENCE	1071
Abdelham□d A□t M'h□d G□oj□an L□ Mo□rad Bo□ghrara Mohamed Kero□ad Q□ang Wang	TUNING STRUCTURAL, MAGNETIC, AND ELECTRONIC BEHAVIORS IN ZnO AND TRANSITION METAL-DOPED ZnO FILMS VIA DEFECT MANIPULATION	1072

LAAROUSSI Karıma HARKANI Assıa EL AISSAOUI Abdellah JEMJAMI Saloıa	FROM SILICON TO PEROVSKITE: TRACING THE TECHNICAL EVOLUTION OF PHOTOVOLTAIC PANELS	1073
Imane AHNOUZ Rajaa SEBIHI	IMPROVING THE SEPARATION OF MIXED RADIATION VIA UNSUPERVISED LEARNING ALGORITHMS	1074
Fatıma Zahra ZNAKI Khalıd SAID Mohamed ADADI Hassan MOUSTABCHIR Soıad ELKHATTABI	MODELING THE IMPACT OF DEFECT DENSITY AND INTERFACE STATES ON PEROVSKITE DEVICE EFFICIENCY	1075
Jıhane ZNAKI Fatıma Zahra ZNAKI Khalıd SAID Mohamed ADADI Hassane MOUSTABCHIR Soıad ELKHATTABI	PRESSURE-INDUCED BANDGAP ENGINEERING OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITE FAGEBR3: A DFT INSIGHT	1076
Chaymae CHAREF Anas CHAFI Saıd HAOUACHE	DIGITAL SUPPLY CHAIN, IMPACT OF INTEGRATION INDUSTRY 4.0 IN A SUSTAINABLE AND RESILIENT SUPPLY CHAIN	1077
H. Kerraı E. M. Jalal H. Saadı M. Salama M. Keroıad A. Zaım	PROBING THE STRUCTURAL, ELECTRONIC, AND OPTICAL PROPERTIES OF FERROMAGNETIC RARE-EARTH-BASED CDER2S4 SPINEL FOR ENERGY HARVESTING APPLICATIONS	1078
Mohammed EL ALLAM Moıad BAOUAHI Moha EL IDRISSI	LASER-ASSISTED POTENTIAL SCATTERING AND (ELECTRON-ATOM COLLISION)	1079
Gürhan UYSAL	EFFECTS OF NONLINEAR OPTIMIZATION ON ORGANIZATIONS	1080-1087
Yetş KÖROĞLU	INVESTIGATION OF COMPLAINTS REGARDING DEFECTIVE GOODS IN THE CONSUMER ELECTRONICS SECTOR: A STUDY ON THE ZONGULDAK CONSUMER ARBITRATION COMMITTEE	1088-1089

D□dar D□yg□ALTUNTAŞ Süleyman ÇELİK	RISK PERCEPTION AND PUBLIC POLICY FROM A PROSPECT THEORY PERSPECTIVE: AN ANALYSIS OF URBAN PLANNING AND DISASTER MANAGEMENT IN TURKEY THROUGH THE MARAŞ EARTHQUAKES	1090-1092
Bahadır M□rat ÇAKMAKLI	ASEAN'S ROLE IN INTERNATIONAL TRADE: THE SEARCH FOR A NEW ECONOMIC BALANCE IN THE AXIS OF THE US–CHINA TRADE WARS	1093-1097
Reha BAYANSAR	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DESIGN AND DELIVERY OF PUBLIC SERVICES: A COMPARATIVE ANALYSIS OF BRISE, PULSE, ALBERT, AND SMART MISSION INITIATIVES	1098-1099
Reha BAYANSAR	THE FUTURE OF PUBLIC SERVICE: ADAPTING TO THE MODERN WORKFORCE IN TURKEY	1100-1101
Met□n KETBOĞA	ERRORS IN FOREIGN EXCHANGE TRANSACTIONS WITHIN THE FRAMEWORK OF INTERNATIONAL TRADE PAYMENT METHODS AND THEIR CONSEQUENCES	1102-1113
Mehmet Em□n ALPASLAN	EVALUATION OF CHANGES REGARDING THE ENFORCEMENT ORGANIZATION IN THE DRAFT COMPULSORY ENFORCEMENT CODE	1114-1124
Süleyman SAVAŞÇI Sel□me ÖLMEZ BAYHAN	EVALUATION OF PLANT PROTECTION PRODUCTS DEALERS IN BATMAN PROVINCE IN TERMS OF PROFESSIONAL ISSUES	1125-1126
Sagaya A□rel□a	EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (XAI) FOR RELIABLE INTERNET OF THINGS	1127
Mohammed AL-HABRI Ulv□ye B□nyatova	DEVELOPMENT OF A HIGH-PERFORMANCE KNEE PROSTHESIS USING OPTIMIZED POLYMER–METAL COMBINATIONS	1128-1136

P C Praveen K□mar B.Ko□sh□k Sa□ Gorrepat□Charan K□mar	TUNABLE COMPACT METAMATERIAL-BASED RESONATOR FOR 6G THZ WIRELESS APPLICATIONS	1137
P C Praveen K□mar N K Deeksh□th Pappaka Ganesh	THz MIMO RECONFIGURABLE ANTENNA WITH A MULTI PORT INPUT	1138
P C Praveen K□mar B.Uday K□mar Reddy Gandla Roopeshwar	5G ANTENNA GAIN ENHANCEMENT USING A NOVEL METASURFACE	1139
H. MABCHOUR H. AKARNI A. AKOUIBAA L. EL AARABI S. MORDANE	ANALYTICAL STUDY OF WAVE-CURRENT INTERACTION WITH DOUBLE RECTANGULAR TRENCHES	1140
Phan Th□Yen	LEVERAGING AI-ENHANCED MOBILE TOOLS FOR INCLUSIVE CAREER COUNSELING: A NOVEL APPROACH TO COLOR VISION ASSESSMENT IN VIETNAMESE HIGH SCHOOLS	1141
M□hammad Mateen Afzal Awan	AI-POWERED OPTIMIZATION OF MPPT ALGORITHMS FOR ENHANCED SOLAR PV SYSTEM PERFORMANCE	1142
M□hammad Mateen Afzal Awan	EXPLORING ORGANIC PHOTOVOLTAIC MATERIALS USING AI FOR SUSTAINABLE SOLAR ENERGY CONVERSION	1143
J.Salai Thillai Thilagam D.V.Sri Hari Babu P.C.Praveen Kumar T.R.Ganesh Babu	PERFORMANCE OF TIMING CONTROLS RANGE, DETECTION AND PULSE REPETITION INTERVAL IN RADAR	1144

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ULUSLARARASI TAHKİMDE ÜÇÜNCÜ KİŞİ FİNANSMANINA ROBERT W. COX'UN ULUSLARARASI DÜZEYDE HEGEMONYA YAKLAŞIMIYLA BAKMAK

Dr. Utku ÜTÜK
ORCID: 0000-0002-2823-2108

ÖZET

1980'lerin sonu, 1990'ların başında Robert W. Cox'un "küresel perestroyka" şeklinde adlandırdığı ve kapitalizmin yeni bir biçimi olarak kabul ettiği dönem başlamıştır. Küreselleşme olarak da isimlendirilen bu dönemin ideolojisi Don Kalb'in belirttiği üzere neoliberalizmdir. Kökeni Antik Yunan ve Roma'ya dayandırılan uyuşmazlık çözümünde üçüncü kişi finansmanı (ÜKF) da yine 1990'larda Avustralya'daki uygulamalarıyla dikkat çekmiş, giderek yaygınlaşmıştır. ÜKF farklı şekillerde tanımlanmakla birlikte genel olarak uyuşmazlık taraflarından birinin uyuşmazlıkla ilgili masraflarını uyuşmazlıkla bağlantısı bulunmayan üçüncü bir kişinin kısmen veya tamamen finanse etmesi, bunun karşılığında uyuşmazlık lehine karara bağlandığında finanse edilenin elde ettiği tutarın belli bir miktarını, oranını veya başkaca bir değeri finansöre ödemesi şeklinde gerçekleşmektedir. ÜKF'ye gerek mahkeme yargılamasında gerek tahkimde başvurulabilmektedir. Ancak ÜKF'nin yaygınlaşması ve uluslararasılaşmasında uluslararası tahkimin önemli rol oynadığı kabul görmektedir. ÜKF'ye mahkeme yargılamasında başvurulmasına imkân sağlayan devletler genellikle kurallar getirerek bu alanı düzenlemektedir. Uluslararası örgütler de uluslararası tahkimde ÜKF ile ilgili olarak düzenlemeler yapmaktadır. Güncel uluslararası ilişkiler teorisine Antonio Gramsci'nin görüşlerinden yola çıkarak yaklaştığı çalışmasında Robert W. Cox uluslararası düzeyde hegemonyanın sadece devletler arası bir düzen olmadığını, dünya ekonomisi düzeni olduğunu belirtmiş, dünya hegemonyasını "sosyal, ekonomik ve siyasi bir yapı" şeklinde tanımlamıştır. Robert W. Cox'a göre bu yapının "kendini evrensel normlar üzerinden ifade ettiği mekanizmalardan biri uluslararası örgütlerdir". Bu çerçevede uluslararası tahkimde ÜKF'nin yaygınlaşmasında uluslararası örgütlerin etkisini araştırma isteğiyle çalışmanın konusu uluslararası tahkimde ÜKF'nin Robert W. Cox'un uluslararası düzeyde hegemonya yaklaşımı çerçevesinde eleştirel biçimde incelenmesi olarak belirlenmiştir. Çalışmayla uluslararası tahkimde ÜKF'nin uluslararası örgütler eliyle mevcut uluslararası düzenin hegemonik yapısının yeniden üretiminde rol oynadığını ortaya koymak amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında kuramsal çerçevenin belirlenmesi ardından uluslararası düzeyde hegemonyanın sürdürülmesinde uluslararası örgütlerin ÜKF'yi bir araç olarak nasıl kullandığına odaklanılmaktadır. Çalışma niteldir. Çalışmada araştırma literatür, uluslararası bilgi ve belgeler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada uluslararası tahkimde ÜKF'nin neoliberal düzenin hukuk alanındaki bir yansıması olduğu ve mevcut uluslararası düzenin hegemonik yapısının yeniden üretiminde rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma uluslararası tahkimde ÜKF'ye ilişkin tartışmalara eleştirel bir boyut kazandırması bakımından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Uluslararası Tahkim, Üçüncü Kişi Finansmanı, Uluslararası Düzeyde Hegemonya, Uluslararası Örgütler.

ANALYZING THIRD-PARTY FUNDING IN INTERNATIONAL ARBITRATION THROUGH ROBERT W. COX'S APPROACH TO HEGEMONY AT THE INTERNATIONAL LEVEL

ABSTRACT

The period that Robert W. Cox referred to as the "global perestroika" and identified as a new form of capitalism began in the late 1980s and early 1990s. As Don Kalb points out, the ideology of this period-also known as globalization-is neoliberalism. Third-party funding (TPF) in dispute resolution, which has its roots in Ancient Greece and Rome, also gained attention in the 1990s with its application in Australia and has gradually become more widespread. Although TPF has been defined in various ways, it generally refers to the partial or complete financing of one of the parties' dispute-related expenses by a third party who has no connection to the dispute, in exchange for a certain amount, percentage, or other value from the proceeds obtained by the funded party if the dispute is resolved in its favor. TPF may be utilized in both court litigation and arbitration. Nevertheless, it is widely accepted that international arbitration has played a significant role in the proliferation and internationalization of TPF. States that permit the use of TPF in judicial proceedings have generally introduced specific rules to regulate this field. International organizations have also adopted measures concerning TPF in international arbitration. In his study that approaches contemporary international relations theory through the lens of Antonio Gramsci's ideas, Robert W. Cox argues that hegemony at the international level is not merely an order among states but rather an order of the world economy, defining world hegemony as a "social, economic, and political structure." According to Robert W. Cox, one of the mechanisms through which this structure expresses itself via universal norms is international organizations. Within this framework, this study takes as its subject a critical examination of TPF in international arbitration through the lens of Robert W. Cox's approach to hegemony at the international level, motivated by the aim of exploring the influence of international organizations on the dissemination of TPF in international arbitration. The study seeks to demonstrate that TPF in international arbitration plays a role in the reproduction of the hegemonic structure of the existing international order through international organizations. Following the establishment of the theoretical framework, the study focuses on how international organizations employ TPF as an instrument in maintaining hegemony at the international level. This is a qualitative study. The research has been conducted through the analysis of literature, international data, and documents. The study concludes that TPF in international arbitration constitutes a reflection of the neoliberal order within the legal sphere and plays a role in reproducing the hegemonic structure of the current international order. The study is significant in that it introduces a critical dimension to the discussions surrounding TPF in international arbitration.

Keywords: International Arbitration, Third Part Funding, Hegemony at the International Level, International Organizations.

GİRİŞ

Kasım 1989'da "Demir Perde" yıkılmıştır. 1990'ların başında ise Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (SSCB) dağılmıştır. Sinclair'in (1996, s.4) Robert Cox ile yaptığı bir yazışmaya dayanarak belirttiği şekli ile "[b]içimsel açıdan bakıldığında, Amerika Birleşik Devletleri [ABD] ile Sovyetler Birliği arasındaki Soğuk Savaş tarih sahnesinden çekilmiş[tir]". Oysa bu durum "(…) Cox'un da altını çizdiği üzere (…) Soğuk Savaş'tan bir kopuş değil, Soğuk Savaş'ın kendi içinde yaşanan bir dönüşümdür" (Sinclair, 1996, s.4).

Cox'a (1996a, s.296-297) göre "(…) kapitalizmin yapısal dönüşümlerinin, çok sayıda bireyin, kurumsal yapının ve devletin eylemlerinin bir sonucu olarak, kümülatif biçimde yeni ilişkiler ve davranış kalıpları üretmesinden (…)" doğan bu dönüşüm "küresel perestroika" veya genel kabul gören ifade ile "küreselleşme"dir. Don Kalb, küreselleşmenin ideolojisinin neoliberalizm olduğuna dikkat çekmektedir (Kalb, 2000, s. 9).

Küreselleşme politik, ekonomik ve kültürel boyutlarıyla tartışılmaktadır (Malaviya, 2024, s.16) ve ideolojisi neoliberalizmdir (Kalb, 2000, s.9). Neoliberalizm ise Brabazon (2017) tarafından "(…) politik ve ekonomik bir proje olduğu kadar bir hukuki proje (…)" olarak nitelendirilmektedir. Dolayısıyla küreselleşmenin hukuk ile sıkı bağları olması kaçınılmazdır. Nitekim (Byrnes, Hayashi ve Michaelsen, 2013, s.3) "Küreselleşme Çağında Uluslararası Hukuk" başlıklı kitabın Giriş kısmında kitapta yer alan tüm bölümlerin hareket noktasının "(…) klasik uluslararası hukukun giderek küreselleşen dünyadaki bazı yeni olgularla gerek pratikte gerek teoride başa çıkma konusunda yetersiz kaldığı yönündeki tespit (…)" olduğunun altını çizmektedir. Dolayısıyla küreselleşme ile genel olarak hukukta ve özellikle belirtmek gerekirse uluslarası hukukta değişim zorunlu hale gelmiştir.

Uluslararası tahkim ise Alonso (2017)'nun işaret ettiği üzere "(…) genellikle küreselleşmenin "mükemmel örneği" olarak adlandırıl[maktadır]". Küreselleşme ile uluslararası tahkimde farklı uygulamalar öne çıkmaktadır ki üçüncü kişi finansmanı (ÜKF) bunlardan biridir.

Uluslararası tahkim maddi açıdan önemli maliyetler doğurabilmekte ve bu maliyetler taraflar arasındaki güç dengesinde risk oluşturabilmektedir. Uluslararası tahkimde riskin hafifletilmesine yönelik uygulamalar arasında ÜKF bulunmaktadır (Sweify, 2023, s.xv). ÜKF'nin ulusal yargılamada kökenleri eski Roma, Yunanistan ve Orta Çağ İngiltere'sindeki feodal uygulamaların bazılarına dayanmaktadır. Bu nedenle ÜKF hukuk alannda tamamen yeni bir uygulama değildir (Lyon'dan aktaran Sweify, 2023, s.41). Bununla birlikte 1990'larla Avustralya'da gün yüzüne çıkan ÜKF, 2005 sonrası itibaren hızla yaygınlaşmıştır (Grec, 2024). Farklı ülkelerin kendi hukuk düzenlerine bağlı olarak farklı yoğunlukta olsa da benzer hukuksal araçları kullanmasında küreselleşme etkendir (Brănici, 2025, s.37).

Çeşitli yargı bölgelerinde dava finansmanı veya finansal destek olarak da adlandırılan, uzun bir geçmişi bulunan ve gerek davacı gerek davalı tarafından kullanılabilen ÜKF, bir uyuşmazlıkta, genellikle uyuşmazlıkla ilişkisi bulunmayan üçüncü bir kişinin, uyuşmazlığın taraflarından birine karşılıklı anlaşmayla belirlenen finansmanı sağlaması, finanse edilenin ise kararda lehine hükmedilen tutarın belirli bir oranını finansöre vermesi şeklinde gerçekleşmektedir (Qtiashat ve Qtaishat, 2019).

Avustralya'da ÜKF ile ilgili hukuksal düzenlemeler bulunmaktadır (Geisker ve Luff, 2020). Dubash (2024) Avrupa Parlamentosu'nda, dava finansmanına ilişkin Komisyon'a tavsiyelerde bulunan bir kararın kabul edildiğine, İrlanda, Nijerya, Singapur ve Hong Kong'da ÜKF ile ilgili düzenlemeler bulunduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte ülkelerin ÜKF'ye ilişkin düzenlemeler konusundaki yaklaşımları farklılaşmaktadır. Bazı hukuk düzenlerinde ÜKF'nin mahkeme yargılaması ve tahkimde ne şekilde uygulanacağına yönelik hukuksal kurallar oluşturulurken kimilerinde daha kısıtlayıcı veya belirsizlik içeren bir yaklaşım sergilenmektedir. Açık hukuki çerçeveler ortaya konularak tahkim ve dava süreçlerinde ÜKF'ye izin verilen finansman düzenlemelerinin, açıklama yükümlülüklerinin ve etik standartların belirlendiği ülkeler arasında İngiltere ve Galler, Singapur ve Hong Kong (Çin) yer almaktadır. ABD'de bazı eyaletlerde davalarda kötü niyetli spekülasyonu engellemeye yönelik kaygılarla ÜKF'ye ilişkin sınırlamalara yer verilirken bazılarında bu sınırlamalar yumuşatılmaktadır (Li, 2024, s.306-307). Görüldüğü üzere ÜKF'ye mahkeme yargılamasında veya tahkimde başvurulmasına imkân sağlayan devletler belirli kurallar getirerek bu alanı düzenlemektedir.

Literatürde uluslararası tahkimin ÜKF'nin yaygınlaşması ve özellikle uluslararasılaşmadaki rolü özellikle vurgulanmaktadır (Grec, 2024). Nitekim ÜKF, Brezilya-Kanada Ticaret Odası Tahkim ve Arabuluculuk Merkezi (CAM-CCBC), Çin Uluslararası Ekonomi ve Ticaret Tahkim Komisyonu (CIETAC), Hong Kong Uluslararası Tahkim Merkezi (HKIAC), Milan Ticaret Odası, Singapur Uluslararası Tahkim Merkezi (SIAC), Milletlerarası Ticaret Odası (ICC) gibi tahkim kurumlarının kurallarında, Avrupa Birliği (AB)-Kanada Kapsamlı Ekonomik ve Ticaret Anlaşması (CETA) gibi uluslararası anlaşmalarda, 2014 tarihli Milletlerarası Tahkimde Menfaat Çatışmasına İlişkin IBA Kılavuz İlkeleri'nde (Barnett, Macedo ve Henze, 2021), 2024 tarihli Milletlerarası Tahkimde Menfaat Çatışmasına İlişkin IBA Kılavuz İlkeleri'nde (International Bar Association [IBA], 2024) yer almaktadır. Yine Uluslararası Yatırım Uyuşmazlıklarının Çözümü Merkezi (ICSID) Tahkim Kuralları'nda da ÜKF ile ilgili düzenlemeler bulunmaktadır (International Centre for Settlement of Investment Disputes [ICSID], 2022). Görülmektedir ki uluslararası örgütler uluslararası tahkimde ÜKF ile ilgili olarak düzenlemeler yapmakta, uygulamanın yaygınlaşmasında etkili olmaktadır.

Güncel uluslararası ilişkiler teorisine Gramsci'nin görüşlerinden yola çıkarak yaklaştığı çalışmasında Cox (1996b, s.137) uluslararası düzeyde hegemonyanın sadece devletler arası bir düzen olmadığını, dünya ekonomisi düzeni olduğunu belirtmiş, dünya hegemonyasını "sosyal, ekonomik ve siyasi bir yapı" şeklinde tanımlamıştır. Cox'a (1996b, s.137) göre bu yapının "(…) kendini evrensel normlar üzerinden ifade ettiği mekanizmalardan biri uluslararası örgütlerdir".

Bu çerçevede uluslararası tahkimde ÜKF'nin yaygınlaşmasında uluslararası örgütlerin etkisini araştırma isteğiyle çalışmanın konusu uluslararası tahkimde ÜKF'nin Robert W. Cox'un uluslararası düzeyde hegemonya yaklaşımı çerçevesinde eleştirel bir biçimde incelenmesi olarak belirlenmiştir.

Çalışmayla uluslararası tahkimde ÜKF'nin uluslararası örgütler eliyle mevcut uluslararası düzenin hegemonik yapısının yeniden üretiminde rol oynadığını ortaya koymak amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında kuramsal çerçevenin belirlenmesi ardından uluslararası düzeyde hegemonyanın sürdürülmesinde uluslararası örgütlerin ÜKF'yi bir araç olarak nasıl kullandığına odaklanılmaktadır. Çalışma niteldir. Çalışma kapsamında araştırma literatür, uluslararası bilgi ve belgeler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada uluslararası tahkimde ÜKF'nin neoliberal düzenin hukuk alanındaki bir yansıması olduğu ve mevcut uluslararası düzenin hegemonik yapısının yeniden üretiminde rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma uluslararası tahkimde ÜKF'ye ilişkin tartışmalara eleştirel bir boyut kazandırması bakımından önemlidir.

ROBERT W. COX'UN ULUSLARARASI DÜZEYDE HEGEMONYA YAKLAŞIMI

Cox (1996b, s.124) uluslararası düzeyde hegemonya yaklaşımını, Gramsci'nin Hapishane Defterleri'nde yer verdiği hegemonya kavramından hareketle oluşturmuştur. Gramsci Hapishane Defterleri'nde devlete odaklanmış, sivil toplum-devlet ilişkisi, siyaset, etik ve üretim ideolojisi üzerinde durmuş uluslararası ilişkilere ilişkin iddialar ortaya koymamıştır. Ancak Cox, uluslararası örgütler ile ilgili olarak yaptığı çalışmasında Gramsci'nin düşünce şeklinden yararlanmış hatta "(…) onun fikirlerinden hareketle güncel uluslararası ilişkiler teorisine yeni bir gözle bak[mıştır]" (Cox, 1996b, s.124).

Gramsci, hegemonya kavramı ile sınıflar içerisindeki ve sınıflar arasındaki ilişkileri irdelemektedir (Hall, Lumney ve McLennan, 1985, s.12-13). Buna göre hegemonya, "(…) bir sosyal sınıfın diğerleri üzerindeki üstünlüğünü (…)" ifade etmektedir. Ancak Gramsci hegemonya ile egemen sınıfın diğerleri üzerindeki siyasi ve ekonomik kontrolünün yanı sıra "(…) kendi dünyayı, insan ve toplumsal ilişkileri deneyimleme biçimini diğerlerine sağduyu ve doğal düzenin bir parçası olarak benimsetmedeki başarısı (…)" na da vurgu yapmaktadır.

Dolayısıyla Gramci devrimi siyasi ve ekonomik iktidarın el değiştirmesi ile sınırlandırmamakta, "(…) yeni deneyim ve bilinç biçimleri yoluyla alternatif bir hegemonya yaratılması (…)" olarak görmektedir (Zaritsky, 1982). Hegemonya; egemen bir sınıf veya ittifak tarafından, ideolojinin tâbi sınıfların ve grupların akla uygun yargılar verme yeteneğine ve günlük pratiklerine işletilmesi, böylelikle tabi sınıflar üzerinde hakimiyet oluşturulması ve yerleşik düzene ilişkin kitle rızasının üretilmesine işaret etmektedir (Gramsci'den aktaran Zaritsky, 1982, s.42; Merrington'dan aktaran Zaritsky, 1982, s.42).

Gramsci uluslararası ilişkileri de temel sosyal ilişkilerin sonucu olarak kabul etmektedir çünkü Gramsci'ye göre sosyal yapıdaki organik yeniliklerin her biri teknik-askeri yansımalarıyla uluslararası ilişkileri organik olarak değiştirmektedir (Gramsci'den aktaran Cox, 1996b, s.133). Bir başka ifadeyle Gramsci'ye göre dünyadaki güç dengelerinin değişmesinin ardında toplumların içinde meydana gelen derin, temel değişiklikler bulunmaktadır (Cox, 1996b, s.133).

Cox, uluslararası düzeyde hegemonya yaklaşımını ortaya koyarken "(…) Gramsci'nin hegemonya kavramı uluslararası seviyede veya dünya seviyesinde uygulanabilir mi? (…)" sorusundan yola çıkmıştır (Cox, 1996b, s.135). Cox (1996b, s.137) sorunun yanıtını ise şu şekilde vermektedir:

Uluslararası düzeyde hegemonya, yalnızca devletler arası bir düzen değildir. Bütün ülkelere etki eden ve diğer tâbi üretim tarzlarıyla birleşerek onlarla bütünleşen baskın bir üretim tarzının belirlediği bir dünya ekonomik düzenidir. Aynı zamanda, farklı ülkelerin toplumsal sınıflarını birbirine bağlayan karmaşık bir uluslararası toplumsal ilişkiler ağıdır. Dünya hegemonyası toplumsal, ekonomik ve siyasal bir yapı olarak tanımlanabilir. Ancak bunlardan sadece birinin bulunması yeterli olmayıp mutlaka üçünün bir arada bulunması gerekir. Dünya hegemonyası, devletler ve ulusal sınırları aşan sivil toplum aktörleri için genel davranış kuralları koyan evrensel normlar, kurumlar ve mekanizmalar aracılığıyla da kendini gösterir ki bu kurallar baskın üretim biçimini güçlendirir (Cox, 1996b, s.137).

Cox'a (1996b, s.137) göre uluslararası örgütler, "[d]ünya hegemonyasının evrensel normlarının ifade edildiği mekanizmalardan biri[dir]. Bu yaklaşımda kendileri hegemonik dünya düzeninin birer ürünü olan uluslararası örgütler bu düzenin genişlemesine imkân sağlayan kuralları bünyelerinde barındırmakta, yine bu düzenin kurallarını ideolojik olarak meşrulaştırmaktadır. Ayrıca bu örgütler, çevre ülkelerdeki elitleri sisteme çekmekte, muhalif ya da karşı-hegemonik düşünceleri etkisizleştirmekte ve nihayetinde hegemonik düzenin gerek kurumlarının gerek ideolojisinin geliştirilmesinde rol almaktadır (Cox, 1996b, s.137-138). Özetle Cox'a (1996b, s.137–138) göre uluslararası örgütler, hegemonik dünya düzeninin kurallarını meşrulaştırıp yayarak çevre elitleri sisteme dâhil eden ve karşı-hegemonik düşünceleri soğurarak bu düzenin kurumsal ve ideolojik gelişimine hizmet eden yapılardır.

ULUSLARARASI ÖRGÜTLERİN BİR ARACI: ULUSLARARASI TAHKİMDE ÜKF

Uluslararası tahkimi genel olararak "(…) farklı ülkelerden tarafların (…) bir veya birden fazla hakem tarafından karara bağlanması konusunda anlaşmaya vardığı, rızaya dayalı ve büyük ölçüde özel bir uyuşmazlık çözüm süreci (…)" (Anonim, t.y., s.7) şeklinde açıklamak mümkündür. Küreselleşmenin "mükemmel örneği" olarak kabul edilen uluslararası tahkim (Alonso, 2017) ÜKF'nin yaygınlaşmasında ve uluslararası nitelik kazanmasında önemli pay sahibidir (Grec, 2024). Ancak bu süreçte Cox'un (1996b, s.137) "[d]ünya hegemonyasının evrensel normlarının ifade edildiği mekanizmalardan biri (…)" olarak kabul ettiği uluslararası örgütlerin rolü göz ardı edilmemelidir.

Genel Olarak Uluslararası Tahkimde ÜKF

Uluslararası tahkimin temel ilkesi uyuşmazlık taraflarına yargılamanın nasıl yürütüleceğini belirleme imkânı sağlayan irade serbestisidir. Bununla birlikte uluslararası tahkimde yargılamanın yürütüldüğü devletin emredici hükümleri ile varsa ilgili tahkim kurumunun kurallarının da gözetilmesi gerekmektedir. Küreselleşme ise farklı ülkelerin aralarında ayrımlar olsa da benzer hukuksal araçları kullanmasını beraberinde getirmektedir. Küreselleşme; sözleşme özgürlüğünün uygulanmasına dayanan (Brănici, 2025, s.37), üçüncü bir tarafın uyuşmazlık taraflarından birine nihai tahkim kararından pay alma karşılığında mali destek sağlanmasını içeren ve kısaca "(…) hukuki bir uyuşmazlığa taraf olan bir tarafa finansman sağlayan bir kuruluşun, davanın başarılı olması durumunda yaptığı yatırımın geri dönüşünü elde etme beklentisiyle hareket etmesi (…)" şeklinde açıklanan ÜKF'yi uluslararası tahkimde giderek yaygınlaştırmaktadır (Li, 2024, s.295-296).

Gerek ÜKF tanımı gerek ÜKF kapsamında finansör tanımı ve finansman türleri hukuk literatüründe tartışmalıdır. Bu nedenle ÜKF dar ve geniş olmak üzere farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Dar tanımıyla ÜKF'de uyuşmazlıkta önceden bir menfaati söz konusu olmayan finansör uyuşmazlık taraflarından birine finasman sağlamakta ve dava finansman sağladığı tarafın lehine sonuçlandığında yatırım getirisi elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu uygulamada finansör tarafından sağlanan mali desteğin geri ödenmesi ve yatırım getirisi, elde edilen dava gelirleriyle sınırlıdır. ÜKF'nin geniş tanımları kapsamında ise sigorta ürünleri, hukuki başarıya dayalı ücret anlaşmaları, hayırseverlik amaçlı, bağış veya toplum yararına yapılan işler veya avukatların veya profesyonellerin ücretsiz olarak sunduğu hizmetler ve üçüncü bir tarafın hukuki bir uyuşmazlık için yatırım getirisi karşılığında finansman sağladığı diğer mekanizmalar gibi benzer işleve sahip farklı finansman türleri yer almaktadır (Li, 2024, s.295-296).

ÜKF'nin uluslararası tahkimde kullanılması, ÜKF tanımının ötesinde tartışmaları beraberinde getirmiş, ÜKF'nin avantajlarını savunan görüşler karşısına dezavantajları konulmuştur.

Uluslararası tahkimin maliyetli bir uyuşmazlık çözüm yolu olması nedeniyle ÜKF'nin dava süreçlerine erişim bakımından avantaj sağladığı yönünde görüşler bulunmaktadır. Yine ÜKF'nin uyuşmazlıkta haklı bulunma ihtimali olan ve finanse edilen tarafa, uyuşmazlık süreci devam ederken faaliyetlerine devam etme hatta yeni yatırımlar yapma ve böylelikle finansal istikrarını koruma imkânı sunduğu savunulmaktadır. ÜKF ile riskin transfer edilmesi bir başka avantaj olarak sunulmaktadır. Alacaklıların davanın erken bir zamanda sulh ile sonuçlanmasını teşvik edecek biçimde finansman sözleşmelerini sık sık yapılandırmaları nedeniyle ÜKF'nin müzakere gücü sağladığı ayrıca ÜKF'nin tarafların müzakere gücündeki dengesizlikleri giderebileceği veya dengesizliğin giderilmesine katkı sunabileceği ve böylelikle tarafların müzakere kapasitesini eşitleme etkisi olabileceği ileri sürülmektedir. Finansörlerin uzman personelinin uzmanlar ve hakemler konusunda tavsiyelerde bulunma, mevcut avukatın iddiayı başarıyla tahkim edebilecek beceri ve deneyime sahip olmadığı anlaşılırsa müvekkilin yeni bir avukat tutmasına yardımcı olma dahil olmak üzere stratejik kararlara katkı sağlama şeklinde tahkim süreci boyunca sağlayacağı destek bir başka avantaj olarak görülmektedir. ÜKF "(…) küresel ekonomideki durgunluk ve buna bağlı belirsizlikler karşısında (…)", "(…) öngörülemeyen finansal piyasalara bağlı olmayan bir yatırım yapma yolu (…)" olarak yatırımcılar için de cezbedici kabul edilmektedir (Brănici, 2025, s. 39-42).

ÜKF'nin sulh müzakerelerinde haksız şekilde tutarın yükselmesine neden olma ve uyuşmazlığın her iki tarafı bakımından maliyetleri artırma ihtimali, uluslararası tahkimin gizliliği bakımından doğurduğu kaygılar, çıkar çatışmalarına yol açma olasılığı, finansörün talepler üzerindeki kontrolünün yarattığı endişeler ve dava sayısının artmasına olan etkisi ÜKF'nin dezavantajları arasında değerlendirilmektedir (Brănici, 2025, s. 43-46).

Bu çerçevede litertürde ÜKF genel olarak eşitsizliği azaltma ve erişimi artırma gizil gücü taşıyan ancak tahkimin doğası, tarafların özerkliği ve süreç adaleti bakımından dikkatli düzenlenmesi gereken dolayısıyla etkisi sağladığı finansal kolaylık ile yarattığı yapısal ve etik riskler arasındaki dengeye bağlı olan bir mekanizma olarak sunulmakta, ÜKF'nin riskleri bertaraf edilerek daha etkin şekilde nasıl uygulanacağı yönünde çeşitli görüşler paylaşılmakta ancak ÜKF'nin "hegemonik dünya düzeni" içindeki işlevinin göz ardı edildiği görülmektedir.

Uluslararası Tahkimde ÜKF ve Uluslararası Örgütler

Uluslararası örgütün tanımını yapmak güçtür çünkü uluslararası örgütleri tanımlamak için ortaya konulan kriterlerin tamamı, çoğu uluslararası örgüt bakımından geçerli değildir. Hukukçular tarafından uluslararası örgütlerin ayırıcı özellikleri konusunda genel uzlaşı sağlanan unsurların dahi her zaman uygulaması mümkün olamamaktadır (Alvarez, 2005, s.3-6).

Uluslararası örgütleri MacKenzie (2010, s.1-2);

(…) Hükümetler, halklar, işletmeler, bilim insanları, örgütlü emek kesimleri ve çeşitli meslek grupları arasında kurulan iş birliğine dayalı oluşumlardır. İnsan yaşamının siyaset, kültür, ekonomi, çevre, insan hakları ve silahsızlanma gibi hemen hemen tüm alanlarında faaliyet göstermektedirler. Bu örgütler hem gelişmiş hem gelişmekte olan ülkelerde, varlıklı ve yoksul toplum kesimleri arasında siyasi-ideolojik yelpazenin tamamına yayılan bir görünüm sergilerler. Uluslararası örgütler; eylemde bulunur, savunuculuk yapar, gözlemler ve denetler, araştırır ve raporlar, yardım sağlar ve eğitim verirler. Nadiren ise devletleri, halkları, kurumları ve diğer aktörleri çeşitli biçimlerde belirli davranışlarda bulunmaya ya da belirli davranışlardan kaçınmaya zorlayabilirler (…) (MacKenzie, 2010, s.1-2).

şeklinde geniş kapsamlı olarak açıklamaktadır. Bu çalışmada da uluslararası örgütler devletler arasında bir uluslararası anlaşma ile kurulan örgütlerle sınırlı olmaksızın geniş bir çerçevede ele alınmaktadır.

Alvarez (2005, s.11-12) Uluslararası örgüt türlerini sınıflandırma yönünde çeşitli girişimler olmakla birlikte uluslararası örgütlerin "(…) sınıflandırmalara indirgenemeyecek kadar karmaşık (…)", "(…) normatif etkilerinin, iç ya da uluslararası hukukun uzmanlaşmış alanlarıyla sınırlandırılamayacak kadar geniş (…)" ve "(…) değişen yapılarının tek bir karakter tipine indirgenemeyecek kadar belirlenmesi güç (…)" olduğunun altını çizmektedir. Bu çalışmada da uluslararası örgütlere yönelik bir sınıflandırmaya gidilmemiştir.

Çalışmada uluslararası örgütlerin hegemonyanın sürdürülmesinde uluslararası tahkimde ÜKF'yi bir araç olarak nasıl kullandığına odaklanılmış ve bu doğrultuda ICSID örneği üzerinden uluslararası tahkimde ÜKF, Cox'un (1996b, s.124-143) uluslararası düzeyde hegemonya yaklaşımı doğrultusunda irdelenmiştir.

Dünya Bankası, Bretton Woods kurumları arasındadır (World Bank Group, t.y.) ICSID ise Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası (IBRD), Uluslararası Kalkınma Birliği (IDA), Uluslararası Finans Kurumu (IFC) ve Çok Taraflı Yatırım Garanti Ajansı (MIGA) ile Dünya Bankası Grubunun beş kuruluşundan biridir (International Centre for Settlement of Investment Disputes [ICSID], t.y.a). ICSID, 1966'da Dünya Bankasının uluslararası yatırımı teşvik etme amacı doğrultusunda Dünya Bankası İcra Direktörlerinin hazırladığı çok taraflı bir antlaşma olan Devletler ve Diğer Devletlerin Vatandaşları Arasındaki Yatırım Uyuşmazlıklarının Çözümlenmesi Hakkında Sözleşme (ICSID Sözleşmesi) ile kurulmuştur (ICSID, t.y.a). Görüldüğü üzere Bretton Woods kurumlarından Dünya Bankasının beş kuruluşundan biri olan ICSID Cox'un (1996b, s.124-143) işaret ettiği hegemonik düzenin kurumsal araçlarından biridir. ICSID Tahkim Kuralları'nda (ICSID, 2022) ÜKF ile ilgili düzenlemeler bulunmaktadır.

2022 tarihli ICSID Tahkim Kuralları'nda Kural 14 "Üçüncü Taraf Finansmanına İlişkin Bildirim" başlığı altında uyuşmazlık çözüm sürecinde ÜKF mevcutsa buna ilişkin bildirimin ne şekilde yapılacağı kurala bağlanmıştır. Kural 53'te "Yargılama Giderleri İçin Teminat" başlığı altında da teminat talebi değerlendirilirken ÜKF'nin de dikkate alınacağı belirtilmiştir (ICSID, 2022).

Cox'a (1996b, s.138) göre uluslararası örgütler bir yandan baskın ekonomik ve toplumsal güçlerin çıkarlarını gözeten, bu güçlerin yayılmasına imkân sağlayan kurallar oluşturmakta diğer yandan daha zayıf taraflara belirli bir düzeyde esneklik sağlamaktadır. Dolayısıyla uluslararası örgütlerce uluslararası sistemdeki kurallar öncelikle güçlü aktörlerin ekonomik ve sosyal hakimiyetini kolaylaştıracak şekilde yapılandırılmakta ancak zayıf aktörlerin daha az zararla çıkarlarını korumalarını mümkün kılacak çözümler de üretilmektedir.

ÜKF'nin avantajları arasında finanse edilen taraf bakımından, uyuşmazlık süreci devam ederken faaliyetlerine devam etme hatta yeni yatırımlar yapma imkânı sunması ve "(…) küresel ekonomideki durgunluk ve buna bağlı belirsizlikler karşısında (…)", "(…) öngörülemeyen finansal piyasalara bağlı olmayan bir yatırım yapma yolu (…)" olarak yatırımcılar için cazip olması (Brănici, 2025, s. 39-42) yer almaktadır. Bu çerçevede ICSID, 2022 tarihli Tahkim Kuralları'nda ÜKF'yi düzenleyerek güçlü aktörlerin ekonomik ve sosyal hakimiyetini kolaylaştıracak bir avantaj sunmaktadır. Çünkü ÜKF bir yandan finansman sağlananın kaynaklarını yeni yatırımlara yöneltmesine, diğer yandan büyük yatırımcıların veya çok uluslu şirketlerin uluslararası tahkimde finansman sağlayarak kendi ekonomik güçlerini ve etkilerini pekiştirmelerine imkân sağlamaktadır. Brănici (2025, s. 39-42) ÜKF'nin uluslararası tahkimin maliyetli bir uyuşmazlık çözüm yolu olması nedeniyle dava süreçlerine erişim bakımından avantaj sağladığına, tarafların müzakere gücündeki dengesizlikleri giderebileceği veya dengesizliğin giderilmesine katkı sunabileceğine yönelik görüşlere de değinmiştir. Dolayısıyla ICSID, 2022 tarihli Tahkim Kuralları'nda ÜKF'ye yer vermekle zayıf aktörlerin daha az zararla çıkarlarını korumalarını mümkün kılacak bir çözüm üretmiş olmaktadır. Çünkü ÜKF devletlerin veya küçük tarafların mali engeller nedeniyle girişemeyeceği davaların açılmasına imkân sağlamaktadır.

Cox (1996b, s.138-139) uluslararası örgütlerin ideolojik rolüne dikkat çekmekte ve bu örgütlerin baskın sosyal ve ekonomik güçlere uygun eğilimleri devletlere doğrular olarak sunarak devletler üzerinde etkili olduklarına vurgu yapmaktadır.

ICSID uluslararası yatırımı teşvik etme amacı doğrultusunda kurulmuştur (ICSID, t.y.a). Dolayısıyla "doğruları" yatırımcı çıkarlarını koruyan politikalardır. Brănici (2025, s. 39-42) riskin transfer edilmesinin ÜKF'nin avantajlarından biri olduğunu belirtmektedir. ÜKF'nin 2022 tarihli ICSID Tahkim Kuralları'nda yer alması finansal aktörlerin uluslararası tahkim sistemine yatırım yapmasını ve riskin transferi ile uluslararası tahkim davası açılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu durum uluslararası tahkimi adeta küresel finansın piyasası haline getirmektedir. Böylelikle Cox'un (1996b, s.138-139) altını çizdiği gibi ICSID bir uluslararası örgüt olarak hegemonik güçlerin çıkarlarına uygun bir araç olan ÜKF'yi devletlere "doğru" olarak sunmaktadır. Bir başka ifade ile ÜKF'nin 2022 tarihli ICSID Tahkim Kuralları'nda düzenlenmesi devletlerin yatırımcı çıkarlarını koruyan bir araç olan ÜKF'yi benimsemelerinde etkilidir.

Cox (1996b, s.139) uluslararası örgütlerin çevre ülkelerden başarılı ve eğitimli kişileri sisteme dahil ederek olası muhalefeti içeriden yumuşattığına, sisteme dahil edilen bu kişilerin sistemi değiştirmek bir yana hegemonyanın devamına katkı sunar hale geldiğine dikkat çekmektedir. Çevre ülkelerden gelen yetenekli bireyler uluslararası örgütlerde yer aldığında, sistem onları dönüştürmekte ve radikal değişim gizil güçlerini yok etmektedir.

ICSID, üyelerine önemli avantajlar sunmaktadır. ICSID'e Üye Devletler ve bu Devletler'in vatandaşları, ICSID Sözleşmesi ve Ek Hizmet kapsamında yatırım anlaşmazlıklarının çözümünde ICSID ve Sekretaryadan faydalanmaktadır. Ayrıca Üye Devletler ICSID'e İdari Konseydeki temsilcilikleri aracılığıyla katılmakta, ICSID Hakemler ve Uzlaştırıcılar Panelleri için aday gösterebilmekte ve ICSID Sözleşmesi amaçları doğrultusunda görevlendirmeler yapabilmektedir (Uluslararası Yatırım Anlaşmazlıkları Çözüm Merkezi [ICSID], t.y.b). ICSID Sekretaryası farklı milliyetlerden oluşan yaklaşık 70 kişilik bir kadrodur (Uluslararası Yatırım Anlaşmazlıkları Çözüm Merkezi [ICSID], t.y.c). ICSID bünyesinde veya uluslararası tahkim sürecinde de çevre ülkelerden gelen hukukçular, yatırımcı temsilcileri veya uzmanlar yer almakta ve böylelikle sisteme katılmaktadır. ICSID yapısı ve uluslararası tahkim sistemi onları mevcut kurallar çerçevesinde çalışmaya yönlendirmekte, ICSID'in kuruluş amacına uygun şekilde onlara yatırımı destekleyen roller yüklemektedir. Bu kişilerin ülkelerine döndüklerinde, ICSID bünyesinde uzmanlaşmalarının bir sonucu olarak ÜKF uygulamaları dahil olmak üzere uluslararası tahkim dostu mevzuat veya yatırım ortamının iyileştirilmesine yönelik reformlar ile ilgili çalışmalar yürütmeleri muhtemeldir. ICSID, ÜKF uygulanmasına imkân sağlayan düzenlemeleri ile devletlere karşı açılan davaların finansmanını sağlayarak bu sistemi canlı tutmakta ve yatırımcı için daha uygun hale getirmektedir. ÜKF, Brănici'nin (2025, s. 39-42) işaret ettiği üzere finansörlerin uzman personelini de uzmanlar ve hakemler konusunda tavsiyelerde bulunma, mevcut avukatın iddiayı başarıyla tahkim edebilecek beceri ve deneyime sahip olmadığı anlaşılırsa müvekkilin yeni bir avukat tutmasına yardımcı olma dahil olmak üzere stratejik kararlara katkı sağlama şeklinde tahkim sürecine dahil etmekte ve bu kişileri de hegemonyanın devamına katkı sunar hale getirmektedir.

Cox (1996b, s.139-140), uluslararası örgütlerin zengin ve güçlü merkez ülkelerin çıkarlarına ve onların egemen sınıflarına bağlı olmaları, çevre ülkelerle ilişkilerinin ise yüzeysel ve sınırlı kalması nedeniyle radikal hareketlerin ya da Üçüncü Dünya ülkelerinin uluslararası örgütleri kontrol etmelerinin güç olduğunu, kontrol etseleler dahi bu örgütlerde değişim yaratamayacaklarını dolayısıyla uluslararası örgütleri ele geçirerek dünya düzenini değiştirmenin mümkün olmadığını değerlendirmektedir.

ICSID'ı kuran ICSID Sözleşmesi, Dünya Bankası'nın uluslararası yatırımı teşvik etme amacı doğrultusunda Dünya Bankası İcra Direktörleri tarafından hazırlanmıştır. ICSID uluslararası yatırım uyuşmazlıklarının çözümü konusunda dünyanın önde gelen kuruluşu olup uluslararası yatırım davalarının çoğu ICSID tarafından yönetilmektedir. ICSID çoğu uluslararası yatırım anlaşmasında ve çok sayıda yatırım yasası ve sözleşmesinde devletler, tarafından yatırımcı-devlet uyuşmazlıklarının çözümü için bir forum olarak kabul edilmektedir (ICSID, t.y.a). Dolayısıyla radikal hareketlerin ya da Üçüncü Dünya ülkelerinin ICSID'ın kontrolünü ele geçirmesi mümkün görünmemektedir. Bu çerçevede ICSID'ın yapısı Cox'un (1996b, s.139-140) değerlendirmesi ile uyumludur. Uluslararası tahkimde ÜKF, uyuşmazlık sürecinde büyük finans kuruluşlarını devreye sokmaktadır. Bu da uluslararası tahkimi küresel finansın kâr alanına dönüştürmektedir. ÜKF ile finans kuruluşları uluslararası tahkimi kâr fırsatına çevirmekte, bu sayede az kaynaklı yatırımcılar dahi devletlere karşı dava açabilmekte, daha güçlü sermaye aktörlerinin desteği ile açılan uluslararası tahkim davaları Üçüncü Dünya ülkelerini uyum sağlamak zorunda bırakmakta, kendi kurallarını ortaya koymaları ve düzeni değiştirmeleri önünde engel oluşturmaktadır. Anlaşılmaktadır ki ICSID, ÜKF ile ilgili düzenlemeler getirerek hegemonik yapıyı güçlendirmektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Cox'un Gramsci'den esinlenerek ortaya koyduğu uluslararası düzeyde hegemonya yaklaşımına göre hegemonya sadece zor veya ikna ile değil, örgütler, hukuk ve fikirler aracılığıyla yeniden üretilmektedir. Cox'a göre uluslararası örgütler tarafsız değil, hegemonik düzenin çıkarlarını ve meşruiyetini koruyan kurumsal araçlardır. Bu yapılar ürettikleri normlarla küresel kapitalist ilişkilerin sürmesine hizmet etmekte ve neoliberalizm altında piyasa merkezli dünya görüşünün yerleşmesinde önemli rol oynamaktadır (Cox, 1996b, s.124-138). Neoliberalizmin belirgin şekilde kurumsallaştığı alanlardan biri olan uluslararası tahkim ÜKF uygulaması ile hukukî uyuşmazlıkları, sermaye birikimi ve finansal risk yönetiminin bir parçası haline getirmiştir. Cox'un uluslararası düzeyde hegemonya yaklaşımıyla irdelendiğinde, uluslararası tahkimde ÜKF'nin neoliberal düzenin hukuk alanındaki bir yansıması olduğu görülmektedir çünkü ÜKF hukukun işlevini piyasa değerleri doğrultusunda yeniden tanımlamaktadır. ÜKF'nin yaygınlaşmasında uluslararası tahkimin ve uluslararası tahkimde ÜKF'nin yaygınlaşmasında uluslararası örgütlerin rolü belirgindir. ICSID ve benzeri tahkim kurumları, yatırımcı haklarını koruma amacı doğrultusunda ÜKF'nin meşruiyetini güçlendiren düzenlemeler oluşturmuştur. Nitekim ÜKF, ICSID odaklı irdelendiğinde ICSID'in uluslararası tahkim mekanizması içinde ÜKF'ye ilişkin düzenlemeleriyle küresel ekonomik düzenin ihtiyaçlarına uyumlu bir işleyiş sergilediği ve ÜKF'yi uluslararası yatırımı teşvik etme amacı doğrultusunda hegemonik yapıyı güçlendiren bir araç haline getirdiği görülmektedir. ÜKF uluslararası tahkimi küresel finans piyasasının bir parçasına dönüştürmekte, güçlü aktörlerin etkisini artırmakta ve Üçüncü Dünya ülkelerinin kendi kurallarını koyma kapasitesini sınırlamaktadır. ÜKF, uluslararası örgütlerin aracılığıyla küresel sermaye birikiminin sürekliliğini sağlayan hegemonik bir mekanizmadır. Dolayısıyla ICSID'ın ÜKF uygulamalarına ilişkin düzenlemeleri, uluslararası örgütlerin hegemonik düzeni sürdürme konusunda oynadığı rolün güncel bir örneğini oluşturmaktadır. Bu çerçevede çalışmada ÜKF'nin uluslararası tahkimde neoliberal düzenin hukuk alanındaki bir yansıması olduğu ve uluslararası örgütler eliyle mevcut uluslararası düzenin hegemonik yapısının yeniden üretiminde rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Alonso, J. M. (June 13, 2017). The globalization of international arbitration. Global Arbitration News. https://globalarbitrationnews.com/the-globalization-of-international-arbitration/. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

Alvarez, J.E. (2005). International organizations as law-makers. Oxford: Oxford University Press.

Barnett, J., Macedo, L. ve Henze, J. (January 5, 2021). Third-party funding finds its place in the new ICC rules. Kluwer Arbitration Blog. https://legalblogs.wolterskluwer.com/arbitration-blog/third-party-funding-finds-its-place-in-the-new-icc-rules/. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

Brabazon, H. (2017). Neoliberal legality. H.Brabazon (Ed.). *Understanding the role of law in the neoliberal project* içinde. Oxon: Routledge.

Brănici, M. (2025). Advantages and disadvantages of third party funding of judicial proceedings. European financial resilience and regulation (37-49). DOI:10.47743/eufire-2024-1-4. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

Byrnes, A., Hayashi, M. ve Michaelsen, C. (2013) Introduction. A.Byrne, M. Hayashi ve C. Michaelsen (Ed.). *International law in the new age of globalization* içinde (1-8). Leiden, Boston: Martinus Nijhoff Publishers.

Cox, R.W. (1996a) Global perestroika. R. W. Cox, T. J. Sinclair (ile) *Approaches to world order* içinde (296-313). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Cox, R.W. (1996b) Gramsci, hegemony, and international relations: An essay in method (1983). R. W. Cox, T. J. Sinclair (ile) *Approaches to world order* içinde (124-143). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Dubash, S. (Mar 14, 2024). Developments in key jurisdictions show third-party funding integral in international arbitration, Pinsent Masons. https://www.pinsentmasons.com/out-law/analysis/developments-jurisdictions-third-party-funding-integral-international-arbitration. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

Geisker, J. ve Luff, D. (February, 10 2020). The third party litigation funding law review 3rd edition, Claims Funding Australia. https://www.claimsfunding.com.au/news-and-insights/the-third-party-litigation-funding-law-review-3rd-edition/. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

Grec, A. (4 October 2024). Introduction to third-party litigation funding and arbitration -part 1, Daily Jus, https://dailyjus.com/legal-insights/2024/10/introduction-to-third-party-litigation-funding-and-arbitration. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

Hall,S., Lumney, B. ve McLennan, G. (1985). *Siyaset ve ideoloji: Gramsci.* (Çev: Sadun Emrealp). Ankara: Birey ve Toplum Yayınları.

International Bar Association [IBA]. (2024). Guidelines on conflicts of interest in international arbitration approved by the IBA council, 25 May 2024, https://www.ibanet.org/document?id=Guidelines-on-Conflicts-of-Interest-in-International-Arbitration-2024. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

International Centre for Settlement of Investment Disputes [ICSID]. (2022). ICSID arbitration rules 2022, https://icsid.worldbank.org/sites/default/files/Arbitration_Rules.pdf. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

International Centre for Settlement of Investment Disputes [ICSID]. (t.y.a). About ICSID. https://icsid.worldbank.org/about. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

International Centre for Settlement of Investment Disputes [ICSID]. (t.y.b). About ICSID. https://icsid.worldbank.org/about/member-states. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

International Centre for Settlement of Investment Disputes [ICSID]. (t.y.c). About ICSID. https://icsid.worldbank.org/about/secretariat. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

Kalb, D. (2000). Localizing flows: power, paths, institutions, and networks. D. Kalb, M. van der Land, R. Staring, B. van Steenbergern ve N. Wilterdink (Ed.). *The Ends of globalization* içinde (1-29). Lanham, Maryland: Rowman&Littlefield Publishers.

Li, X. (2024). Third-party funding in international arbitration: an analysis of policy challenges and practical considerations. Beijing Law Review, 2024, 15, (295-308) https://www.scirp.org/journal/blr. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

MacKenzie, D. (2010).A world beyond borders: An introduction to the history of international organizations. Vol.1. University of Toronto Press.

Malaviya, R. (2024). Concept of globalisation, history, meanings, and debates. N.Jindal ve K. Kumar (Ed.). *Understanding globalisation challenges and prospects* içinde (1-9). London&New York: Routledge.

Qtiashat, K.S. ve Qtaishat, A.K. (2019). Third Party Funding in Arbitration: Questions and Justifications (Author's personal copy). Int J Semiot Law https://doi.org/10.1007/s11196-019-09635-2. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

Sinclair, T.J. (1996) Beyond international relations theory: Robert W. Cox and approaches to world order. R. W. Cox, T. J. Sinclair (ile) *Approaches to world order* içinde (3-18). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Sweify, M. F. (2023). *Third party funding in international arbitration, a critical appraisal and pragmatic proposal*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

World Bank Group. (t.y.). Prologue: BrettonWoods-Genesis of the World Bank. https://thedocs.worldbank.org/en/doc/634901541019944926-0340022018/original/70yearsprologue.pdf. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

Zaritsky, D. (December, 1982). Gramsci's theory of hegemony. Department of Political Science, McGill University, Montreal (A thesis sumitted to the Faculty of Graduate Studies and Research İn partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Arts). https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/. Erişim tarihi: 10 Kasım 2025.

IoT BASED ANOMALY DETECTOR IN A KITCHEN

Dr. Hasan OYLUM
Doğu Akdeniz Üniversitesi,Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilişim Sistemleri ve Teknolojileri
ORCID: 0000-0002-8816-9139

Dr. Alper DOĞANALP
Doğu Akdeniz Üniversitesi,Bilişim Teknolojileri Meslek Yüksek Okulu, Elektrik ve Elektronik Teknolojisi
ORCID: 0000-0003-4473-4228

ABSTRACT
The kitchen is one of the most important rooms in our homes and it is essential to protect it. Although today's technologies take many precautions for smart kitchens, we should increase this, especially in regions where power outages are common. One way to achieve this is to use IoT based applications that are solutions to many real-time applications. Monitoring abnormalities in the kitchen is a matter that everyone should take into account, so the study here is a step towards taking precautions, as the kitchen is the place where accidents are most likely to happen. This paper introduces Wemos D1R1 microcontroller, a variety of sensors (DHT11, MQ135, PIR and Flame), a display, a buzzer , two relays and a special electronic circuit that detects AC mains interruption such that all working together to create a novel smart kitchen system. The Wemos D1R1 serves as a controller, collecting information from the sensors and special electronic circuit for AC mains interruption, exchanging messages with the user via the screen, sounding alarms via the buzzer and informs users by notification via mobile and e-mail. DHT11 sensor for temperature and humidity monitoring, MQ135 sensor for gas detection, Flame sensor for detection flame or fire, PIR sensor for the intruder detection, and a buzzer for alerts were used. The controller switch off the solenoid gas valve when the air quality exceeds the adjusted limit. Also the user can switch on or off the electrical heater at any time from the mobile screen. None of the authors relating smart kitchen so far have interest either the existence of AC mains or the interruptions in the kitchen. Also nobody interested what will happen to the real time monitoring whenever we have lack of supplied energy to the system. The major contributions of this project are showing the existence of AC mains, showing how many times interruption occurs and sending real time notification to the user while monitoring the other parameters under the worst case conditions if it is takes place. Another important benefit is that the energy is supplied to the designed system by the uninterrupted power supply (UPS). So this provides a live monitoring and detection of anomalies in the kitchen without interruption. The use of such a system will have a major impact on the security, visibility and accessibility of the smart kitchen.
Keywords: Internet of Things (IoT); smart kitchen; monitoring system, Blynk Application.

INTRODUCTION
The human intervention has been significantly reduced by the use of IoT devices. This technologies are helping us to get better monitoring control and faster responses. IoT is always one step ahead by connecting the smart objects to the internet, since the human machine interaction is increasing day by day. By the use of IoT technology as a centralized network various interconnected devices can be set up. The IoT type centrelasized network topology will help us to get more data gathered from the sensors in real time.

Today IoT is used in all major and minor fields, for example, home automation, smart greenhouse, smart hospital, smart kitchen etc. [1]-[4]. Basic kitchen appliances can be controlled from any place with the help of devices like NodeMCU, Wemos D1R1, Raspberry PI, ESP8266, mobile application through the internet connection. All of this are managed by the smartphone applications through which the smart kitchen application is regulated with the aid of the internet.

The smart kitchen monitoring system which makes the use of IoT technology, is extremely important for the improvement of kitchen safety. A smart kitchen that cannot be connected to the internet due to the power outage is an undesirable situation. A project is proposed based on the creation of an IoT prototype for the control, monitoring and security of a smart kitchen. The opto-coupler circuit is used to detect whether there is AC mains in the kitchen with an external interruption supplied to the microprocessor. Thus, the microprocessor is informed about the presence of energy. The project also incorporates certain sensors such as PIR sensor, DHT11 sensor, MQ135 sensor and Flame sensor. For IoT cloud the Blynk Application is used. For the Android and IOS devices to monitor any IoT based application using Smartphones Blynk application is used. This gives us the opportunity to create our graphical user interface for our IoT applications. Thus, we can control the hardware using the mobile device from the designed interface. The gathered information is transmitted to the Blynk by the Wemos D1R1 microcontroller with its wireless networking capabilities. So that users while monitoring safety can control the kitchen from a remote location. The designed system sends notification and alert via the e-mail and mobile in real time to the user. This project is especially important in applications where there are frequent power outages and where it is desired to be informed about this.

BACKGROUND AND MOTIVATION

Many research and projects have been done on smart kitchen. S. Banka et al. introduces the NodeMCU (ESP8266) microcontroller, a variety of sensors (including the DHT11, MQ135, and PIR), a display, and a buzzer all working together to create a smart kitchen system [5]. They used the IoT benefits to enhance the kitchen's existing safety standards. They used Blynk cloud app to notify the user in alarm cases.

D. K. Shat et al. discussed in their researches how to ensure the safety, affordability, accessibility, and sustainability of smart kitchen [6]. The proposed system includes ESP8266-01 (Wi-Fi module), DHT11, MQ-135, IR Flame sensor and ESP32 Cam. ESP32 Cam was only recording the kitchen and these records were using later for security purpose. Similarly data gathered from the sensors were sending to Blynk app.

F. Nugroho et al. used their research our distinct sensors and Arduino UNO. The aim of the research is to prototype a kitchen security system using IoT. The aim of this study is to create a system that can continuously monitor and send various information about the status of the kitchen. The results show that the system can work according to the desired specifications [7].

B. Bharti et al. highlight the many features of the IoT and their relevance in the smart kitchens [8]. They design helps to minimize the number of accidents like gas leakage, over water flow etc.

M.L. Saini et al. proposed a smart fire detection and control system that uses temperature, smoke, flame, LDR, and MQ2 sensors to determine the fire's speed and intensity [9]. The system will trigger an alarm and send a notification to the fire control centers via the Blynk cloud.

H. Pudugosula used an Arduino UNO and Wi-Fi module in his researched [10]. The best explanation of each and every module have been done. ESP8266 Wi-Fi module is used to provide commands to control the system. The main purpose of the research is that to identify, address the safety of kitchen.

C A. Ul Hassan et al proposed a smart kitchen that based on IoT that includes automation and monitoring [11]. In this project, temperature, humidity and gas leak level of the kitchen are detected by the related sensors. If the gas leakage in the kitchen exceeds the pre-set level it notify the user. This system by using a mobile phone also allows the user to remotely control appliances such as freezers, ovens, and air conditioners.

In all the given previous paper, many research paper tells about the data that gathered by sensors like flame sensor, PIR sensor, gas sensor, moisture sensor are monitored and used to sending notification when limits are exceeding. None of the given articles have expressed any opinion on how to monitor and how to control the smart kitchen when there is no AC mains in the kitchen. This is especially vital in regional settlements where electricity is frequently cut off. No one has suggested a technical method for this and no method has been developed. This paper establishes the groundwork for this issue.

IMPLEMENTATION

Figure 1 represents the schematic diagram of the described system. The AC mains energy is supplied to the ADSL or VDSL splitter and power supply of Wemos D1R1 by the output of UPS. The developed system continuously measuring temperature, humidity, air quality, flame, the presence of the intruder person and AC mains interruption signal. Then this information is uploaded to the Blynk application. Even when there is no power in the kitchen, the sensor parameters in the kitchen are transmitted to the user without interruption and showing also by the I2C LCD display at the kitchen.

The system continuously monitoring the smart kitchen parameters. For example a pre-set value is assigned for gas sensor such that if there is any variation in data gathered from the sensors exceeds the pre-set value some actions can be carried out automatically. For example relay and buzzer can be used for controlling purposes of the smart kitchen parameters. For example, if the air quality index exceeds the threshold value, which is currently set at 400, then the system notifies the user through Blynk app and sending e-mail and solenoid gas valve is closed for the security purposes. In addition to that if AC mains signal interruption is detected by the opto-coupler circuit, a notification is sending to the user in real time through Blynk app. The user knows the presence of AC mains at kitchen and the number of AC mains interruption in a day though Blynk app. Also all the data gathered by the sensors and the presence of AC mains are displayed by 20x4, I2C LCD display. Water can be heated at any time via Blynk app mobile by turning on the heater for the kitchen or for the other purposes. The Network Time Protocol (NTC) is used throughout the project for getting date and time instead of using Real Time Clock (RTC) module.

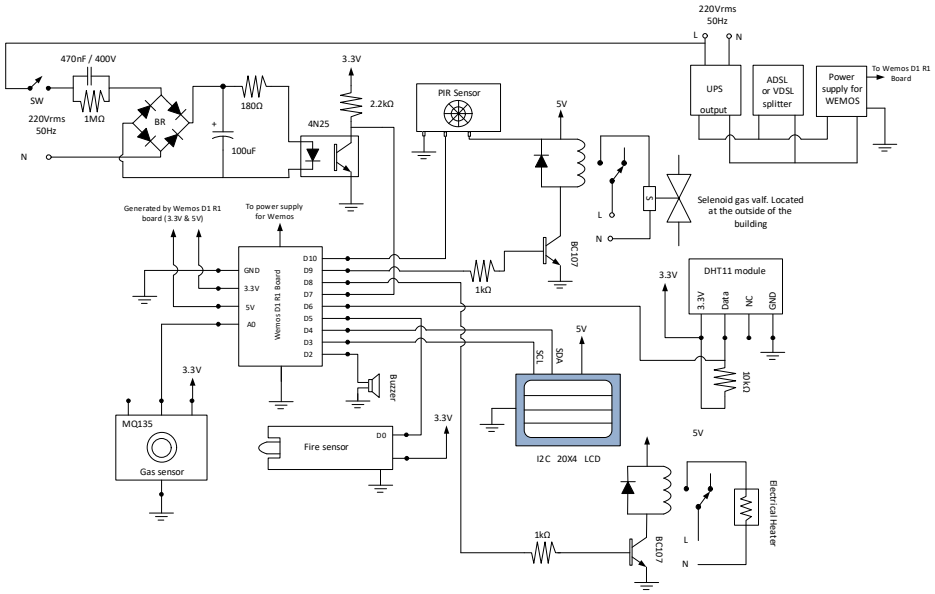


Fig. 1 The schematic diagram of the described system

The main components used in this circuit are WeMos D1R1 (wifi module), DHT11, MQ-135, IR Flame sensor, PIR sensors, buzzer, two relay module, 20x4 I2C LCD display and an opto-coupler circuit for detecting the AC mains interruption.

A. Hardware Design of System

As it is shown in Figure 2, the WeMos D1R1 is a Wi-Fi-enabled microcontroller unit based on the ESP8266-12 in the Arduino-UNO footprint of the IoT development board. This means that the board looks and functions (in most cases) like a UNO. The boards use the impressive ESP8266 Wi-Fi chip instead of an ATMEGA chip used by standard Arduino boards. Several shields, sensors, and output devices made for the Arduino platform works on the WeMos-D1R1 with the added benefit of built-in Wi-Fi.

Figure 3 shows all the sensors that are used through the designed system. The DHT11, Fig.3 (a) is a sensor that measure temperature and humidity. DHT11 is factory calibrated so that this makes it easy to use with microcontrollers. The temperature and humidity range for DHT11 is from 0°C to 50°C and humidity from 20% to 90% with an accuracy of ±1°C and ±1% [12]. The WeMos D1R1 microcontroller receives data from the DHT11 sensor, which determines the temperature and humidity of the kitchen.



Fig.2 Wemos D1 R1 proto board



(a) DHT 11 (b) KY-026 (c) HC-SR501 (d) MQ135

Fig.3 All the sensors that are used through the designed system

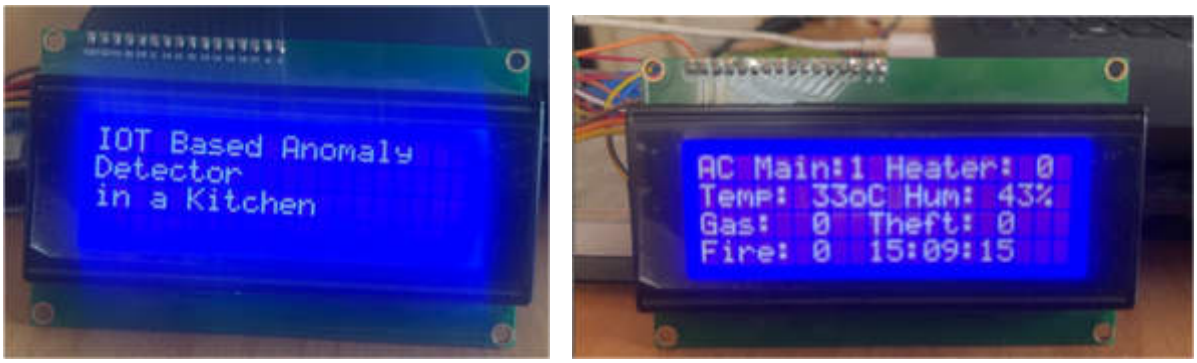
The IR Flame Sensor module, Fig.3 (b), is used to detect an open flame by detecting light that is in the infrared spectrum as produced by an open flame [13]. This sensor module is basically used to detect an open flame in the kitchen. It has both an analog output and a digital output with sensitivity adjustment on the module. Here its digital output is used. Normally its output is LOW. When an open flame is detected by the sensor, the output goes to HIGH.

The passive infrared sensor (PIR), Fig.3 (c), **is** used to determine whether or not someone is present in the kitchen [13]. It is also called as motion sensor. Basically it is an electronic device which senses motion using a pair of pyroelectric sensors to detect heat energy in the surrounding environment. Normally its output is LOW. When an intruder is detected by the sensor, the output goes to HIGH.

The MQ135, Fig.3 (d), is one of the popular gas sensors from the MQ series of sensors that are commonly used in air quality control equipment [15]. MQ135 gas sensor has high sensitivity to ammonia gas, sulphide, benzene series steam, also can monitor smoke and other toxic gases as well. It has got both digital and analog output. The Analog output pin of MQ135 can be used to measure the parts per million (ppm) value of the required gas or just determines the quality of the air. Here, gas sensor module is used for air quality and need not be calibrated. Hence it is extremely simple to use.

We often wonder if there is electricity at home. If there is a power outage in the country and there are multiple power outages, we may want to know how many times the electricity was cut off. Perhaps we also want to know when it was cut off. We may want to be get notification, either through mobile or by e-mail. So that D7 pin of Wemos D1R1 is used for that purposes for detecting the interrupts of AC mains. In other words this pin later will be used for interrupt purposes though the software.

The parameters for temperature and humidity are displayed by its real integer value and presence of AC mains, gas alarm, fire alarm, heater state and intruder person are all displayed on the 20x4 I2C LCD display as number 1 or number 0. Figure 4 shows the screen shoot of 20x4 I2C LCD display of the designed system during the operation. Fig.4 (a) shows the screen shoot during the setup. In fig.4 (b) number 1 represents the presence and number 0 represents the absent of event that represents.



(a) **(b)**

Fig. 4 The screen shoot of 20x4, I2C LCD display of the designed system during the operation

B. Software Design of System

Software that are used in this system is Arduino IDE and Blynk app web server. For programming an Arduino UNO, Arduino IDE is used which is an Integrated Development Environment. This software is developed by Arduino. By using this IDE, several components like NodeMCU is programmed.

Blynk application is available on iOS and android. Blynk is a platform that allows us to control microcontrollers such as Arduino and Raspberry Pi. Blynk is designed for the internet of things. It can remotely control connected hardware, read sensor data, visualize data, and store it. The information and data collected by the sensors are passed to the WemosD1R1, which can pass the information to the Blynk application. This is achieved by including the Blynk codes into the Arduino code where all the data are retrieved sent to the Blynk channel.

EXAMINATION OF THE PROPOSED SYSTEM AND RESULTS

An IoT-based anomaly detector prototype with a gas, flame, intruder person, temperature and humidity sensors and AC mains interruption is being proposed. The required operating energy for the sensors and ADSL or VDSL splitters are supplied by the UPS system as it is shown by Fig.1. So that in the event of power outage in the kitchen the proposed system will continue to work.

The 4N25 phototransistor coupler circuit is used to detect the presence of AC mains. When AC SW is open phototransistor is at cut off state and D7 pin of Wemos D1R1 is at 3.3V. When AC SW is closed phototransistor is driven from cut off state to saturation state and D7 pin of Wemos D1R1 is at 0V. So that AC signal is isolated from the microprocessor and the D7 pin is pulsating. This pin is used for interrupt purposes though the software.

Interrupts allow detecting changes in GPIO state without having to constantly check the current value of the GPIO. When an interrupt occurs on the GPIO pin the Interrupt Service Routine (ISR) is invoked.

The ISR service for the ESP8266 looks like below.

```
void ICACHE_RAM_ATTR ISR( )
{
        Statements;
}
```

ISRs in ESP8266 are special kinds of functions that have some unique rules that most other functions do not have [15]. ISRs need to have ICACHE_RAM_ATTR.The compiled code ICACHE_RAM_ATTR is placed in the ESP8266's Internal RAM (IRAM). Otherwise the code is kept in Flash. And Flash on ESP8266 is much slower than internal RAM.

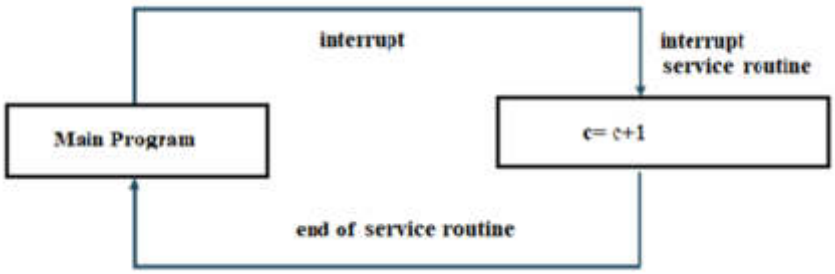


Fig. 5 Interrupt service routine

When an interrupt happens, as it shown in Fig.5, the WemosD1R1 stops the execution of the main program to increase the variable c by one. Here the variable c is used to hold the number of AC mains interruption and presence of AC mains on the I2C LCD display and on the mobile application of Blynk.

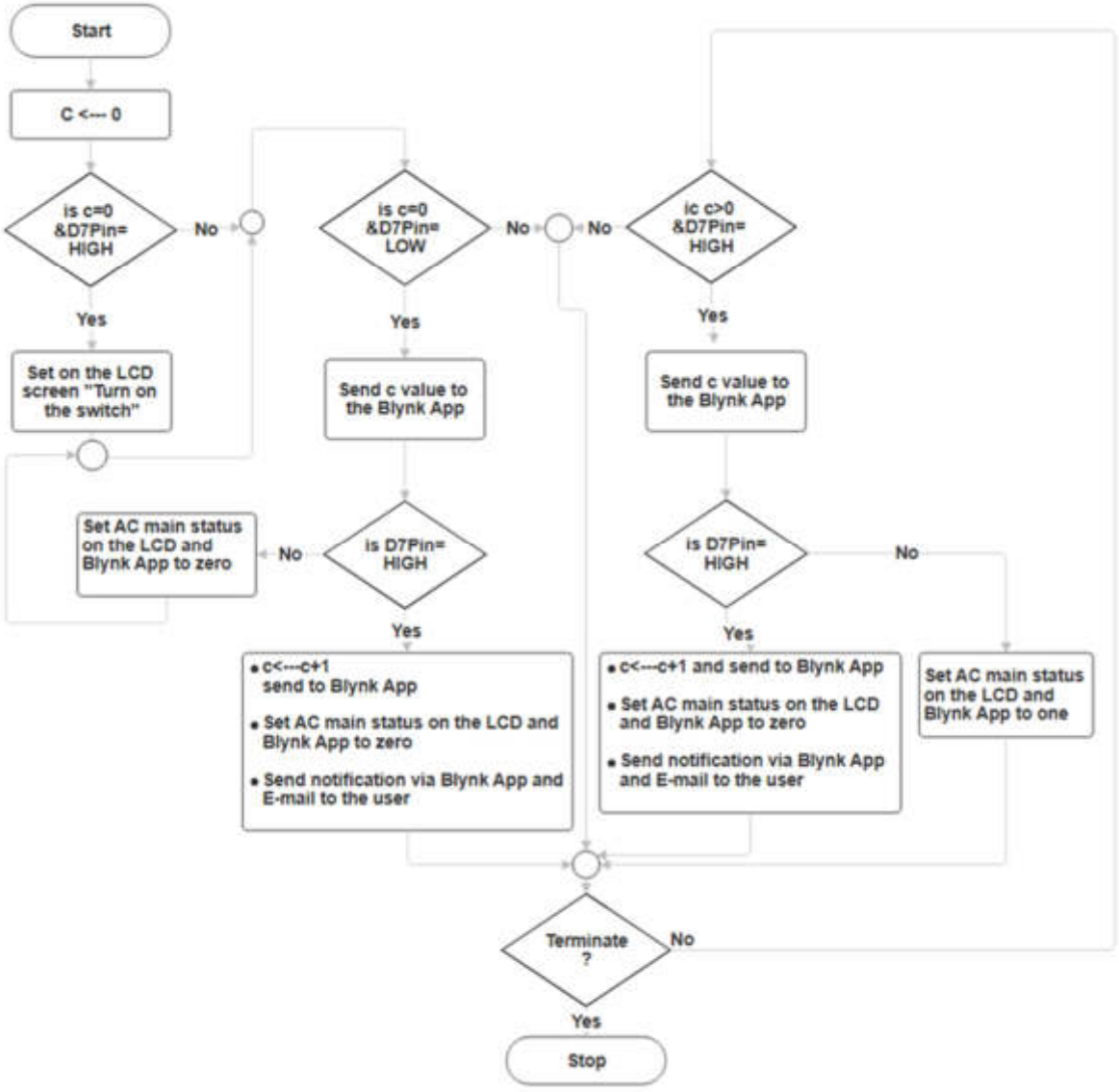
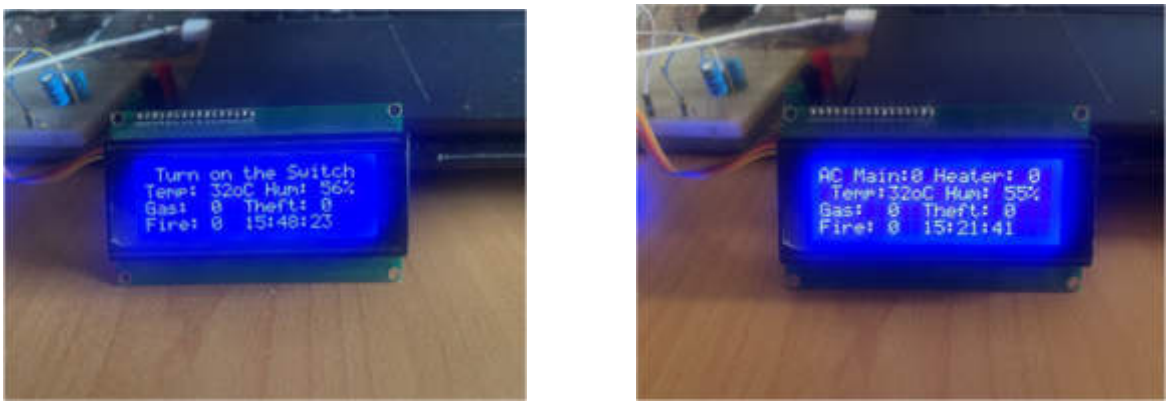


Fig 6 Flow diagram for the AC mains interruption and control system

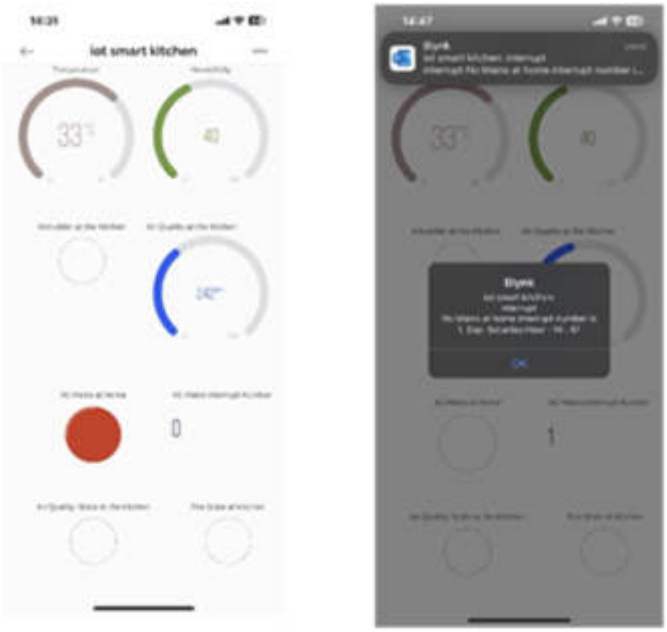
As it is seen from the flow diagram of Fig 6, when initially c=0 and D7 pin=High it is asking the user to switch on the AC mains switch. This prompt, see Fig.7 (a), is showing on LCD. If we have no any AC mains interruption at pin D7, e.g., pin D7=LOW, after the closing of AC mains switch the c value as zero is sent to the Blynk app and status of AC mains both on the LCD and Blynk app set to one, see Fig.4 (b) for the LCD and Fig 8(a) for the Blynk app on the mobile.

If we have a AC mains interruption at pin D7,e.g. pin D7=HIGH, the c value is sent as one to the Blynk app and status of AC mains both on the LCD and Blynk app set to zero, see Fig.7(b) for the LCD and Fig 8(b) for the Blynk app on the mobile. User, see Fig 8(b), will receive alert notifications and e-mail via Blynk Cloud in real time.



(a) Prompt: Before turning on the switch. (b) The state of AC mains after the interruption

Fig.7 I2C LCD screen AC mains



a) Mains presence in the kitchen (b) No mains and first mains interruption in the kitchen

Fig 8. Blynk dashboard result for the AC mains

DHT11 sensor is used in many applications to detect temperature and humidity. The output data of DHT11 is in the form of digital output. It is very easy to use it but its measuring limit is only up to 50 °C [12]. MQ-135 is a sensor that measures air quality by detecting gases such as smoke, CO2, NH3, alcohol vapor, benzene in the environment. It may not be sufficient in industrial applications, but it is suitable for use in places such as homes and offices. MQ-135 is used as a sensor to detect LPG gas leaks in the smart kitchen. The sensitivity of the sensor can be adjusted with its potentiometer. When the sensor detects a gas leakage, the sensor's conductivity increases depending on the amount of gas concentration detected. The predetermined threshold value within the software e.g., the level of pollution in the air is set to 400. So that the alarm will be activated when the level of pollution in the air is more than the predetermined threshold value. If this is happens pin D9 will be activated to close the solenoid gas valve.

The IR flame sensor in the system functions as a fire detector. It detects fires based on the infrared wave spectrum generated by the fire. The flame sensor sensitivity can be done by adjusting the potentiometer on the sensor. When there is a fire in the kitchen, the alarm is activated.
The PIR sensor serves to determine the presence of intruders in the kitchen. This sensor determines the presence of human activities based on the infrared emission from the human. When there is intruder in the kitchen, the alarm is activated.
All the gathered information is delivered in the form of data on temperature, humidity, air quality, intruder person, fire and presence of AC mains from the Wemos D1R1 to the Blynk app. In this system, the Wemos D1R1 serves as the controlling center, processing all sensor data and using it as a reference for the next action. Users will receive alert notifications and e-mail via the cloud messaging service when Blynk Cloud is used for alert notifications. Figure 9 shows the flow diagram for the alarm detection and control system.

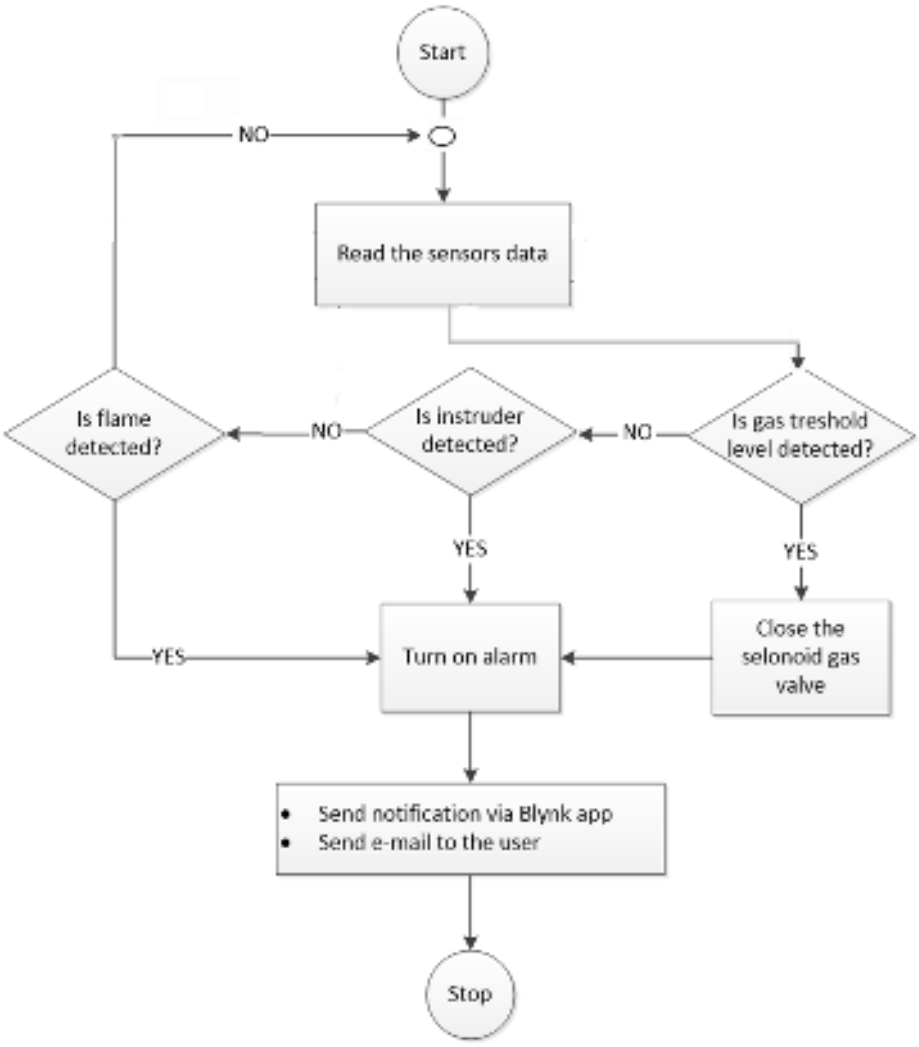
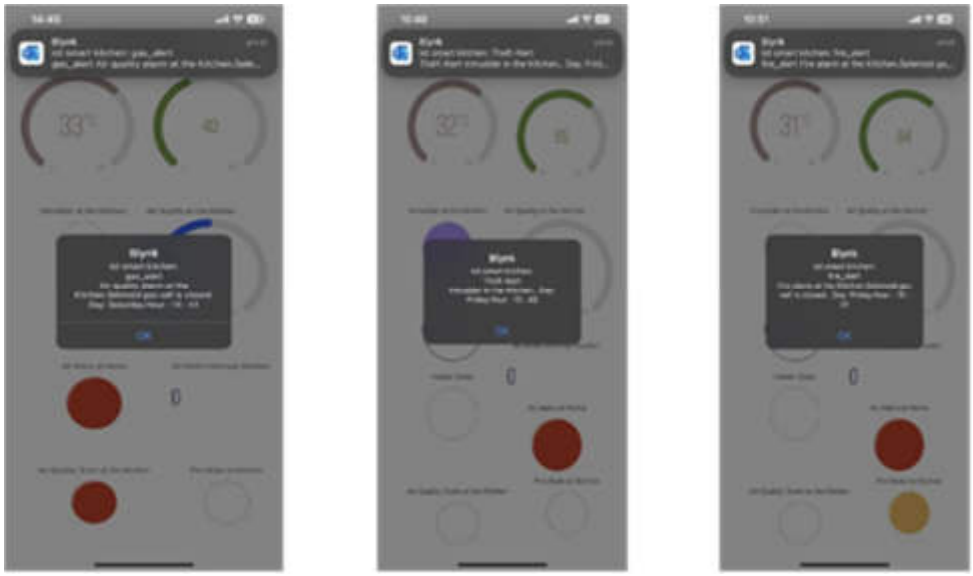


Fig. 9. Flow diagram for the alarm detection and control system.

As mentioned in the flow diagram, Fig.9, represents when the flame detection, intruder in the kitchen and air quality in the surrounding of kitchen has been crossed the threshold how alarm and control action will be taken through the system. Figure 10 shows Blynk dashboard notification and e - mail results for the sensor outputs. Figure 11 shows the state changes of all sensor outputs on the I2C LCD.



(a) Gas alert (b) Intruder person alert (c) Fire alert in the kitchen

Fig 10. Blynk dashboard notification results for the sensor outputs.



Fig.11. I2C LCD results for the sensor outputs of intruder and fire alerts respectively.

CONCLUSION

The main purpose of the work carried out here is to provide users with access to sensor data in an environment where there is no electricity, both in the kitchen and in places away from the kitchen, with the help of a secure internet access, and to warn them in case of undesirable situations. All the modules of the system except opto-coupler circuit input having energy from the UPS. Since the elements used here are low-power, 1kVA UPS ensures that the system operates for long periods of time in case of power outage. The important design parameters for the systems are safety, cost-effectiveness, accessibility, and durability. Even from a place far from the smart kitchen the proposed project here is easily controlled and monitored over the internet at any time. In case of fire or gas leak, system is closing the gas valve and provides a notification in the form of alarm, as well as information to be sent via e-mail, or in-app notification on a smartphone, as it is seen from the proposed system that all sensor state and AC mains information about the condition of the smart kitchen can monitored and send continuously, even though we are in a place far from the kitchen. Therefore, this system is highly effective, economical, accessible and user-friendly.

REFERENCES

[1] B. Liu, “Wireless Sensor Network Applications in Precision Agriculture,” Journal of Agricultural Systems, Technology, and Management, vol. 29, pp. 25-37, 2018.

[2] V. S. Gunge and P. S. Yalagi, “Smart home automation: a literature review,” International Journal of Computer Applications, vol. 975, no. 8887-8891, 2016.

[3] Nugroho F. ve Pantjawati A. B. Automation and Monitoring Smart Kitchen Based on Internet of Things (IoT), IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, doi: 10.1088/1757-899X/384/1/012007, 2018.

[4] A. Woll and J. Tørresen, "What is a Smart Hospital? A Review of the Literature," in Human-Automation Interaction: Manufacturing, Services and User Experience, V. G. Duffy, M. Lehto, Y. Yih, and R. W. Proctor Eds. Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 145-165.

[5] S. Banka, B. Kanchanapalli, et al., “Smart Kitchen Monitoring System using IoT Technology,” 2024 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM) 2024, IEEE, doi:10.1109/AUTOCOM60220.2024.10486174.

[6] D. K. Shah, R. Singh, A. Gehlo, “Smart Kitchen: Real Time Monitoring of Kitchen through IoT,” 3rd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM) 2022 IEEE, doi:10.1109/ICIEM54221.2022.9853161

[7] F. Nugroho, A. B. PantjawatiH, “Automation and Monitoring Smart Kitchen Based on Internet of Things (IoT),” International Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISMEE) 2017, doi:10.1088/1757-899X/384/1/012007.

[8] B. Bharti, et al., “Smart Kitchen using IOT,” International Conference on Artificial Intelligence and Smart Communication (AISC) 2023, IEEE, doi:10.1109/AISC56616.2023.10084932

[9] M. L. Saini, et al., “Fire Monitoring and Prevention System Based on the Severity of Fire Using NodeMCU and Cloud,” International Conference on Intelligent and Innovative Technologies in Computing, Electrical and Electronics (IITCEE) 2024, IEEE, doi: 10.1109/IITCEE59897.2024.10467602

[10] H. Pudugosula, “Automatic Smart and Safety Monitoring System for Kitchen Using Internet of Things,” Proceedings of the International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS 2019) IEEE Xplore Part Number: CFP19K34-ART; ISBN: 978-1-5386-8113-8.

[11] https://components101.com/sensors/dht11-temperature-sensor

[12] https://protosupplies.com/product/flame-sensor-module/

[13] https://projecthub.arduino.cc/electronicsfan123/interfacing-arduino-uno-with-pir-motion-sensor-593b6b .

[14]https://robo.com.cy/products/mq135-gas sensor?srsltid=AfmBOoop8y3OebAxraEXP3l6S5vsngERsv_VnM0ztJ-OmWZrS1q5wLMB .

[15] https://lastminuteengineers.com/handling-esp8266-gpio-interrupts-tutorial/

ANTİ NORMLU UZAYLAR

Memet ŞAHİN
Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü
ORCID: 0000-0002-1066-1641

Safaa HALLAK
Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü
ORCID: 0009-0000-0445-9941

ÖZET
Bu çalışma, klasik matematiğin temelini oluşturan mutlak doğruluk anlayışının ötesine geçen ve tamamen yanlışlık veya dıştan tanımlanmışlık durumlarını modelleyen Anti-Normlu Uzaylar adı verilen yeni bir cebirsel yapıyı incelemektedir. Klasik normlu uzaylarda her şeyin içten tanımlı ve doğru (T=1, I=0, F=0) olduğu kabul edilirken, bu yapılar dıştan tanımlanmışlık derecesinin baskın olduğu (T=0, I=0, F=1) durumları ele alır. Anti-Norm kavramı, bir vektör uzayı üzerinde dört temel aksiyom ile tanımlanır. Bu aksiyomlar, klasik normun özelliklerinin tam tersini veya zıddını ifade eder. Örneğin, birincisi, Anti-Norm'un her zaman sıfıra eşit veya sıfırdan küçük olması gerektiğini belirtir. İkincisi, bir elemanın anti-normu sıfır olsa bile, o elemanın uzayın sıfır vektörü olmadığını ya da tam tersine, sıfır vektörün anti-normunun sıfır olmadığını şart koşar. Üçüncü bir aksiyom, skalerle çarpma işleminin bildiğimiz homojenlik özelliğine uymamasını gerektirir. Son olarak, klasik üçgen eşitsizliğinin tersinin geçerli olması; yani, iki elemanın toplamının anti-normu, ayrı ayrı anti-normlarının toplamından daha büyük olmalıdır. Bu aksiyomları sağlayan yapıya Anti-Normlu Uzay denir. Öne sürülen bu yeni uzay türü diğer yapılardan ayrışan, özgün bir alan olarak ön plana çıkmaktadır. Bu yeni yapı içinde, temel topolojik kavramlar da dıştan tanımlanmışlık perspektifiyle yeniden ele alınmıştır. Buna göre, Anti-Normlu Uzaylar'da tanımlanan Anti-Açık Yuvar ve Anti-Kapalı Yuvar gibi kavramlar, klasik uzaylardaki yuvar tanımlarının tersini alarak belirlenmiştir. Ayrıca, bir dizinin bir noktaya Anti-Yakınsaması ve Anti-Cauchy Dizisi olması gibi yakınsaklık kavramları da, bu uzaydaki dıştan tanımlı şartlara göre yeniden formüle edilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Anti-Norm, Anti-Normlu uzay, Anti-Üçgen Eşitsizliği, Anti-Yakınsaklık.

ANTI-NORMED SPACES

ABSTRACT
This study examines a new algebraic structure called Anti-Normed Spaces, which goes beyond the understanding of absolute truth forming the foundation of classical mathematics and models states of complete falsehood or external definition. While in classical normed spaces everything is considered internally defined and true (T=1,I=0,F=0) , these structures deal with situations where the degree of external definition is dominant (T=0,I=0,F=1). The concept of Anti-Norm is defined by four basic axioms on a vector space. These axioms express the exact opposite or reverse of the properties of the classical norm. For instance, the first one states that the Anti-Norm must always be less than or equal to zero. The second one requires that even if the anti-norm of an element is zero, that element is not the zero vector of the space, or conversely, that the anti-norm of the zero vector is non-zero. A third axiom stipulates that the scalar multiplication operation must not comply with the homogeneity property that we are familiar with.

Finally, the inverse of the classical triangle inequality must hold; meaning, the anti-norm of the sum of two elements must be greater than the sum of their individual anti-norms. The structure satisfying these axioms is called an Anti-Normed Space. This proposed new type of space stands out as an original field, distinguishing itself from other structures. Within this new structure, fundamental topological concepts are also revisited from the perspective of external definition. Accordingly, concepts such as the Anti-Open Ball and Anti-Closed Ball defined in Anti-Normed Spaces are determined by taking the inverse of the ball definitions in classical spaces. Furthermore, convergence concepts such as a sequence Anti-Converging to a point and being an Anti-Cauchy Sequence are also re-formulated according to the externally defined conditions in this space.
Keywords: Anti-Norm, Anti-Normed Space, Anti-Triangle Inequality, Anti-Convergence.

KISMİ NÖTROSOFİK METRİK UZAYLAR

Prof. Dr. Memet ŞAHİN
Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü
ORCID 0000-0002-1066-1641

Kübra TURAN
Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü
ORCID: 0009-0006-4507-5497

ÖZET
Metrik uzaylar, matematiksel analiz ve topolojide mesafe kavramını kuramsallaştıran temel bir yapıdır. Klasik metrikler, özellikle bilgisayar bilimleri ve belirsizlik içeren sistemlerde yetersiz kalmaktadır. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için metrik uzay teorisinde çeşitli genellemeler önerilmiştir. Bu çalışma, klasik metriğin d(x,x)=0 aksiyomunu esneterek bir noktanın kendisine olan uzaklığının sıfırdan farklı olabileceği modellere izin veren Kısmi Metrik Uzaylar yapısı ile belirsizliği doğruluk (T), kararsızlık (I) ve yanlışlık (F) bileşenleriyle modelleyen Nötrosofik Kümeler teorisini birleştirerek literatüre Kısmi Nötrosofik Metrik Uzay kavramını kazandırmaktadır. Çalışma kapsamında, bu yeni yapının temel aksiyomları ve özellikleri tanımlanmıştır. Ayrıca, bu yeni uzayda Kısmi Nötrosofik Cauchy Dizisi ve yakınsaklık kavramları tanımlanmış ve yapının matematiksel sağlamlığını kanıtlamak için klasik analizin temel taşı olan Banach Sabit Nokta Teoremi ispatlanmıştır. Bu çalışma, belirsizlik modellemesine yeni bir boyut getirerek, hem teorik matematiğe hem de çok kriterli karar verme (ÇKKV) gibi uygulamalı alanlara temel teşkil edecek yeni bir araç sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle veri iletimindeki gecikmelerin veya anlamsal eşleşmelerdeki hataların modellendiği durumlarda, klasik metriğin yetersiz kaldığı 'sıfırdan farklı kendine uzaklık' olgusunun, nötrosofik belirsizlik parametreleriyle birlikte ele alınması, bu çalışmayı literatürdeki diğer metrik genellemelerinden ayırmaktadır
Anahtar Kelimeler: Kısmi Metrik Uzaylar , Nötrosofik Kümeler , Kısmi Nötrosofik Metrik Uzay, Sabit Nokta Teorisi , Banach Daralma Prensibi.

PARTIAL NEUTROSOPHIC METRIC SPACES

ABSTRACT
Metric spaces provide a fundamental framework for formalizing the concept of distance in mathematical analysis and topology. Classical metrics are insufficient, especially in computer science and systems involving uncertainty. To overcome these limitations, various generalizations have been proposed in metric space theory. This study introduces the concept of a Partial Neutrosophic Metric Space by combining the structure of Partial Metric Spaces, which relax the classical axiom d(x,x)=0 to allow non-zero distance of a point to itselfç with Neutrosophic Sets theory, which models uncertainty using truth (T), indeterminacy (I), and falsity (F) components. Within this study: the fundamental axioms properties of this newly defined space are presented. Furthermore, the concepts of the Partial Neutrosophic Cauchy Sequence and convergence are defined and the Banach Fixed Point Theorem is proven in this new space to establish its mathematical robustness. This work aims to present a novel tool that brings a new dimension to uncertainty modeling, serving as a basis for both theoretical mathematics and applied fields such as Multi-Criteria Decision-Making (MCDM).

This study distinguishes itself from other metric generalizations in the literature by addressing the phenomenon of 'non-zero self-distance,' where classical metrics fall short, particularly in cases modeling data transmission delays or semantic matching errors, using neutrophibic uncertainty parameters.
Keywords: Partial Metric Spaces , Neutrosophic Sets , Partial Neutrosophic Metric Space , Fixed Point Theory , Banach Contraction Principle.

1. GİRİŞ

Matematiksel analiz, Metrik kavramı, modern matematiğin temel yapı taşlarından biri olup, analiz, topoloji ve uygulamalı bilimlerin pek çok alanında merkezi bir rol oynamaktadır Belirsizlik, eksik bilgi ve çelişkili verilerin hâkim olduğu problem alanlarında klasik matematiksel yapılar çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Klasik metrik uzay yaklaşımı, uzaklık kavramını kesin ve deterministik biçimde tanımlayarak güçlü bir analitik çerçeve sunar [6]. Ancak gerçek yaşam verileri çoğu durumda bu düz yapıdan uzak olduğundan, daha esnek mesafe modellerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyacın karşılanmasındaki ilk önemli adım, Zadeh'in bulanık küme teorisini tanımlamasıyla atılmıştır [3]. Bu çalışma yalnızca belirsizliği matematiksel zemine oturtmakla kalmamış, aynı zamanda bulanık uzaklık kavramının geliştirilmesine de zemin hazırlamıştır. Dubois ve Prade'nin bulanık küme işlemleri üzerine yaptığı kapsamlı incelemeler [1] ile Dubois'nin teorinin temellerini sistematik hale getiren eseri [2] bulanık yapıların geniş bir uygulama alanına yayılmasına katkı sağlamıştır. Bulanık metrikler ise ilk kez Kramosil ve Michálek [9] tarafından ortaya konmuş ve daha sonra Gregori ve arkadaşları [10] tarafından çeşitli örnekler ve uygulamalarla güçlendirilmiştir Matthews [8] tarafından tanımlanan kısmi metrik kavramı bir noktanın kendisiyle olan uzaklığının sıfır olmayabileceği özel durumları modelleyerek klasik metrik kavramının önemli bir genellemesini sunmuştur. Sedghi ve arkadaşlarını [11] kısmi bulanık metrik uzayları ele alan çalışması ise bulanık ve kısmi yapıların bir araya getirildiği yeni bir topolojik çerçeve sunmuştur.

Zadeh'in bulanık kümelerinden sonra Atanassov tarafından sezgisel bulanık kümeler [4] geliştirilmiş ve bu yaklaşım doğruluk ile yanlışlık derecelerinin tanımlanması sayesinde daha esnek bir belirsizlik modeli ortaya koymuştur. Bununla birlikte, doğruluk–yanlışlık ikilisine ek olarak belirsizlik derecesini de bağımsız bir bileşen olarak ele alan nötrosofik kümeler Smarandache [5] tarafından tanımlanmıştır. Bu yaklaşım, çelişkili ve eksik bilgiyi aynı anda ifade edebilmesi nedeniyle hem teorik hem de uygulamalı alanlarda geniş yankı uyandırmıştır. Nötrosofik yapılara dayalı olarak, Kirişci ve Şimşek [12] nötrosofik metrik uzay kavramını geliştirmiş. Şahin ve Kargın [13] ise nötrosofik üçlü normlu uzayları incelemiştir. Nötrosofik üçlü grup yapısı Smarandache ve Ali [7] tarafından ele alınmış ve ardından bu yapıların kısmi biçimleri Şahin ve arkadaşları [19] tarafından tanımlanarak nötrosofik triplet kısmi metrik uzaylar literatüre kazandırılmıştır. Ayrıca, nötrosofik triplet g-metrik uzay [20] yapıları da geliştirilerek kavram daha geniş bir sınıfa genelleştirilmiştir. Son yıllarda nötrosofik yaklaşımın karar verme, hukuk, siber güvenlik ve belirsizlik odaklı mühendislik uygulamalarında yoğun biçimde kullanıldığı görülmektedir. Uluçay ve Şahin'in [14] Q-nötrosofik kümelere dayalı VIKOR yöntemi Şahin ve Uz'un [15] küme değerli genelleştirilmiş nötrosofik dörtlü kümelerle çok kriterli karar verme uygulamaları, Şahin ve Dayan'ın [16] genelleştirilmiş hamming ölçüsüne dayalı çalışmaları Uluçay ve Şahin'in [17] yamuksal bulanık çoklu sayılarla harmonik operatör çalışmasıve Şahin'in [18] Q-bulanık kümeler ile siber savaş uygulaması bu çeşitliliğin önemli örneklerindendir.

Mevcut literatür incelendiğinde, metrik, bulanık metrik, kısmi metrik, sezgisel bulanık metrik ve nötrosofik metrik yapılar geniş biçimde araştırılmış olmakla birlikte, kısmi nötrosofik metrik uzayların sistematik biçimde ele alınmadığı görülmektedir. Nötrosofik belirsizlik bileşenlerinin kısmi mesafe yapılarıyla birleştirilmesi, hem teorik açıdan hem de uygulamalı problem çözme açısından yeni bir araştırma alanı ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışma, literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamakta; önce temel kavramları vermekte, ardından kısmi nötrosofik metrik üzerinde durmakta ve bu yapılara ilişkin özgün sonuçlar sunmaktadır. Ayrıca Mevcut hibrit yapılar genellikle üyelik derecesi üzerine yoğunlaşırken, kararsızlık (indeterminacy) parametresinin kısmi metrik uzay topolojisi üzerindeki etkisi yeterince irdelenmemiştir. Kısmi metrik uzayların sağladığı esnek mesafe algısı ile nötrosofik kümelerin sunduğu üç bileşenli mantık yapısının entegrasyonu, topolojik uzaylarda daha hassas bir yakınsaklık analizi yapılmasına olanak tanıyacaktır.

2. TEMEL BİLGİLER

Bulanık kümeler, sezgisel bulanık kümeler, nötrosofik kümeler, tek değerli nötrosofik kümeler ve bu kümeler temel alınarak tanımlanan bazı uzaylar, bu bölüm kapsamında incelenmiştir.

Tanım 2.1 [1] $\circ$: [0,1]×[0,1]→[0,1] şeklinde bir işlem verilsin. Eğer $\circ$ işlemi aşağıdaki koşulları sağlıyorsa, bu işleme sürekli t-norm (TN) işlemi denir:
Her s, t, u, v ∈ [0, 1] için:
1. $s\circ 1 = s$
2. Eğer $s \leq u$ ve $t \leq v$ ise, $s\circ t \leq u\circ v$
3. $\circ$ işlemi süreklidir.
4. $\circ$ işlemi değişmeli ve birleşmelidir.

Tanım 2.2 [2] $\bullet$: [0,1]×[0,1]→[0,1] şeklinde bir işlem verilsin. Eğer $\bullet$ işlemi aşağıdaki koşulları sağlıyorsa, bu işleme sürekli t-conorm (TC) işlemi denir:
Her s, t, u, v ∈ [0, 1] için:
1. $s\bullet 0 = s$
2. Eğer $s \leq u$ ve $t \leq v$ ise, $s\bullet t \leq u\bullet v$
3. $\bullet$ işlemi süreklidir.
4. $\bullet$ işlemi değişmeli ve birleşmelidir.

Tanım 2.3 [3] $E\neq\emptyset$ olsun. $\forall x \in E, 0 \leq \mu_K(x) \leq 1$ olmak üzere, $\mu_K: E \to [0,1]$ fonksiyonu ile bir K bulanık kümesi

$$K = \{\langle x, \mu_K(x)\rangle : x \in E\}$$

şeklindedir.
Burada $\mu_K(x)$, x'in K kümesine ait olma derecesi olup $\mu_K: E \to [0,1]$.

Tanım 2.4 [4] $E\neq\emptyset$ ve $\forall x\in E$ için, bir K sezgisel bulanık kümesi
$K = \{\langle x, \mu_K(x), v_K(x)\rangle : x\in E\}$
şeklindedir. Burada, $\mu_K(x)$ ve $v_K(x)$ sırasıyla x'in K'ya üye olma ve üye olmama derecesi olup
$0 \leq \mu_K(x)+v_K(x) \leq 1$, $\mu_K : E \to [0,1]$ ve $v_K : E \to [0,1]$.
fonksiyonları ile tanımlanır. Ayrıca $x\in X$'in belirsizlik derecesi π_K ile gösterilir ve
$\pi_K(x) = 1 - \mu_K(x) - v_K(x)$
şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.5 [5] $E\neq\emptyset$ ve $\forall x\in E, 0^{-}\leq T_K(x)+I_K(x)+F_K(x)\leq 3^{+}$ olmak üzere, $T_K: E\rightarrow]0,1^{+}[$, $I_K: E\rightarrow]0,1^{+}[$ ve $F_K: E\rightarrow]0,1^{+}[$ fonksiyonları ile E üzerinde bir K neutrosofik kümesi;

$$K=\{\langle x,T_K(x),I_K(x),F_K(x)\rangle: x\in E\}$$

şeklindedir. Burada $T_K(x), I_K(x)$ ve $F_K(x)$ sırasıyla $x\in E$ nin doğruluk, kararsızlık ve yanlışlık derecesidir.

Tanım 2.6 [5] $E\neq\emptyset$ ve $\forall x\in E, 0\leq T_K(x)+I_K(x)+F_K(x)\leq 3$ olmak üzere, $T_K: E\rightarrow [0,1]$, $I_K: E\rightarrow [0,1]$ ve $F_K: E\rightarrow [0,1]$ fonksiyonları ile E üzerinde bir K tek değerli nötrosofik kümesi

$$K=\{\langle x,T_K(x),I_K(x),F_K(x)\rangle: x\in E\}$$

şeklindedir. Burada $T_K(x), I_K(x)$ ve $F_K(x)$ sırasıyla $x\in E$'nin doğruluk, kararsızlık ve yanlışlık derecesidir.

Tanım 2.7 [6] $E\neq\emptyset$ ve $d:E\times E\rightarrow R$ fonksiyonu şeklinde tanımlansın. Her $x,y,z\in E$ için, eğer d fonksiyonu aşağıdaki şartları sağlarsa d'ye E üzerinde bir metrik, (E,d) ikilisine ise metrik uzay denir.

1. $d(x,y)=0 \Leftrightarrow x=y$,
2. $d(x,y)=d(y,x)$,
3. $d(x,y)\leq d(x,z)+d(z,y)$

Tanım 2.8 [7] * ikili bir işlem olsun. Aşağıdaki şartları sağlayan (E, #) ikilisine bir Nötrosofik üçlü küme denir:

1. x$\in E$ için, x#neut(x)=neut(x)#x=x olacak şekilde x'in nötr elemanı (neutral) bulunmalıdır.
2. x$\in E$ için, x#anti(x)=anti(x)#x=neut(x) biçiminde "x"in bir ters elemanı (anti) bulunmalıdır.

Ayrıca, bir Nötrosofik üçlü "x" elemanı (x, neut(x), anti(x)) şeklinde gösterilir.
Bununla birlikte, neut(x) klasik birim (unitary) elemandan farklı olmalıdır.

Tanım 2.9 [8] $E\neq\emptyset$ ve $p: E\times E\rightarrow R^{+}\cup\{0\}$ bir dönüşüm olsun.
Her x,y,z$\in E$ için, eğer p aşağıdaki şartları sağlarsa p'ye E üzerinde bir kısmi metrik denir. Ayrıca (E,p)'ye ise kısmi metrik uzay denir.

1. $x=y \Leftrightarrow p(x,x)=p(x,y)=p(y,y)$,
2. $p(x,x)\leq p(x,y)$,
3. $p(x,y)=p(y,x)$,
4. $p(x,y)\leq p(x,z)+p(z,y)-p(z,z)$,

Tanım 2.10 [9] $E\neq\emptyset$,* sürekli bir t-norm ve $M: E\times E\times[0,\infty)\rightarrow[0,1]$ olsun. Her $x,y,z\in E$ ve $t,s>0$ için aşağıdaki koşullar sağlanırsa $(E,M,*)$ üçlüsüne bulanık metrik uzay denir.

1. $M(x,y,0)=0$ dır.
2. $M(x,y,t)=1 \Leftrightarrow x=y$ dir.
3. $M(x,y,t)=M(y,x,t)$ dir.
4. $M(x,y,t)*M(y,z,s)\leq M(x,z,t+s)$ dir.
5. $M(x,y,t): [0,\infty)\rightarrow[0,1]$ sol sürekli ve azalmayandır öyle ki $\lim_{t\rightarrow\infty} M(x,y,t)=1$.

Tanım 2.11 [11] $E\neq\emptyset$, * sürekli bir t-norm ve $M: E\times E\times(0,\infty)\rightarrow[0,1]$ olsun. Her $x,y,z\in E$ ve $t,s>0$ için aşağıdaki koşullar sağlanırsa $(E,M,*)$ üçlüsüne kısmi bulanık metrik uzay denir.

1. $M(x,y,t)=1 \Leftrightarrow x=y$ olur.
2. $M(x,x,t)\geq M(x,y,t)>0$'dır.
3. $M(x,y,t)=M(y,x,t)$ olur.
4. $M(x,y,max\{t,s\})*M(z,z,max\{t,s\})\geq M(x,z,t)*M(y,z,s)$ olur.

5. $M(x,y,\cdot) : (0,\infty) \to [0,1]$ süreklidir.

Tanım 2.12 [12] E keyfi bir küme ve $N = \{\langle a, G(a), B(a), Y(a)\rangle : a \in E\}$ bir nötrosofik küme olsun. $N: E \times E \times R^+ \to [0,1]$, $\circ$ ve $\cdot$ sırasıyla sürekli TN ve TC olsun. $(E, N, \circ, \cdot)$ dörtlüsü aşağıdaki koşulları tüm $a, b, c \in E$ için sağlarsa nötrosofik metrik uzay olarak adlandırılır:

1. $0 \le G(a,b,\lambda) \le 1, 0 \le B(a,b,\lambda) \le 1, 0 \le Y(a,b,\lambda) \le 1$, (Her $\lambda \in R^+$ için),
2. $G(a,b,\lambda) + B(a,b,\lambda) + Y(a,b,\lambda) \le 3$, ($\lambda \in R^+$için),
3. $G(a,b,\lambda) = 1 \Leftrightarrow a = b$ ($\lambda > 0$ için),
4. $G(a,b,\lambda) = G(b,a,\lambda)$ ($\lambda > 0$ için) ,
5. $G(a,b,\lambda) \circ G(b,c,\mu) \le G(a,c,\lambda+\mu)$ (Her $\lambda > 0$ için),
6. $G(a,b,.): [0,\infty) \to [0,1]$ süreklidir.
7. $\lim_{\lambda\to\infty} G(a,b,\lambda) = 1 (\lambda > 0$ için),
8. $B(a,b,\lambda) = 0 \Leftrightarrow a = b$ ($\lambda > 0$ için) ,
9. $B(a,b,\lambda) = B(b,a,\lambda)$, ($\lambda > 0$ için),
10. $B(a,b,\lambda) \cdot B(b,c,\mu) \ge B(a,c,\lambda+\mu)$ ($\forall \lambda, \mu > 0$ için),
11. $B(a,b,.): [0,\infty) \to [0,1]$ süreklidir.
12. $\lim_{\lambda\to\infty} B(a,b,\lambda) = 0$, ($\lambda > 0$ için),
13. $Y(a,b,\lambda) = 0 \Leftrightarrow a = b$ ($\lambda > 0$ için) ,
14. $Y(a,b,\lambda) = Y(b,a,\lambda)$, ($\lambda > 0$ için),
15. $Y(a,b,\lambda) \cdot Y(b,c,\mu) \ge Y(a,c,\lambda+\mu)$, ($\forall \lambda, \mu > 0$ için),
16. $Y(a,b,.): [0,\infty) \to [0,1]$ süreklidir.
17. $\lim_{\lambda\to\infty} Y(a,b,\lambda) = 0$, ($\lambda > 0$ için),
18. Eğer $\lambda \le 0$, o zaman $G(a,b,\lambda) = 0$, $B(a,b,\lambda) = 1$ ve $Y(a,b,\lambda) = 1$.

Bu durumda, $N = (G, B, Y)$ E üzerinde bir Nötrosofik Metrik olarak adlandırılır. $G(a,b,\lambda)$, $B(a,b,\lambda)$ ve $Y(a,b,\lambda)$ işlevleri, sırasıyla, a ve b arasındaki yakınlık derecesini, nötrlük derecesini ve yakın olmama derecesini temsil eder.

Tanım 2.13 [13] (E, *) bir Nötrosofik üçlü küme ve $d_E: E \times E \to R^+ \cup \{0\}$ olsun. Eğer d_E ve (E, *) aşağıdaki şartları sağlarsa, d_E bir Nötrosofik üçlü metrik olarak adlandırılır.

1. $x * y \in E$,
2. $d_E(x,y) \ge 0$,
3. $x = y$ ise, $d_E(x,y) = 0$,
4. $d_E(x,y) = d_E(y,x)$,
5. Her x için, en az bir $y \in E$ ve $z \in E$ varsa ve $d_E(x,z) \le d_E\big(x, z * neut(y)\big)$ sağlanıyorsa, o hâlde $d_E(x, z * neut(y)) \le d_E(x,y) + d_E(y,z)$.

Ayrıca, burada ((E, *), d_E) bir Nötrosofik üçlü metrik uzay olarak adlandırılır.

Tanım 2.14 [19] (E,*) bir Nötrosofik üçlü küme ve $d_p: E \times E \to R^+ \cup \{0\}$ olsun. Eğer d_p ve (E, *) aşağıdaki şartları sağlarsa, d_p bir Nötrosofik üçlü kısmi metrik, ((E, *), d_p) ise bir Nötrosofik üçlü kısmi metrik uzay olarak adlandırılır.

Her $x, y, z \in E$ için,

1) $x * y \in E$,
2) $d_p(x,y) \ge d_p(x,x) \ge 0$,
3) Eğer $d_p(x,y) = d_p(x,x) = d_p(y,y) = 0$ ise, o hâlde $x = y$ olacak şekilde E içinde en az bir x, y çifti vardır,
4) $d_p(x,y) = d_p(y,x)$,

5) Her x, z ∈ E çifti için, $d_p(x,z) \leq d_p(x, z * neut(y))$ olacak şekilde E içinde en az bir y varsa, o hâlde
$d_p(x, z * neut(y)) \leq d_p(x,y) + d_p(y,z) - d_p(y,y)$.

3. KISMİ NÖTROSOFİK METRİK UZAY

Bu bölümde "Kısmi Nötrosofik Metrik Uzay" ve özelliklerine yer verilmiştir. Ayrıca bu yapılarla ilgili teoremlere, örneklere ve sonuçlara yer verilmiştir.

Tanım 3.1 $x \neq \emptyset$ için $\forall x,y,z \in X$ ve $k_n: X \times X \to [0,1]^3$ olmak üzere ,
$k_n(x,y) = (T(x,y), I(x,y), F(x,y))$ şeklinde tanımlıysa ve aşağıdaki koşulları sağlıyorsa (X, k_n) ikilisine kısmi nötrosofik metrik uzay denir.

k_1) $k_n(x,y); (T(x,y), I(x,y), F(x,y))$
$\Rightarrow k_n(x,x) \leq k_n(x,y)$

k_2) $k_n(x,y); \begin{cases} T(x,y) = T(y,x), \\ I(x,y) = I(y,x), \\ F(x,y) = F(y,x), \end{cases}$
$\Rightarrow k_n(x,y) = k_n(y,x)$

k_3) $k_n(x,y); \begin{cases} T(x,y) = T(x,x) = T(y,y), \\ I(x,y) = I(x,x) = I(y,y), \\ F(x,y) = F(x,x) = F(y,y), \end{cases}$
$\Rightarrow k_n(x,y) = k_n(x,x) = k_n(y,y) \Leftrightarrow x = y$

k_4) $k_n(x,y); \begin{cases} T(x,y) \leq T(x,z) + T(z,y) - T(z,z), \\ I(x,y) \leq I(x,z) + I(z,y) - I(z,z), \\ F(x,y) \leq F(x,z) + F(z,y) - F(z,z), \end{cases}$
$\Rightarrow k_n(x,y) \leq k_n(x,z) + k_n(z,y) - k_n(z,z) \Leftrightarrow x = y$

Burada:
$T(x,y) \in [0,1]$: x ve y arasındaki doğruluk derecesi,
$I(x,y) \in [0,1]$: x ve y arasındaki kararsızlık derecesi,
$F(x,y) \in [0,1]$: x ve y arasındaki yanlışlık derecesidir.

Örnek 3.2 $X = [0,1]$ kümesi olsun. Her $x, y \in X$ için $k_n : X \times X \to [0,1]^3$ fonksiyonunu şu şekilde tanımlayalım:

$$k_n(x,y) = (T(x,y), I(x,y), F(x,y))$$

Ayrıca,

$$T(x,y) = \max(x,y), \quad I(x,y) = \max(x,y), \quad F(x,y) = \max(x,y). \text{ olsun.}$$

Bu durumda (X, k_n) ikilisi bir Kısmi Nötrosofik Metrik Uzaydır.

Tanım 3.1'deki $k1, k2, k3$ ve $k4$ koşullarının sağlandığını gösterelim.

k1) $kn(x,x) \leq kn(x,y)$ **Koşulu:** Her $x, y \in X$ için $\max(x,x) = x$ ve $x \leq \max(x,y)$ olduğu açıktır. Dolayısıyla:

$$T(x,x) \leq T(x,y), \quad I(x,x) \leq I(x,y), \quad F(x,x) \leq F(x,y)$$

sağlanır.

k2) Simetri Özelliği ($kn(x,y) = kn(y,x)$): Maksimum fonksiyonu değişmeli olduğundan ($\max(x,y) = \max(y,x)$), simetri koşulu doğrudan sağlanır.

3) Eşitlik Özelliği: $kn(x,y) = kn(x,x) = kn(y,y)$ olduğunu varsayalım. Bu durumda:

$$\max(x,y) = \max(x,x) = \max(y,y) \max(x,y) = x = y$$

olur. Dolayısıyla $x = y$ gerektirir.

k4) Üçgen Eşitsizliği: Her $z \in X$ için şu eşitsizliğin sağlandığını göstermeliyiz:

$$T(x,y) \le T(x,z) + T(z,y) - T(z,z)$$

Fonksiyonumuz için bu ifade şuna dönüşür:

$$\max(x,y) \le \max(x,z) + \max(z,y) - z$$

Bu eşitsizlik standart kısmi metrik uzay teorisinde bilinen bir özelliktir ($p(x,y) = \max(x,y)$).

• Eğer $z \ge x$ ve $z \ge y$ ise; sağ taraf $z + z - z = z$ olur. $\max(x,y) \le z$ doğrudur.

• Eğer $z < x$ veya $z < y$ ise; örneğin x en büyük olsun. Sağ taraf $x + \max(z,y) - z$ olur. $y \ge z$ ise $x + y - z \ge x$ (çünkü $y \ge z$), $y < z$ ise $x + z - z = x$ olur. Her durumda eşitsizlik sağlanır.

Sonuç olarak, (X, kn) verilen tanıma uygun bir yapıdır.

Teorem 3.3 (X,k_n) bir kısmi nötrosofik metrik uzay olsun. O zaman aşağıdaki özellikler sağlanır:

1. $T(x,x) \le T(x,y)$, $I(x,x) \le I(x,y)$, $F(x,x) \le F(x,y)$ $\forall\, x,y \in X$
2. $T(x,x) = T(x,y) = T(y,y)$, $I(x,x) = I(x,y) = I(y,y)$ $F(x,x) = F(x,y) = F(y,y) \Leftrightarrow x = y$
3. $T(x,y) + I(x,y) + F(x,y) \le 3$ $\forall\, x,y \in X$

Tanım 3.4 (X, k_n) kısmi nötrosofik metrik uzay, $k_n(x,y) = \big(T(x,y), I(x,y), F(x,y)\big)$ olsun. (x_n) bir dizi olmak üzere aşağıdaki üç koşul birlikte sağlanıyorsa bu diziye kısmi nötrosofik cauchy dizisi denir;

- $T - Cauchy : \forall\, \varepsilon > 0$ ve $\exists\, N$ için
$$m, n \ge N \Rightarrow |T(x_m, x_n) - T(x_m, x_m)| < \varepsilon$$
- $I - Cauchy : \forall\, \varepsilon > 0$ ve $\exists\, N$ için
$$m, n \ge N \Rightarrow |I(x_m, x_n) - I(x_m, x_m)| < \varepsilon$$
- $F - Cauchy : \forall\, \varepsilon > 0$ ve $\exists\, N$ için
$$m, n \ge N \Rightarrow |F(x_m, x_n) - F(x_m, x_m)| < \varepsilon$$

Tanım 3.5 $X \ne \emptyset$ bir küme , $\{x_n\}$ bir dizi ve $a \in X$ için;

- $\lim_{n\to\infty} T(x_n, a) = T(a, a)$
- $\lim_{n\to\infty} I(x_n, a) = I(a, a)$
- $\lim_{n\to\infty} F(x_n, a) = F(a, a)$

ise $\{x_n\}$ dizisi a `ya yakınsar.

Tanım 3.6 $\{x_n\}$ kısmi nötrosofik couchy dizisi olmak üzere, her kısmi nötrosofik cauchy dizi için bir $a \in X$ vardır ve $\{x_n\}$ a `ya yakınsar. Bu durumda $\{x_n\}$ dizisi kısmi nötrosofik tamdır.

Teorem 3.7 (X, k_n) bir kısmi nötrosofik metrik uzay olsun. $k_n(x,y) = (T(x,y), I(x,y), F(x,y))$,
$f: X \to X$ ve $\forall\, x,y \in X$ için $0 \le k < 1$ olacak şekilde bir k sabiti ile
$T\big(f(x), f(y)\big) \le k.\, T(x,y)$
$I\big(f(x), f(y)\big) \le k.\, I(x,y)$

$F\big(f(x), f(y)\big) \leq k.F(x,y)$
koşullarını sağlıyorsa, o zaman f fonksiyonunun en az bir sabit noktası vardır.
İspat : $x_0 \in X$ keyfi bir nokta olsun. $x_{n+1} = f(x_n)$ şeklinde dizi tanımlayalım.

- $\forall$ **n** $\in$ **N için**
- ✓ $T(x_{n+1}, x_n) = T\big(f(x_n), f(x_{n-1})\big) \leq k.T(x_n, x_{n-1})$
- ✓ $I(x_{n+1}, x_n) = I\big(f(x_n), f(x_{n-1})\big) \leq k.I(x_n, x_{n-1})$
- ✓ $F(x_{n+1}, x_n) = F\big(f(x_n), f(x_{n-1})\big) \leq k.F(x_n, x_{n-1})$
- $\forall$ **n** $\in$ **N için**
- ✓ $T(x_{n+1}, x_n \leq k.T(x_n, x_{n-1}) \leq k^2.T(x_{n-1}, x_{n-2}) \leq \cdots \leq k^n.T(x_1, x_0)$
- ✓ $I(x_{n+1}, x_n \leq k.I(x_n, x_{n-1}) \leq k^2.I(x_{n-1}, x_{n-2}) \leq \cdots \leq k^n.I(x_1, x_0)$
- ✓ $F(x_{n+1}, x_n \leq k.F(x_n, x_{n-1}) \leq k^2.F(x_{n-1}, x_{n-2}) \leq \cdots \leq k^n.F(x_1, x_0)$

- **m > n olmak üzere üçgen eşitsizliğinden;**
- $T(x_m, x_n) \leq T(x_m, x_{m-1}) + T(x_{m-1}, x_{m-2}) + \cdots + T(x_{n+1}, x_n) - T(x_{m-1}, x_{m-1}) - \cdots - T(x_{n+1}, x_{n+1})$

$$\leq k^{m-1}.T(x_1, x_0) + k^{m-2}.T(x_1, x_0) + \cdots + k^n T(x_1, x_0)$$
$$= T(x_1, x_0).(k^n + k^{n+1} + \cdots + k^{m-1})$$
$$= T(x_1, x_0).k^n(1 + k + k^2 + \cdots + k^{m-n-1})$$
$$= T(x_1, x_0).k^n(1 - k^{m-n})/(1 - k)$$
$$\leq T(x_1, x_0).k^n)/(1 - k)$$

I ve F içinde aynı işlemler geçerli…
$I(x_m, x_n) \leq I(x_1, x_0).k^n)/(1 - k)$
$F(x_m, x_n) \leq F(x_1, x_0).k^n)/(1 - k)$

- **Cauchy Dizisi için incelersek;**

$0 \leq k \leq 1$ olduğundan $k_n \to 0$ $(n \to \infty)$ olur. Bu durumda;
$T(x_m, x_n) \to 0$, $I(x_m, x_n) \to 0$, $F(x_m, x_n) \to 0$ $(m, n \to 0)$
Bu da $\{x_n\}$ dizisinin T , I , F bileşenlerinde Cauchy olduğunu gösterir.

- **Yakınsaklık için incelersek;**

(x, k_n)tam olduğundan , $\{x_n\}$dizisi bir $a \in X$ noktasına yakınsar.
$T(x_n, a) \to T(a, a)$, $I(x_n, a) \to I(a, a), F(x_n, a) \to F(a, a)$

- **Tamlık ve Limit için incelersek;**

$$T(f(a), a) = Tf(a), f(x_n)) + T(f(x_n), a) - T(f(x_n), f(x_n))$$
$$\leq k.T(a, x_n) + T(x_{n+1}, a) - T(x_{n+1}, x_{n+1})$$

$n \to \infty$ için : $T(f(a), a) \leq 0$
Bu da $T(f(a), a) = 0$ demektir. Benzer şekilde ;
$I(f(a), a) = 0$
$F(f(a), a) = 0$ bulunur .

- **Sabit Noktanın Tek Olması için incelersek;**

Eğer $b \in X$ başka bir sabit nokta ise :
$T(a, b) = T\big(f(a), f(b)\big) \leq k.T(a, b)$

Dolayısıyla $T(a,b) = 0$ olur. Benzer şekilde

$$I(a,b) = 0$$

$$F(a,b) = 0$$

bulunur.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, klasik metrik uzay teorisinin özellikle belirsizlik ve eksik bilgi içeren modern uygulamalarda karşılaşılan sınırlamalarını aşmak için geliştirilmiş temel genellemeler incelenmiştir. Çalışma, literatürdeki dört önemli modern yaklaşımı (Bulanık Metrik Uzaylar, Kısmi Metrik Uzaylar, Nötrosofik Metrik Uzaylar ve Kısmi Bulanık Metrik Uzaylar) teorik zemin olarak sunarken, asıl özgün katkısını Kısmi Nötrosofik Metrik Uzay kavramını tanımlayarak yapmıştır. Çalışmanın merkezinde, bir noktanın kendisine olan uzaklığının sıfır olmadığı kısmi metrik özelliğini, nötrosofik kümelerin üstün üç bileşenli belirsizlik modellemesiyle birleştiren Kısmi Nötrosofik Metrik Uzay yapısı ilk kez tanımlanmıştır. Yeni tanımlanan bu yapı, belirsizlik modellemesi için yeni bir kapı açmaktadır. Ayrıca, yeni uzayın matematiksel sağlamlığı, Kısmi Nötrosofik Cauchy Dizisi ve yakınsaklık kavramlarının tanımlanmasıyla kanıtlanmıştır. Ayrıca, klasik analizin temel taşlarından olan Banach Sabit Nokta Teoremi, bu yeni uzayda ispatlanmıştır. Bu ispat, Kısmi Nötrosofik Metrik Uzayların sabit nokta teorisi ve fonksiyonel analizde kullanılabilecek güçlü bir matematiksel temel oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca ispatlanan bu teorem, yalnızca teorik bir bütünlük sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda nötrosofik ortamda kurgulanan iteratif algoritmaların çözüm varlığının ve tekliğinin garanti altına alınması açısından da kritik bir öneme sahiptir.
Sunulan bu çalışma, kısmi metriklerin ve nötrosofik yapıların potansiyelini bir araya getiren güçlü bir teorik temel oluşturmaktadır. Bu teorik çerçevenin, bu yapıların uygulamalı alanlarda kullanımına yönelik gelecekteki araştırmalar için temel bir kaynak oluşturması hedeflenmektedir. Gelecekteki çalışmalar, bu uzaydaki topolojik özelliklerin derinlemesine incelenmesini ve bu yapının çok kriterli karar verme (ÇKKV) ve bilgisayar bilimleri alanlarında daha karmaşık uygulamalara entegrasyonunu içerebilir.

KAYNAKLAR

[1] Dubois, D., & Prade, H. (1985). A review of fuzzy set aggregation connectives. *Information Sciences, 36*(1-2), 85–121.

[2] Dubois, D. J. (1980). *Fuzzy sets and systems: Theory and applications*. Academic Press.

[3] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control, 8*, 338–353.

[4] Atanassov, K. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems, 20*, 87–96.

[5] Smarandache, F. (1998). *A unifying field in logics neutrosophy: Neutrosophic probability, set and logic*. American Research Press.

[6] Copson, E. T. (1968). *Metric spaces*. Cambridge University Press.

[7] Smarandache, F., & Ali, M. (2016). Neutrosophic triplet group. *Neural Computing and Applications, 29*, 595–601.

[8] Matthews, S. G. (1994). Partial metric topology. *Annals of the New York Academy of Sciences, 728*, 183–197.

[9] Kramosil, I., & Michálek, J. (1975). Fuzzy metrics and statistical metric spaces. *Kybernetika, 11*(5), 336–344.

[10] Gregori, V., Morillas, S., & Sapena, A. (2011). Examples of fuzzy metrics and applications. *Fuzzy Sets and Systems, 170*(1), 95–111.

[11] Sedghi, S., Shobkolaei, N., & Altun, I. (2015). Partial fuzzy metric space and some fixed point results. *Communications in Mathematics, 23*(2), 131–142.

[12] Kirişci, M., & Şimşek, N. (2020). Neutrosophic metric spaces. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 38*(5), 5273–5281.

[13] Şahin, M., & Kargın, A. (2017). Neutrosophic triplet normed space. *Open Physics, 15*, 697–704.

[14] Uluçay, V., Şahin, N. M., Toz, N. İ., & Bozkurt, E. (2023). VIKOR method for decision-making problems based on Q-single-valued neutrosophic sets: Law application. *Journal of Fuzzy Extension & Applications (JFEA), 4*(4).

[15] Şahin, N. M., & Uz, M. S. (2021). Multi-criteria decision-making applications based on set valued generalized neutrosophic quadruple sets for law. *International Journal of Neutrosophic Science, 17*(1), 41–60.

[16] Şahin, N. M., & Dayan, A. (2021). Multicriteria decision-making applications based on generalized hamming measure for law. *International Journal of Neutrosophic Science, 17*(1), 8–29.

[17] Uluçay, V., & Şahin, N. M. (2023). Some harmonic aggregation operators with trapezoidal fuzzy multi-numbers: Application of law. In *Neutrosophic SuperHyperAlgebra and New Types of Topologies* (pp. 202–219). Global Knowledge Publishing House.

[18] Şahin, N. M. (2024). A new approach for application of cyber wars with Q-fuzzy sets. In *Algebraic Structures in the Universe of Neutrosophic: Analysis with Innovative Algorithmic Approaches* (pp. 78–100). Biblio Publishing.

[19] Şahin, M., Kargın, A., & Çoban M. A. (2018). Fixed point theorem for neutrosophic triplet partial metric space. *Symmetry, 10*, 240.

[20] Şahin, M., Kargın, A., & Yücel, M. (2020). Neutrosophic triplet g-metric space. In *Quadruple Neutrosophic Theory and Applications Volume I* (pp. 181–202).

[21] Şahin, M., Kargın, A., Dayan, A., & Kılıç, A. (2020). Neutrosophic triplet m-metric spaces. In *Quadruple Neutrosophic Theory and Applications Volume I* (pp. 213–222).

[22] Şahin, M., & Doğan, K. (2026). Agricultural and sustainable resource management with Euclidean distance measure on generalized set valued neutrosophic quintuple number. *Neutrosophic Sets and Systems, 97*, 535–561.

TRABZON UZUN SOKAK'IN YAYALAŞTIRMA SÜRECİ VE YAYA YOLLARININ KORUNMASINA YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Elif UĞURLU
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0000-0003-2738-8116

Dr. Öğr. Üyesi Hamiyet ÖZEN
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0000-0001-8530-9047

ÖZET
Bu çalışma, tarihî kent dokusunun korunması kapsamında yaya yollarının önemini ve yayalaştırma uygulamalarının şehir yaşamı üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir. Araştırmanın temel amacı, Trabzon kent merkezinde yer alan Uzun Sokak'ın yayalaştırma sürecini inceleyerek, bu sürecin tarihî, kültürel ve sosyal yapılar üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır.
Çalışma kapsamında öncelikle yayalaştırılmış tarihi yolların tarihsel gelişimi ve kent yaşamındaki işlevi ele alınmış; ardından Plaka (Atina), Bologna (İtalya) ve Beyoğlu-İstiklal Caddesi (İstanbul) gibi örnekler üzerinden koruma ve yayalaştırma uygulamalarının başarılı örnekleri incelenmiştir. Trabzon Uzun Sokak ise tarihî bir alan olarak seçilerek, saha çalışmaları ve literatür taraması yoluyla analiz edilmiştir. Sokakta bulunan tescilli yapıların mimari karakteri, mevcut koruma durumları ve sokak kullanıcılarının geri bildirimleri değerlendirilerek kapsamlı bir durum tespiti yapılmıştır.
Elde edilen bulgular, yayalaştırma sürecinde kullanılan zemin malzemelerinin dokuya uygun olmaması, sosyal aktivite alanlarının eksikliği, yetersiz aydınlatma ve güvenlik sorunları gibi sorunlara işaret etmektedir. Ayrıca, modern işletme tabelalarının tarihî cephelerle uyumsuzluğu da estetik bütünlüğü olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda, sokak kullanıcılarının memnuniyetini artıracak fiziksel, sosyal ve kültürel iyileştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır.
Sonuç olarak, Trabzon Uzun Sokak örneği, tarihî kent merkezlerinde yayalaştırma uygulamalarının yalnızca ulaşım düzenlemeleriyle sınırlı kalmaması; aynı zamanda kimlik, bellek ve mekânsal süreklilik bağlamında ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda çalışma, tarihî kentsel alanlarda sürdürülebilir ve bütüncül yayalaştırma stratejilerinin geliştirilmesine yönelik kuramsal ve uygulamalı bir katkı sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Kültürel Miras, Kentsel Koruma, Uzun Sokak, Tarihi Kent Dokusu, Yayalaştırma.

A STUDY ON THE PRESERVATION OF PEDESTRIAN STREETS AND THE PEDESTRIANIZATION PROCESS OF TRABZON UZUN SOKAK

ABSTRACT
This study evaluates the significance of pedestrian streets in the context of preserving the historical urban fabric and examines the effects of pedestrianization practices on urban life. The primary aim of the research is to analyze the pedestrianization process of Uzun Sokak, located in the city center of Trabzon, and to assess its impact on historical, cultural, and social structures.

The study first explores the historical development and functional role of pedestrianized streets in urban contexts. It then examines successful examples of preservation and pedestrianization efforts through case studies such as Plaka (Athens), Bologna (Italy), and Beyoğlu–İstiklal Street (Istanbul). Uzun Sokak in Trabzon is selected as a historical case study, and it is analyzed through fieldwork and literature review. A comprehensive assessment is conducted by examining the architectural characteristics of the registered buildings along the street, their current preservation status, and feedback from street users.
The findings highlight several challenges, including the use of paving materials that are incompatible with the historic texture, the lack of spaces for social activities, inadequate lighting, and safety issues. Furthermore, the presence of modern commercial signage that clashes with historical façades negatively impacts the aesthetic integrity of the street. These observations indicate a need for physical, social, and cultural improvements to enhance user satisfaction.
In conclusion, the case of Uzun Sokak in Trabzon illustrates that pedestrianization efforts in historic urban centers should not be limited to traffic regulation. Instead, they must be addressed through a comprehensive perspective that encompasses identity, collective memory, and spatial continuity. In this context, the study offers both theoretical and practical contributions toward the development of sustainable and integrated pedestrianization strategies for historic urban areas.
Keywords: Cultural Heritage, Urban Conservation, Uzun Street, Historic Urban Fabric, Pedestrianization.

INTRODUCTION

In today's cities, preserving pedestrian streets and pedestrianization processes have become an important part of issue the needs of modern life with the preservation of historical and cultural heritage. In this context, pedestrian streets in cities from the past to the present not only preserve physical spaces but also play a critical role in safeguarding social memory and identity. This study will examine the pedestrianization process of Uzun Street, a part of Trabzon's historical fabric, to underscore the importance of preserving pedestrian streets and pedestrianization projects.

The main objective of this study is to examine the pedestrianization process carried out on Uzun Street, which constitutes the historical fabric of Trabzon, in order to highlight the importance of preserving and restoring pedestrian streets. In this context, emphasis will be placed on how the pedestrianization process affects the historical, cultural, and social fabric of urban life and how it can be transmitted to future generations.

Preserving pedestrian streets and pedestrianization processes hold great importance for the sustainable development of cities. Particularly, such projects carried out in areas with historical significance aim to meet the requirements of modern life while preserving the heritage of the past.

This study examines the pedestrianization process carried out on Uzun Street, which constitutes the historical fabric of Trabzon. To achieve this, a literature review was conducted to explore previous studies and similar projects related to the topic. Additionally, fieldwork was conducted to observe the effects of the pedestrianization process and user experiences on Uzun Street. The findings were evaluated to develop various recommendations regarding the importance of preserving pedestrian streets and pedestrianization projects.

PRESERVATION OF PEDESTRIAN STREETS

The Historical and Cultural Value of Pedestrian Streets

In ancient times, streets and squares, which served as gathering places for people, were the centers of social, cultural, and commercial activities. These areas were called "agora" and "forum." In the Middle Ages, the transportation system was largely based on pedestrian traffic. The transportation vehicles used were limited, and people generally traveled on foot or on horseback, while goods were carried by pack animals. During the Renaissance and Baroque periods, streets and squares were designed on a human scale, prioritizing the safety and comfort of pedestrians. In these periods, in addition to spaces entirely dedicated to pedestrian gatherings and ceremonies, large squares were also constructed (Kavi, 2003).

The earliest conflicts between pedestrians and vehicles in history began during the Roman period. Caesar prohibited the passage of vehicles from sunrise to sunset to allow pedestrians to move freely within the city. Additionally, some forms of pedestrianization date back to the time of Leonardo da Vinci. Da Vinci proposed the idea of definitively separating pedestrian and vehicular streets and designed roads at different levels for pedestrians (Altınçekiç Çınar & Doktur, 2017).

In the 18th century, covered pedestrian walkways built in France became widespread throughout Europe. These walkways, constructed as galleries consisting of arches, aimed to separate pedestrians from traffic and protect them from inclement weather, with shopping centers established underneath. From the mid-19th century onward, transportation problems escalated in major cities, leading to congestion on main streets. During the reign of Queen Victoria, pedestrian crossings were constructed in the center of London to separate pedestrians from vehicles (Kavi, 2003).

Throughout the 20th century, the allocation of space for cars and parking lots in major cities worldwide has caused serious traffic problems. During this development, the infrastructure demands of pedestrians and cyclists were often overlooked. However, pedestrianization policies were adopted in American and European continents, and historical sites were redesigned to be as safe, livable social spaces (Dursun vd., 2021). From the second half of the 20th century onwards, the increasing number of motor vehicles led to the use of pedestrian paths, sidewalks, and parks to meet the needs of vehicle transportation and parking. To address these issues, pedestrian-only streets were planned in cities, and regulations were introduced to prevent vehicle traffic from passing through city centers (Kavi, 2003).

Picture 1. An Example of a Pedestrian Crossing from the Victorian Era (Kavi, 2003).



Principles and Approaches for Preserving Pedestrian Streets

In urban life, it's as important for pedestrians to be able to move safely and comfortably in settlement centers and shopping areas as it is in public spaces such as active green areas and squares. Therefore, outdoor urban spaces should be arranged to serve different needs. The aim here is to regain the lost significance of these areas and increase user density by enhancing social, psychological, and cultural interaction. (Kavi, 2003; Karagüler, 2023).

Urban planning and structural arrangements are crucial elements that significantly impact the holistic structure of a city. Therefore, it is vital to address and plan urban transportation and environmental arrangements together. Implementations should be carried out in a manner that preserves the integrity of the city. Additionally, careful consideration should be given to site selection, and designated areas should be easily accessible to transportation facilities such as public transit and parking. With this approach, a defined identity for the city can be established, providing a more functional environment for citizens. It's crucial to consider these principles in the planning of pedestrian zones. In the design of pedestrian areas, it's essential to prioritize elements such as the removal of vehicular traffic from pedestrian sidewalks, ensuring adequate lighting, utilizing unique and high-quality amenities, providing seating areas, integrating attractive water features, ensuring clear start and end points, creating green spaces, incorporating spaces for entertainment and cultural activities, and selecting high-quality paving materials (Yıldırım Birişçi vd., 2015).

Examples of Preservation and Restoration in Pedestrianized Streets

1. Plaka: Preserving and restoring pedestrian streets is of great importance to maintain the historical texture of Plaka in harmony with modern life. The increasing needs of Athens' commercial and administrative center and the rapid rise in the number of motor vehicles have intensified the pressure to preserve the urban fabric of Plaka. Preserving pedestrian streets is crucial both to maintain the region's historical identity and to provide a solution compatible with the requirements of modern urban life (Zivas, 1983).

The increase in motor vehicle traffic has negatively impacted the pedestrian streets and historical structure of Plaka, leading to an increase in noise and air pollution. This situation has restricted the movement of pedestrians and increased the tendency of residents to relocate elsewhere. Therefore, the preservation and restoration of pedestrian streets are seen as necessary interventions to mitigate these adverse effects and preserve the historical identity of the area (Appleyard, 1979).

In this context, measures have been taken to pedestrianize the streets of Plaka and restrict motor vehicle traffic solely to meet the needs of the area. Approximately half of the streets in the region have been pedestrianized, and narrow, irregular streets have been restored to their original functions (Zivas, 1983).

Figure 1. Pedestrian and Vehicle Circulation System in Plaka. Pedestrian Areas are Marked in Green (Zivas, 2010).



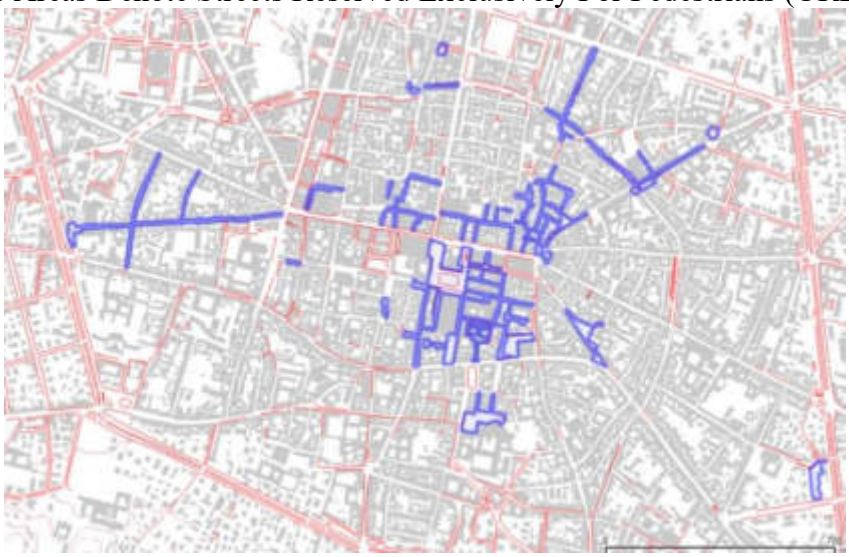
Picture 2. Plaka, Near the Roman Agora, Before and After Pedestrianization, an Open Area (Zivas, 1983).



2. Bologna: Among the interventions made for the preservation of the historic core, the preservation and restoration of pedestrian streets are of vital importance. In the late 1960s and early 1970s, urban center policies implemented by the communist administration in Bologna were considered an ambitious urban conservation program aimed at preventing physical destruction in the city's central areas and avoiding the displacement of original residents. This program focused particularly on efforts such as the preservation and restoration of pedestrian streets. Within this scope, an active function is attributed to the historical, aesthetic, and cultural heritage, aiming to integrate the area with its social and economic fabric. Simultaneously, steps are taken to rationalize transportation, such as allocating a portion of the road network incompatible with motor vehicle traffic for pedestrian use. (Pieri De & Scrivano, 2004; Hatami, 2013).

The example of Bologna has garnered significant attention both nationally and internationally, gaining long-term popularity among planners, architects, urban geographers, and the public concerned with the preservation of historic cities. This situation has led to widespread recognition and appreciation of policies such as the preservation of pedestrian streets (Pieri De & Scrivano, 2004).

Figure 2. Using Municipal Open Data From Bologna, Red Lines Represent Sidewalks, While Blue Areas Denote Streets Reserved Exclusively For Pedestrians (URL-1).



Picture 3. Paolo Monti's Photograph Captures Strada Maggiore, Both With and Without Traffic, In The Historic Center of Bologna (Pieri De & Scrivano, 2004).



3. Beyoğlu-İstiklal Street: In 1990, as part of the projects aimed at revitalizing Beyoğlu Street and turning it into a tourism center, İstiklal Avenue was completely pedestrianized. This decision was made with the aim of eliminating negative social and physical effects on the avenue and restoring its former value. This period is considered a turning point for İstiklal Avenue (Altunbaş, 2006).

Among the objectives of the pedestrianization project are highlighting the original character of the historical fabric, enhancing the quality of the space, adding architectural aesthetics, restoring Beyoğlu to its former charm, and fully opening the street to pedestrian use while considering the heavy pedestrian traffic (Şenkaynak, 2010).

Among the alternatives, approval was granted for the passage of municipal police vehicles and consulate vehicles between Tünel Square and Postacılar Street, while an alternative involving the full pedestrianization of İstiklal Avenue with the condition of tramway usage was accepted (Altunbaş, 2006).

Figure 3. Beyoğlu-İstiklal Avenue Location Map (Şenkaynak, 2010).



CASE STUDY: TRABZON UZUN STREET

Uzun Street extends from Taksim Square, located in the central part of Trabzon city, to Tabakhane Bridge, and it has that occasionally narrows and widens streey pattern. The street is approximately three meters wide and consists of a road with sidewalks, each about one meter wide, on both sides, along with buildings on either side of the road. The pavement is made of cobblestones (Hacısalihoğlu, 1987).

Figure 4. The Urban Location of Uzun Street, Red Area Pedestrianized While The Black Area Allows Vehicle Traffic, Connecting The Square With Ortahisar (URL-2).



The Historical Background

Uzun Street, one of Trabzon's oldest urban axes, has played a central role in the city's social, cultural, and economic life, particularly since the late nineteenth century. In 1907, Meşveret, the city's second Turkish-language newspaper, began publication here; and in the 1920s, Governor Hamit Bey routed the city's first electric line through this street, extending from Meydan to Zağnos. In 1923, the Necmiati Sports Club was founded here under the leadership of Sırrı Altmışdört. During the 1960s and 1970s, the street became Trabzon's commercial hub, home to prominent families and distinguished retail establishments. Mentioned in Xenophon's *Anabasis* as a site of trade and promenade, Uzun Street hosted various administrative institutions during the Second Constitutional Era, and during the National Struggle it became home to the Mihalidi Printing House—where the Pontus-oriented *Epuhi* newspaper was printed—as well as Faik Ahmet Barutçu's *İstikbal* newspaper.

Noted by Murat Başman in his poems as being paved with Albanian stone, the street has long witnessed the city's ceremonies and marches; moreover, the Saint Greguar French School, founded by Monsieur Edliben in 1875, was also located on this street (Başman, 2011).

Picture 4. Square, Entrance of Uzun Street, 1930-May 27, 1960 Demonstration on Uzun Street (Özdemir, 2011).



Cahit Talas describes Uzun Street from his childhood as follows: The street is lined with large buildings, mostly remnants of the Greeks, which generally reflect Pontic architecture. This street is actually quite long and has a rather tranquil atmosphere; traffic is quite sparse. Uzun Street is a blend of residences and commercial centers. The lower floors of the buildings are shops, while the upper floors are usually used as residences. Ismail Habip Sevük describes these residences as solid, two or threestory high houses. According to him, these houses were built with little consideration for the street, hence the narrowness of the street. Additionally, there are structures that no longer exist today, such as the fountain at the corner of the mosque. Uzun Street is now known for Beton Helva, which arrived through relocation. Despite moving a few shops away, it still operates on Uzun Street (Başman, 2011).

Picture 5. During Those Times, There Was A Beton Helva Shop (Başman, 2011)-Current Situation (From The Author's Archive).



Architectural Character

Trabzon is a cosmopolitan city where Byzantines, Greeks, Turks, and Armenians have lived. These different communities have built structures reflecting their own cultures. Each community used materials specific to themselves when constructing their buildings. Generally, Turks built structures used wood, Greeks used stone, and Byzantines used brick materials. When examining the physical structure of Uzun Street, traces of these cultures can be seen. Based on old photographs and interviews with elderly individuals, it is understood that between 1925 and 1930, there were generally two types of structures on Uzun Street: (Hacısalihoğlu, 1987).

1. Wooden Structures
2. Stone Structures

Picture 6. Example of A Wooden and Stone Building on Uzun Street (Bölükbaşı, 2006).



Architectural Character and Conservation Status of Registered Buildings

Figure 5. Registered Buildings on Uzun Street (Özen vd., 2010).

No	***Location***	***Registration Status***	***Period/Date-Builder-Owner***	***Construction Technique-Building Material***	***Original Function***	***Current Function***
1	*Parcel 2 from the right on Gazipaşa Avenue*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*Rubble Stone Building*	*Workplace*	*Workplace*
2	*Parcel 3 from the right on Gazipaşa Avenue*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*Rubble Stone Building*	*Workplace*	*Workplace*
3	*Cumhuriyet Avenue, 12th parcel from the right (Mahmut Gologlu Cultural Center)*	*Monumental*	*The Ottoman Period, 19th century, Trabzon Municipality, the builder is unknown*	*Rubble Stone Building*	*House*	*Cultural Center*
4	*The back of the 6th parcel from the right on Cumhuriyet Avenue*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*The building constructed using rubble masonry technique is made of stone and wood (baghdad)*	*Workplace*	*Workplace*

5	*Cumhuriyet Avenue, 7th parcel from the right (Administrative Court)*	*Monumental*	*The Ottoman Period, 18th century (?), Treasury of Finance, the builder is unknown*	*Rubble Stone Building*	*Unknown*	*Regional Administrative Court*
6	*Cumhuriyet Avenue, 2nd parcel from the right*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*Rubble Stone Building*	*Workplace*	*Workplace*
7	*The Konak Mosque located on Uzun Street in Cumhuriyet Neighbourhood*	*Monumental*	*The Ottoman Period, 18th century, General Directorate of Foundations, the builder is unknown*	*Rubble Stone Building*	*Mosque*	*Mosque*
8	*After the Konak Mosque located on Uzun Street in Cumhuriyet Neighbourhood, 4th parcel*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*Rubble Stone Building*	*House*	*Workplace*
9	*After the Konak Mosque located on Uzun Street in Cumhuriyet Neighbourhood, 5th parcel*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*Rubble Stone Building*	*House*	*Workplace*
10	*After the Konak Mosque located on Uzun Street in Cumhuriyet Neighbourhood, 6th parcel*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*Rubble Stone Building*	*House*	*Workplace*
11	*After the Konak Mosque located on Uzun Street in Cumhuriyet Neighbourhood, 7th parcel*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*Rubble Stone Building*	*House*	*Workplace*

12	*Across from the parcel after the Konak Mosque located on Uzun Street in Cumhuriyet Neighbourhood*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*Rubble Stone Building*	*House*	*Workplace*
13	*9th parcel after the Konak Mosque located on Uzun Street in Cumhuriyet Neighbourhood*	*Monumental*	*The Ottoman Period, it is unknown who made it and who owns it*	*Rubble Stone Building*	*House*	*Administrative Structure*
14	*After the Konak Mosque located on Uzun Street in Cumhuriyet Neighbourhood, across from parcel 12*	*Non-Monumental*	*Ottoman Period, Private Property, Unknown Builder*	*The building constructed using rubble masonry technique is made of stone and wood (baghdad)*	*House*	*Workplace*

Figure 6. Display of Registered Buildings on Uzun Street on The 2010 Map and Their Current States (Özen vd., 2010).

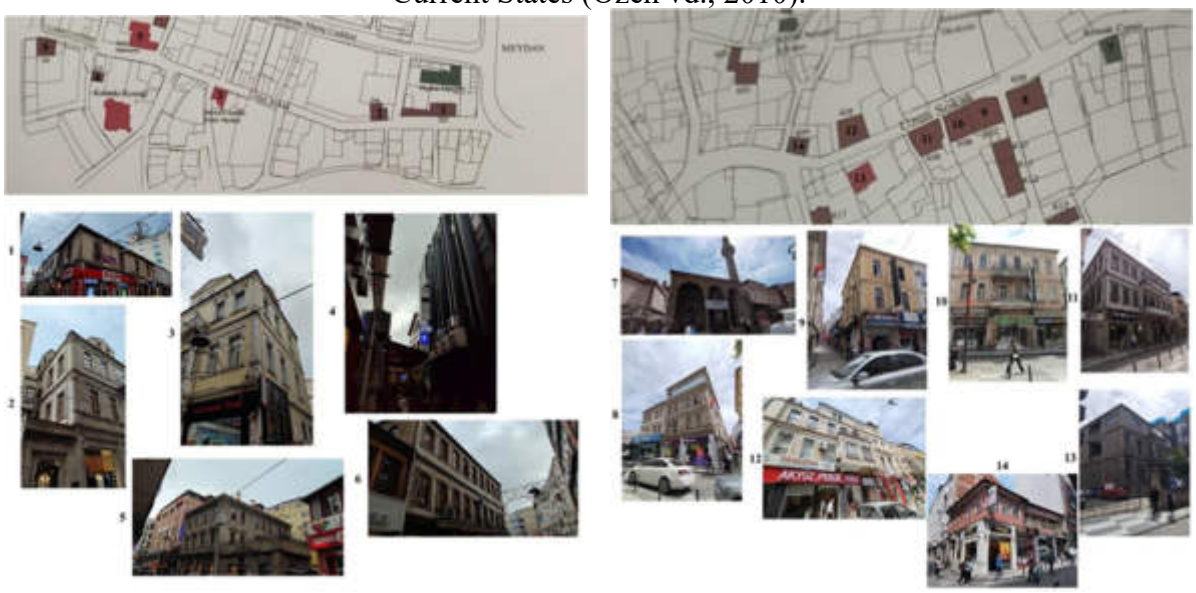
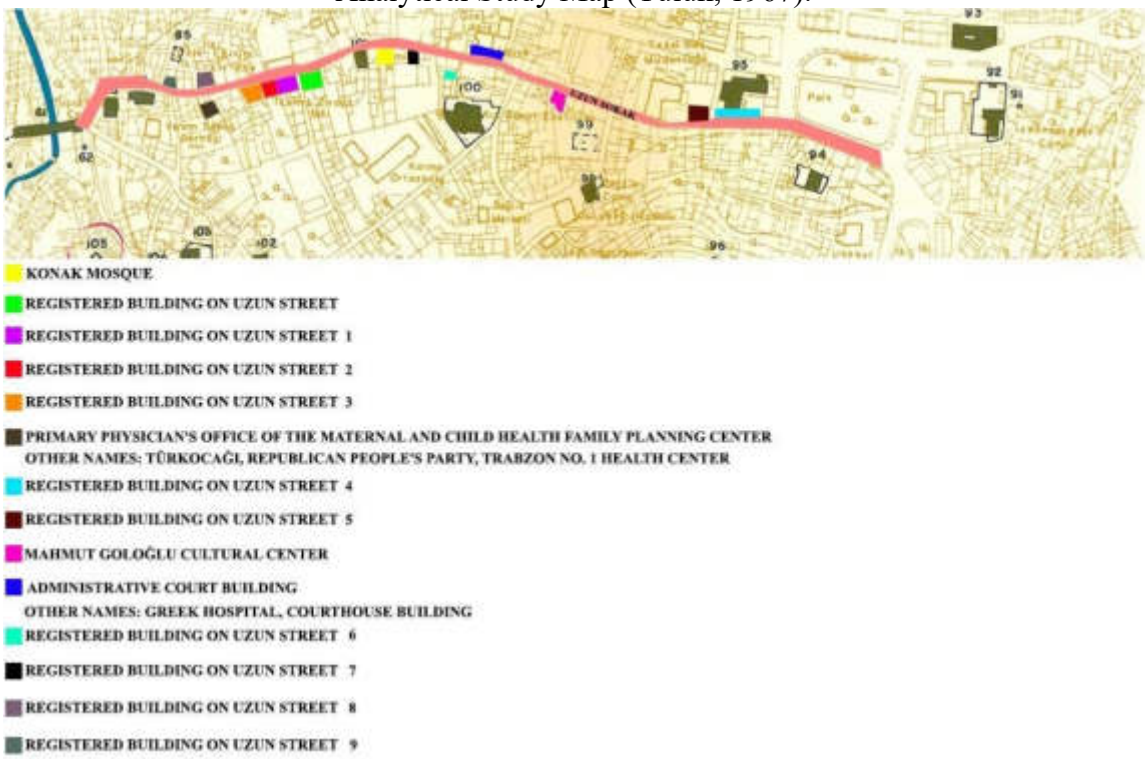


Figure 7. The Display of Registered Buildings on Uzun Street on The 1967 Privincial Analytical Study Map (Tuluk, 1967).



THE FINDINGS OF THE STUDY

Trabzon's Uzun Street has a long history dating back to ancient times, and there are 14 registered buildings identified on this street. Some deterioration, weathering, peeling of facade paint, and wear on window frames have been observed on the outer facades of these buildings. However, the shop signs located on the ground floors of almost all buildings negatively affect the historical aesthetics. Such additions have the potential to distort the original appearance of the registered buildings.

Therefore, it is necessary to minimize the presence of shop signs and rearrange them with aesthetic solutions. The adjustments and repairs made on the facades are of great importance for the preservation of the buildings. While some structures have undergone regular maintenance, it has been determined that others require more attention. Overall, the following regulations have been identified as crucial for the preservation of historical buildings on Uzun Street in Trabzon:

1. Historical buildings need to be regularly inspected to carry out necessary maintenance, repairs, or restorations.
2. It is important to arrange modern shop signs in a way that does not disrupt the historical fabric. The signs should aesthetically harmonize with the street and occupy as little space as possible.
3. Preserving the environmental arrangement throughout the street is crucial for maintaining the integrity of the historical fabric. This entails ensuring that street furniture, lighting, and landscaping elements are in harmony with the historical aesthetics.

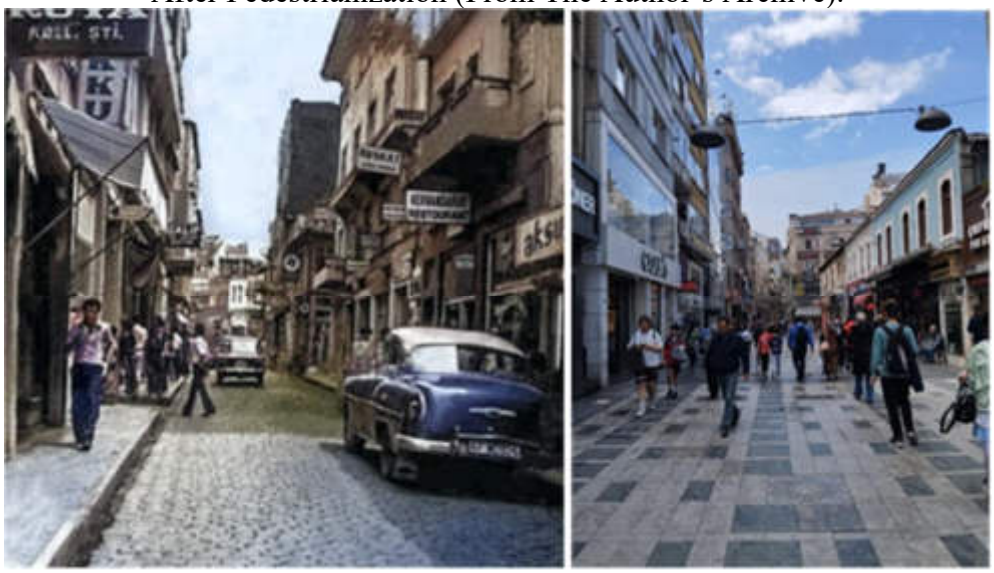
Pedestrianization of Trabzon Uzun Street and Its Aftermath

Due to the narrow structure of Uzun Street and the difficulties pedestrians faced while crossing, pedestrianization efforts began in 2007, and the street was opened to pedestrians on July 18, 2008, following a decision by the Provincial Traffic Commission. After the pandemic, infrastructure improvements were carried out, and the street was paved with granite, basalt, and marble aggregate stones. However, the presence of licensed parking areas partially limited the pedestrianization, and specific time intervals were designated for deliveries to the shops owned by local merchants (Trabzon Ulaşım Bakanlığı, 2024).

As a result of interviews conducted with street users, the majority expressed difficulties arising from inadequate security, lighting, and social spaces. Following discussions with the municipality, it was discovered that there is a police and municipal guard station in the square. Regarding lighting, it was found that there are 7 timed, WiFienabled, and camera-equipped lighting fixtures, along with 34 standard lighting poles (Trabzon Ulaşım Bakanlığı, 2024).

Following inspections conducted on the street, it was determined that the stones used in the infrastructure works did not match the original texture of the street. Deficiencies in lighting and security were identified. The absence of any social activity areas on the avenue has led the street to merely serve as a transit route.

Picture 7. Uzun Street In 1975-Uzun Street Before Pedestrianization (URL-5)-Uzun Street After Pedestrianization (From The Author's Archive).



CONCLUSION AND EVALUATION

The pedestrianization process of Uzun Street in Trabzon and the examination of preserving historical pedestrian streets highlight the importance of revitalizing the historical, cultural, and social fabric of urban life. Preserving pedestrian streets that extend from the past to the present ensures the protection not only of physical spaces but also of social memory and identity. In this context, the example of Uzun Street offers a significant area of study.

Throughout history, Uzun Street has been the center of Trabzon's commercial, cultural, and social life. The preservation and restoration of the historical buildings on the street are vital for maintaining the historical identity of this area. However, examinations have identified areas needing improvement in the current situation.

Elements such as the use of pavement stones that are incompatible with the street's texture, insufficient lighting and security measures, and the lack of social activity areas contribute to the dissatisfaction of street users.

Preserving and improving pedestrian streets require a comprehensive approach to urban planning. In this regard, the following recommendations stand out in the process of pedestrianizing Uzun Street:

Regular Maintenance and Preservation of Historical Buildings: Historical buildings need to be regularly inspected, and necessary maintenance, repair, and restoration work should be carried out promptly.

Aesthetic and Functional Arrangements: It is important to reorganize modern shop signs with aesthetic solutions that do not disrupt the street texture; ensuring that street furniture, lighting, and landscaping elements are harmonized with the historical context.

Creating Social Spaces: Establishing areas on the street where social and cultural activities can take place will transform the street from merely a thoroughfare to a central hub of social interaction and activities.

Security and Lighting Improvements: Enhancing security measures and improving lighting systems are crucial for the safety and comfort of street users.

In conclusion, the experiences gained from the pedestrianization process of Trabzon's Uzun Street serve as an example for other urban areas. Preserving historical and cultural values while reorganizing them to meet the needs of modern life will form the foundation of sustainable urban development. Improvements made in areas like Uzun Street will enhance urban life quality and play a significant role in passing down the region's historical identity to future generations. The continuity and enhancement of these efforts are of great importance for preserving Trabzon's historical fabric and revitalizing urban life.

KAYNAKLAR

Altınçekiç Çınar, H. S. & Doktur, B. (2017). Yayalaştırılmış Bir Bölge: AntalyaCumhuriyet Caddesi, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(1), s. 57-68.

Altunbaş, U. (2006). Kent Merkezlerinde Yayalaştırmanın İşlevsel Değişim Üzerine Etkileri: İstiklal Caddesi Örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Appleyard, D. (1979). The Conservation of European Cities, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.

Başman, M. (2011). Kentin Odağında Bir Uzunsokak, İstanbul, Ege Basım.

Bölükbaşı, A. (2006). Anılarda Trabzon I. Cilt, Trabzon, Seçil Ofset.

Bölükbaşı, A. (2006). Anılarda Trabzon II. Cilt, Trabzon, Seçil Ofset.

Dursun B., Kurtuluş O. & Küçükali U. F. (2021). Kentsel Tasarımda Trafikten Arınma İlkesi, ABMYO Dergisi, 16(61), s.73-97.

Hacısalihoğlu, S. (1987). Planlamaya Temel Olmak Üzere Trabzon Uzun Sokak Üzerinde Bir Çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Hatami, M. (2013). Tarihi Kent Merkezlerinin Koruma Sorunları, Urmiye Tarihi Kent Merkezi Üzerine Bir Araştırma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Karagüler, S. (2023). Kent Tasarımına Giriş, İstanbul, Yeditepe Üniversitesi Yayınevi.

Kavi, F. (2003). İstanbul'daki Yaya Yolu Düzenlemelerinin Bitkisel Tasarım Açısından Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Özdemir, Y. B. (2011). Fotoğraf ve Gravürlerle Trabzon Şehrengizi, Trabzon, Gündüz Ofset.

Özen, H., Tuluk, Ö. İ., Engin, H. E., Düzenli, H. İ., Sümerkan, M. R., Tutkun, M., Üstün Demirkaya, F. & Keleş, S. (2010). Trabzon Kent İçi Kültür Varlıkları Envanteri, Trabzon, T.C. Trabzon Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları.

Pieri De, F. & Scrivano, P. (2004). Representing the ‘‘Historical Centre’’ of Bologna: Preservation Policies and Reinvention of an Urban Identity, Urban History Review Dergisi, 33(1), s.34-45.

Şenkaynak, P. (2010). Yaya Bölgelerinin Kentsel Peyzaj Planlama Açısından Önemi ve İstanbul'daki Bazı Örneklerin İncelenmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Trabzon Ulaşım Bakanlığı. (2024, Haziran 3). Fatih Özçelik'ten Uzun Sokak'la alakalı alınan bilgiler.

Tuluk, Ö. İ. (1967). 1967 İl Analitik Etüdü, Ömer İskender Tuluk Arşivi.

URL-1. (2024, Mayıs 24). Alplerden Atlantik'e (2) Bologna, Pasajlar, Kaldırımlar ve Yaya Alanları: https://metrhispanic.com/2014/09/27/from-alps-to-atlantic-2-bologna-arcades-sidewalks-and-pedestrian-areas/ adresinden alınmıştır.

URL-2. (2024, Haziran 8). Google Maps Trabzon Uzun Sokak: https://www.google.com/maps/place/Uzun+Sk.,+Ortahisar%2FTrabzon/@41.0024738,39.7206872,16.78z/data=!4m6!3m5!1s0x40643c45c4cdaa7b:0x66445a9a650ad8c6!8m2!3d41.0056016!4d39.7263985!16s%2Fg%2F11b6dbfykq?entry=ttu adresinden alınmıştır.

URL-3. (2024, Haziran 5). Trabzon'da Nostalji-1975 Yılında Uzun Sokak: https://www.facebook.com/photo.php?fbid=651022167030453&id=100063680251698&set=a.508351807964157&locale=sv_SE adresinden alınmıştır.

Yıldırım Birişçi, T., Özel, A. E. & Oktay, P. (2015). Yaya Bölgeleri Planlama ve Tasarımı: Çanakkale Çarşı Caddesi Yaya Yolu Örneğinde, Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı.

Zivas, D. A. (1983). Areas of Concern-The Saving of Plaka, Athens, Part I, Monumenium Dergisi.

Zivas, D. A. (2010). Tourism and Protection of Historic City Centers The Case of Plaka in Athens, Rivista di Scienze del Turismo Dergisi, 2, s.181-199.

KKTC'DEKİ HÜKÜMETLERİN SİYASAL KİMLİKLERİNİN BÜTÇE POLİTİKALARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Prof. Dr. Bülent EVRE
Bahçeşehir Kıbrıs Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Uluslararası İlişkiler Bölümü
ORCID: 0000-0002-8851-4510

ÖZET
Bu çalışma, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde (KKTC) hükümetlerin ideolojik kimliklerinin kamu bütçe politikaları üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, 1977–2018 dönemine ait resmi bütçe verileri kullanılarak, hükümetlerin siyasal konumlarına (tek parti, sağ koalisyon, sol koalisyon) göre kamu harcamalarının düzeyi ve kompozisyonundaki farklılıklar analiz edilmiştir. Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi (ANOVA) yöntemiyle yapılan testler, hükümetlerin ideolojik yönelimine göre bütçe dengesi ve harcama kalemlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Bulgulara göre, sol koalisyon hükümetleri toplam kamu, sosyal güvenlik ve transfer harcamalarını artırırken; sağ koalisyon ve tek parti hükümetleri daha disiplinli bir bütçe politikası izlemektedir. Eğitim ve sağlık harcamalarında ise klasik partizan modelden sapmalar gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, 2000'li yıllardan itibaren gelişmiş ekonomilerde zayıfladığı ileri sürülen partizan modelin, KKTC bağlamında hâlen geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma, küçük ve gelişmekte olan ekonomilerde hükümet ideolojisinin maliye politikaları üzerindeki etkisini ortaya koyarak, literatüre ampirik bir katkı sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Hükümet ideolojisi, bütçe politikası, partizan model, kamu harcamaları, KKTC

THE IMPACT OF THE POLITICAL IDENTITY OF GOVERNMENTS ON BUDGETARY POLICIES IN THE TURKISH REPUBLIC OF NORTHERN CYPRUS

ABSTRACT
This study aims to examine the impact of government ideological identity on fiscal and budgetary policies in the Turkish Republic of Northern Cyprus (TRNC). Using official budget data covering the period 1977–2018, the research analyzes how government type—categorized as single-party, right-wing coalition, or left-wing coalition—affects the level and composition of public expenditures. A repeated-measures ANOVA was conducted to test for differences among government types. The findings reveal statistically significant variations in fiscal balance and expenditure categories according to ideological orientation. Left-wing coalition governments tend to increase total public spending, social security, and transfer expenditures, whereas right-wing and single-party governments demonstrate stronger budgetary discipline. Deviations from the traditional partisan model were observed in education and health spending. The results suggest that, contrary to trends in advanced economies where the partisan model has weakened since the 2000s, the model remains valid in the TRNC context. By focusing on a small and developing economy, this study contributes to the empirical literature on the relationship between government ideology and fiscal policy.
Keywords: government ideology, budget policy, partisan model, public expenditure, TRNC

DİNİ YORUMUN SINIRLARI VE LİTERALİZM ELEŞTİRİSİ

Prof. Dr. Mustafa ÜNVERDİ
ORCID: 0000-0002-2848-4073

ÖZET

Bu çalışma, İslam düşüncesinde literalizm (lafızcılık) sorununu ve dini yorumun sınırlarını**,** kelam ve din felsefesi perspektiflerinden ele almaktadır. İslam'ın ilk dönemlerinden itibaren Müslümanlar, Kur'an ve hadisleri anlamaya ve bunlardan tutarlı bir inanç sistemi geliştirmeye çalışmışlardır. Ancak bu çaba, konunun metafizik boyutu nedeniyle daima zorluklar taşımıştır. Tanrı, ahiret, ruh ve ilahî sıfatlar gibi meseleler, sıradan dilin sınırlarıyla tam olarak ifade edilemeyen, derin anlam alanları içermektedir.

Çalışmada, "Tanrı âlemi altı günde yarattı", "Tanrı'nın eli onların eli üzerindedir", "Arşa istiva etti" gibi ifadelerin lafzî anlamda yorumlanmasının, antropomorfik (insanbiçimci) yaklaşımlara yol açtığı vurgulanmaktadır. İslam düşünce geleneğinde bu tür sorunlar üç temel eğilim doğurmuştur: Teşbih/tecsim (antropomorfizm), te'vil (yorumlama) ve tefviz (anlamı Allah'a havale etme). Literalizm, genellikle Selefîlik, Haşviyye ve Mücessime ekolleriyle ilişkilendirilen bir yöntem olarak, metinlerin anlam ufkunu daraltmakta ve dini düşüncenin derinliğini sınırlamaktadır.

Buna karşılık te'vil ve hikmet temelli yaklaşımlar, Tanrı'nın aşkınlığını koruyarak vahyin içerdiği ahlaki ve hikemî (bilgeliğe dayalı) anlamları açığa çıkarmayı amaçlamaktadır. Makalede, din dilinin sembolik ve bilişsel boyutları vurgulanmakta; literalizmin, inanç ile akıl ve ahlaki amaç arasındaki dinamik ilişkiyi zayıflattığı savunulmaktadır.

Sonuç olarak, literalizmin aşılabilmesi için dini metinlerin makasıd (amaçlar) ve hikmet perspektifinden okunması gerektiği ifade edilmektedir. Bu yaklaşım, İslam düşüncesinin yenilenmesini; metin, akıl ve amaç arasında dengeli bir ilişki kurulmasını mümkün kılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Din, Yorum, Lafızcılık, Literalizm, Tevil, Tenzih.

THE LIMITS OF RELIGIOUS INTERPRETATION AND THE PROBLEM OF LITERALISM

ABSTRACT

This study explores the problem of literalism in Islamic thought, focusing on the boundaries of religious interpretation within the framework of theology (kalām) and philosophy of religion. Since the earliest periods of Islam, Muslims have sought to understand the Qur'an and hadith and to construct a coherent theological worldview from them. However, this effort has been challenged by the metaphysical nature of the subject: questions concerning God, the afterlife, the soul, and divine attributes are not easily defined or expressed through ordinary language.

The study examines how literalist readings of scriptural expressions—such as "God created the world in six days," "God's hand is above their hands," or "He sat upon the Throne"—have led to anthropomorphic interpretations that attribute human qualities to the Divine. Within the Islamic intellectual tradition, these issues generated three main interpretive tendencies: tashbīh/tağsīm (anthropomorphism), ta'wīl (interpretation), and tafwīż (consigning the meaning to God). Literalism, often associated with Salafism, Hashwiyya, and Mujassimah, is criticized for narrowing the semantic and theological richness of revelation by confining it to the surface meaning of words.

By contrast, interpretive and purposive approaches aim to preserve the transcendence of God while uncovering the deeper moral and spiritual wisdom (ḥikmah) embedded in revelation. The paper emphasizes that the language of religion has a symbolic and cognitive dimension that cannot be reduced to literal representation. It argues that literalism not only limits intellectual inquiry but also weakens the dynamic relationship between faith, reason, and moral purpose.
Ultimately, the study concludes that overcoming literalism requires reading religious texts through the maqāṣid al-sharī‘ah (higher objectives of the law) and hikmah (divine wisdom) perspective, thereby renewing Islamic thought with a balance between text, reason, and purpose.
Keywords: Religion, Interpretation, Literalism, Verbalizm, Ta’wil, Transcendence..

1. GİRİŞ: KELAMÎ DÜŞÜNCEDE YORUMUN KONUMU

Kelam ilmi, İslam düşüncesinin doğuşundan itibaren dini metinlerin nasıl anlaşılacağı sorusunu merkezine alan bir disiplin olarak şekillenmiştir. Kelamcılar, vahyin niteliği, Allah’ın sıfatları, peygamberliğin mahiyeti, nübüvvetin epistemik yapısı, irade-hürriyet ilişkisi, ahirete dair haberî meseleler ve Kur’an’ın dilsel/mecazî boyutları gibi temel meseleleri tartışırken kaçınılmaz olarak yorum (te’vil) faaliyetinin sınırlarını belirlemişlerdir. Bu nedenle İslam düşüncesinin herhangi bir döneminde “dini yorumun sınırları” meselesi, özellikle kelam ilmi çerçevesinde ele alınmadan bütünlüklü olarak anlaşılamaz.
Kelamcılar, metnin zahirî anlamı ile aklî zorunluluklar arasındaki ilişkiyi tartışırken hermenötik açıdan son derece önemli bir meseleye işaret etmişlerdir: Lafız mı anlamı belirler, yoksa anlam mı lafzı yönlendirir? Bu soru, kelamın tüm alt disiplinlerinde -Allah’ın sıfatları, kudret ve iradenin mahiyeti, kelam-ı nefsî meselesi, mucize teorisi, rü’yetullah konusu, kıyamet halleri gibi- sürekli tartışılmıştır.
Literalizmin tarihsel örnekleri çoğu zaman lafzın ilk anlamına bağlılığı savunurken, kelamcılar daha erken dönemlerden itibaren literal okumayı yöntemsel olarak sorgulayan bir konumda olmuşlardır. Çünkü kelamın amacı “metni olduğu gibi aktarmak” değil, metni aklın, tutarlılığın, hikmetin ve tevhid ilkesinin rehberliğinde anlamlandırmaktır.
Dini metinlerin anlaşılmasında başlıca sorunlar nasların çoğu zaman çok katmanlı anlam yapısına sahip olması ve naslar üzerine yapılan yorumların mutlaklaştırılmasıdır (Sinanoğlu, 2017). Dini yorumu etkileyen çeşitli unsurlar vardır. Dil, kültür, tarih, ekonomi ve siyaset gibi nedenler dini metinlerin anlaşılması ve yorumlanmasında etkili faktörlerdir. Bu nedenle tarihte dini metinler üzerinde yapılmış yorum ve açıklamalar, mutlak bir anlam ifade etmez. Aksi takdirde bu, metnin belli bir dönem ve insan grubuna hasredilmesi anlamına gelebilir.
Nihai olarak bu çalışmanın temel amacı Kelam ilminde yorum yöntemlerini açıklamak ve literal/lafızcı yöntemin eleştirel biçimde ele almaktır. Çalışmada kelamcıların te’vil ve anlam merkezli okumalar geliştirme biçimlerine dair örnekler ve çağdaş literalist eğilimlere tenkitlere yer vereceğiz. Çalışmada dini metinlerin anlaşılması, usul ve yöntem ile literalizm eleştirisi konusunda yapılan klasik ve modern eserlerden yararlanılmıştır. Belge incelemesi yöntemiyle hazırladığımız bu çalışmada, metnin taslağının oluşturulmasında yardımcı kaynak niteliğinde ChatGBT (OpenAI, 2025) aracından yararlanılmış, içerik ve yorumlar ise tarafımızdan oluşturulmuştur.

1.1. Kelam İlminde Nass–Akıl İlişkisi: Yorumun Zorunluluk Alanı

Kelamcıların en temel tartışma alanı nass (vahiy) ile akıl arasındaki ilişkidir. Bu ilişki, yorum ihtiyacını doğrudan belirleyen parametreleri içerir. Kelam geleneği bu konuda üç ana eğilim geliştirmiştir:

a. Mu'tezilî Yaklaşım: Dinin Rasyonel Yorumu

Mu'tezile'ye göre akıl, ahlaki değerleri ve Allah'ın adaletini bilmede asli bir kaynaktır. Bu nedenle nassın zahiri anlamı aklın ilkeleriyle çelişiyorsa te'vil zorunludur. Örneğin Allah'ın "eli", "yüzü", "oturması" gibi beşerî sıfatlar mecaz olarak anlaşılmalıdır. Cennet ve cehennem tasvirleri sembolik/zihinsel olabilir. İlahi adalet gereği Allah kötülüğü irade etmez; dolayısıyla bazı ayetler yorumlanmalıdır.

b. Selefî-Hanbelî Yaklaşım: Dinî Anlam(a)da Nassın Önceliği/Biricikliği

Selefî gelenekte aklî te'vil çoğu zaman bid'at olarak görülmüştür. Ancak bu yaklaşım bile tamamen literal değildir; zira "bila keyf" prensibi ile yorumun önünü kapatırken benzetmeyi (teşbih) engelleyerek aslında bir tür kelamî yorum biçimi ortaya koyar. Lafzın belirleyici olduğu görüşünün bir diğer savunusu İbn Hazm tarafından yapılmıştır. Ona göre mana lafzın içindedir. Onu lafızdan ayırmak imkansızdır. Anlam, ancak lafzın dikkate alınmasıyla kendisini gösterir. Dolayısıyla anlam, ilk önce hitabın lafzındadır. Ancak bu anlamına metinsel bağlamdan tamamen bağımsız olduğu manasına gelmez:

Sözgelimi çeşitli âyetlerde geçen 'ruh' kelimesini, metinsel bağlam çerçevesinde anlamlandırmış; buna bağlı olarak da bu kelimeye Nebe' 78/38'de 'Cebrâîl', Şûrâ 42/52'de 'ilim', Nisâ 4/171'de 'Îsâ'ya üflenen ruh' şeklinde farklı anlamlar takdir etmiştir65. Çünkü, ona göre 'ruh' kelimesi bütün bu anlamları içermektedir. İçerdiği anlamlardan hangisinin kastolunduğunun tespiti ise ancak metinsel bağlama müracaatla mümkün olmaktadır (Maşalı, 2008).

Dolayısıyla İbn Hazm'a göre mana lafızla metinsel bağlam ilişkisinin ortak faaliyetinin bir sonucudur. Bu nedenle ona göre anlamın tespitinde hem lafız hem de metin önemli rol üstlenmiş olmaktadır.

c. Eş'arî ve Mâtürîdî Yaklaşım: Akıl ile Nass Uyumu

Eş'arîler nassı esas alır fakat akıl ile çelişen zahiri anlamları te'vil eder. Mâtürîdîler ise akla daha geniş bir alan tanır; özellikle ahlak, hürriyet, ilahi hikmet gibi konularda akıl belirleyicidir. Onlar lafzın anlamı belirlemede önemli rolünü kabul eder. Nitekim lafız mana ilişkisini koparmak Bâtınî yorumların önünü açmaktır. Bu minvalde Kur'ân'ın Hz. Peygambere mana ile indiği ve lafzın onun tarafından belirlendiği iddiaları da doğru değildir (Mâtürîdî, 2005).

Erken dönemde dini çevrelerde rivayet ve dirayet merkezli yaklaşım ehl-i hadis ve ehl-i rey diye anılan iki temel ekolü oluşturmuştu. Ancak kelami tartışmalarda durum biraz daha farklıdır. İnanç konularında aklın konumuna dair farklı yaklaşımlarından ötürü üç ana ekolün olduğunu söylemek ve bu hususta üçlü tasnife gitmek en doğru yöntem olsa gerektir.

1.2. Kelamda Dil, Mecaz ve Te'vil

Kelamcıların lafızcı anlam biçimine yönelik itirazları ilk dönemde teşbih ve tecis taraftarlarına reddiye niteliğinde gelişmiştir. Onlara göre dilde mecaz ve hakikat ayrımı onun doğası gereğidir. Arapça mecaz, kinaye, teşbih ve istiare bakımından son derece zengin bir dildir. Kur'an'ın belâgati de bu dille uyumludur. Bu nedenle kelamcılar, haberî (müteşâbih) sıfatlar başta olmak üzere birçok ayet ve hadisi literal okumaya karşı çıkmışlardır.

Örneğin "Allah'ın eli" (Fetih, 48/10) ayetindeki *yed* kelimesini "kudret", "Arşa istiva etti" (Tâ-hâ, 20/5) ayetindeki *istivâ*'yı "hükümranlık kurdu"; "Allah'ın gelmesi" (Fecr, 89/22) anlamındaki ayeti "kudret ve azabın tecellisi şeklinde yorumlamışlardır.

Bu tür yorumlar sadece birer "yorum tercihi" değil, kelamî zorunluluktur; çünkü literal yorum, Allah'ın cisimleşmesi, mekâna yerleşmesi veya değişime uğraması gibi tevhid akidesine aykırı sonuçlar doğurur. Dolayısıyla kelam geleneği, literalizmin teolojik sakıncalarını en erken fark eden disiplindir, denilebilir.

1.3. Kelamcıların "Yorumun Sınırları" Tartışmasındaki İlkeleri

Tarih boyunca dinin anlaşılması ve yorumlanmasında çeşitli farklılıklar olmuştur. Tanrının insana kendisini göstermesi "yaratma" ve "buyurma" aracılığıyladır. Alem yaratmanın, din ise buyurmanın eseridir (Bardakoğlu, 2003). Kelam ilmi, dini yorumun hangi şartlarda mümkün ve gerekli olduğunu belirlerken üç temel ilkede merkezileşmiştir:

a. *Tevhid İlkesi*: Allah'a mahluk nitelikler atfeden her yorum reddedilir. Bu durum bazı literalist yaklaşımların tehlikesini açıkça ortaya koyar.

b. *İlahi Adalet ve Hikmet İlkesi*: Adalet ve hikmet, ayetlerin yorumunda belirleyici kriterlerdir. Hikmet bazen bilgelik olarak anlamlandırılmıştır. Yahya peygambere hikmet, kalp yumuşaklığı ve ruh temizliği verildiğini belirten ayete baktığımızda, hikmet bir çeşit bilgi ve davranış bütünlüğüdür. Felsefede bilgelik olarak tanımlanan bu hali dini ve ahlaki açıdan doğru karakterin yaşatılması şeklinde tavsif edebiliriz. Hikmet hayatın en önemli amaçlarını ve değerlerini dikkate alarak bütünlükçü bir şekilde düşünmek ve davranabilmektir. İslam açısından hikmetin anlam alanı geniştir. Cuma 62/3. ayete bakıldığında hikmet kitaptan hemen sonra zikredildiğine göre Hz. Peygamberin sünneti anlamına gelir. Zira Hz. Peygamber vahyin anlamını ve gayesini en iyi bilen ve en iyi uygulayandır. O halde tıpkı insanlık tarihine örnek olmuş bilgeler gibi peygamberler de hikmeti temsil eden rehberlerdir (Ünal, 2017). Kelami açıdan bakıldığında hikmet özellikle itikadi meselelerde nasları temel ilkeler doğrultusundan anlamlandırmaktır.

c. *Mekâsıd ilkesi*: Makâsıd: Kelamcılar, Kur'an'ın temel amaçlarının (tenzih, hidayet, ahlak, hikmet, takva) göz ardı edildiği yorumları reddederler. Kur'an'ın lafzı değil, maksadı merkez alınmalıdır.

Bu ilkeler, dini metinlerin salt literal okumanın ötesinde çok katmanlı bir anlam yapısına sahip olmasından esinlenmiştir, denilebilir. Öte yandan nasların iç içe geçmiş üç boyutundan söz edilebilir: İlki, Kur'an ve hadislerin kesin, açık ve mutlak hükümleri vardır. İbadetler, haram ve helaller, inanç esaslar gibi konular vardır. ikinci boyutu, Kur'an ve sünnetin lafzen izdüşümleri ve yorumlarıdır. Bunar sosyal hayatın ve kültürün dini metinlere yansıdığı ve din-kültür karşılıklı ilişkisinin tebarüz ettiği yöndür. Burada aklın nas ile ilişkisi söz konusudur. Zira akıl orada gaye ve hikmet arayacaktır. Mesela şirkin yasak olduğu kesindir. Ancak şirkin ne olduğu, hangi inanç ve tutumların şirk kapsamına girdiği aklın yorum gücüyle izah edilebilir. Dini metinlerin üçüncü boyutu ise, doğrudan naslarla belirlenmeyen ve toplumların içtihadına ve yorumlarına bırakılmış alanladır (Bardakoğlu, 2003).

Kelamcıları tevil yöntemine zorlayan çeşitli risklerden bahsedebiliriz: Bunlar teolojik/itikadi tehlikeler, dilsel yetersizlik, amaç ve bağlamdan kopma tehlikesi, epistemik problemler ve ahlaki sorunlar şeklinde özetlenebilir.

2. KELAM DİSİPLİNİ AÇISINDAN YORUMUN MAHİYETİ

Dini metinler sınırlı sayıda ayet ve hadisten oluşur. Bu metinlerin hitap ettiği insanlar ise neredeyse sınırsız sayıda çoktur. Böyle olunca "metin bir ama yorum çok" gibi bir tablo ortaya çıkmaktadır. Esasen dinin insana emanet edildikten sonra artık aklın konusu olması, bu ihtilafların özünde yer alan sebep olarak görülebilir. İslam'da farklı dinî yorumların hoşgörüyle karşılanıp çeşitliliğe yer verilmesi bu hakikatin bir neticesi olsa gerektir. Bu anlamda dini metinlerin bir muhkem/sabit/apaçık yanı; bir de Müslümanların tefekkür ve yorumuyla muhtelif şekillerde gelişebilen özelliği vardır (Bardakoğlu, 2003).

Kur'an ve hadislerin yorumlanması, İslam ilim geleneğinde sadece tefsir ve hadis usulünün değil, aynı zamanda kelam disiplininin en belirleyici tartışma alanlarından biridir. Çünkü kelam, ilahi kelamın mahiyeti, vahyin nasıl anlaşılması gerektiği, Allah'ın sıfatlarının insan diliyle ifade ediliş biçimi, haberî ayet ve hadislerin yorumu ve nihayetinde nass–akıl ilişkisinin sınırlarını belirleyen teorik bir çerçeve sunar. Bu nedenle dini metinlerin yorum yöntemlerini anlamak, kelamın epistemolojik ve ontolojik düzeyde geliştirdiği ilkeleri göz ardı ederek mümkün değildir.

İlk dönemlerden itibaren Müslüman düşünürler, Kur'an ve Sünnet'in lafzını aynen koruma ile bu lafızların içinde yer aldığı tarihsel ve dilsel bağlamı dikkate alma arasında bir denge kurmaya çalışmışlardır. Bu denge arayışının sonucunda üç temel eğilim ortaya çıkmıştır: Literal (lafızcı) yaklaşım, anlam merkezci (bağlamsal–semantik) yaklaşım ve te'vil temelli yorum. Bu bölümde bu üç eğilim, kelam disiplininin ışığında ele alınacaktır. Bununla birlikte Kur'an'ı anlamada temel ilke ve yöntemleri şöyle özetlemek mümkündür:

1. Kur'an'ın özgün anlatım tarzı. Kur'an sistematik bir bilimsel eser değildir. Onda bölümler ve konular belirli bir sıraya dizilmemiştir. Bazen aynı konunun belirli yerlerde tekrar edildiği, bazen de tarihi bir kıssa anlatılırken bir anda başka bir konuya geçildiği görür. Bu onun Hz. Peygambere indirilen bir kelam olmasından kaynaklıdır. Diğer bir husus, Kur'an bir metin değil, sözlü bir hitaptır. Sözlü hitap dinamik bir yapıdadır. Böylece kelamın bağlamı yani tefsirdeki ifadeyle siyak-sibakı önem kazanır. Nitekim de biz de Türkçede bir şeyin başlangıcını ve sonunu dinlemeden doğru veya iyi anlaşılamayacağına işaretle "Sözün önü ve arkasını dinlemeden karar/hüküm verme" deriz. İşte bu nedenle Kur'an'ın bir metin değil de hitap/kelam/söz oluşu onun manalarının bağlamsal niteliğini hayati derecede önemli kılar (Kayacan, 2025).
2. Evrensellik: Kur'an'ın toplum ve tarihle ilişkisi vardır. Bu, insanın içinde olduğu her kelamın kaçınılmaz özelliğidir. İnsan tarihin içinde olduğundan ona hitap da "tarihte" olur. Ancak bu Kur'an hitabının evrenselliğine gölge düşürmez. Zira onun hem muhtevası, hem dilsel yönü hem de amacı tüm insanları kapsar. Nitekim İslam Arapların arasında ortaya çıkmıştır ama tüm dünyaya mâl olmuştur. Onun evrenselliğinin bir parçası da her türden kesimden muhataplarına hitap edebilme kabiliyetidir. Kur'an'ı –en azından mesajını/amacını- anlamak için yüksek tahsil zorunlu değildir.
3. Kur'an hidayet rehberidir. Kur'an'da her ne kadar insan, tabiat ve evrenle ilgili ayetler olsa da, tıpkı kıssa ayetlerinin tarih bilgisi amaçlı olmaması gibi, bunlar da bilimsel nazariyeler için değildir. Özellikle Kur'an'ın tarih ve bilimle ilgili ayetlerini anlamlandırırken onun varlık gayesinin hidayet olduğu gerçeği unutulmamalıdır (Kayacan, 2025).
4. Kur'an'ın dili Arapçadır. Kur'an'ı en doğru biçimde anlamak isteyen birisi onu dilsel kurallara uygun şekilde anlamlandırmalıdır. Kur'ân ilk nazil olduğu şekilde günümüze ulaşmıştır. Onun mesajı anlam ve lafız bütünlüğünü gerektirir. Lafızlar ise Arapçadır. Arapça dil kuralları Kur'an'ın anlaşılmasında temel kriterlerden birisidir.

Kur'an'ın doğru anlamanın bir şartı da ilgili ayete dair Hz. Peygamber ve sahabe yorumudur. Burada kelam ile mütekellim ilişkisine değinmek istiyoruz. Söz, söyleyende bağımsız değildir. Belki de bağlam kadar önemlidir, söyleyen. Ancak Kur'an kaynak olarak ilahidir. Onun sahibi yüce Allah'tır. Bununla birlikte elçi, sözü iletendir. Bu durumda sözün kendisinden çıktığı kişi önem kazanır. Kur'an'ın anlaşılmasında sünnet rolüne dair onlarca eser yazılmış olması, bu noktanın önemine işaret eder. Hz. Muhammed'in (as) Kur'an'a dair söz ve uygulamaları, ilgili nasları anlamada birincil öneme sahiptir. Keza nüzul ortamına şahit olan insanları da bu kapsama almak mümkündür. Sahabenin Kur'an yorumu ve ona dair uygulamaları, nebevi sünnete dahil edilebilir.

1.4. Kelam Disiplininde Literal Yorumun Yeri

Literal okuma, metnin sözlük anlamını merkeze alır ve özellikle Selefî ve Hanbelî gelenekte daha güçlü biçimde temsil edilir. Ahmed b. Hanbel'in "nasıl geldiyse öyle bırakın" (bilâ keyf) ilkesi, literalizmin epistemik temelini oluşturur. Bu yaklaşım, özellikle Allah'ın sıfatlarıyla ilgili haberî ayetlerde lafzın zahirine bağlı kalmayı savunur. Örneğin "Allah'ın eli" (48/10) gibi ifadeler, "nasıl olduğu bilinmeyen hakiki sıfatlar" şeklinde yorumlanır; mecaz ihtimali ikinci plana atılır.

Ancak kelamcılar, literalizmin bu yaklaşımının ciddi teolojik riskler içerdiğini vurgular. Eş'arî, *el-İbâne* adlı eserinde, lafzı zahiriyle kabul etmenin teşbih anlamı doğurabileceğini, dolayısıyla tenzih ilkesine aykırı olduğunu belirtir. Mâtürîdî ise literalizmin dilsel yetersizliklere dayandığını, Arapçanın mecazi yapısını göz ardı etmenin Kur'an'ın belagatini inkâr anlamına geldiğini ifade eder.

Literal yaklaşımın güçlü yanı, metni tahriften koruma iddiasıdır. Ancak kelamcılar, literalizmin sınırlarını belirleyemediği için zaman zaman ilahi sıfatları beşerî niteliklerle karıştırma tehlikesine düştüğünü savunur. Bu nedenle literalizm, kelamî bakışta çoğu kez bir *başlangıç aşaması* olarak görülmüş; derin anlamın keşfi için aklî ilkeler zorunlu kabul edilmiştir.

1.5. Anlam Merkezci Yorum: Bağlam, Maksat ve Dilin Çok Katmanlılığı

Metnin doğru biçimde anlaşılmasına yardım eden yöntemlerden birisi "bağlam"dır. Arapçada siyak-sibak olarak ifade edilen bağlam, "bir dil biriminden önce ya da sonra gelerek onu çevreleyen ve onun anlam ve değerini belirleyen birimler bütünü" demektir. Bağlam, sözün akışı, gelişi, söylenme sebebi, amacı ve ortaya çıktığı konusu ve bağlantılarını içeren geniş bir dairedir. Modern dönemde bağlam metin içi ve metin dışı olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Bağlam konusu Kur'an ilimlerinde iki kısma ayrılmıştır: Bağlam Kur'ân'da sure, ayet ve kelimeler arasındaki münasebete işaret ediyorsa *iç bağlam*; nüzul ortamı ve ayetlerin iniş sebepleri ise *dış bağlam* olarak adlandırılmıştır (Sevim, 2025).

Anlam merkezci yaklaşım, metnin hem dilsel hem tarihsel bağlamını dikkate alır. Bu yaklaşım kelam ilminde özellikle Eş'arî, Râzî ve Mâtürîdî düşünce geleneğinde belirginleşmiştir. Bir ayet veya hadis tek tek kelimelerine indirgenmez; aksine ayetin indiği bağlam, Kur'an'ın bütünlüğü, ilahi maksatlar, Arap dilinin mecazi yapısı ve aklî zorunluluklar birlikte değerlendirilir. Kelamcıların bu yöntemi benimsemelerinin üç temel sebebi zikredilebilir:

Birincisi, Kur'an'ın kendi üslubu çok katmanlıdır. Râzî, *Mefâtîhu'l-Gayb*'da Kur'an'ın lafzının zahirinden çok daha geniş bir anlam evrenine sahip olduğunu söyler. Benzer şekilde Cüveynî *Kitabü'l-İrşâd* adlı eserinde bu ilkeye dayanarak haberi sıfatları tek tek tevile der. Bu nedenle literal anlam, özellikle lafzın temel ilkelere ters anlam verdiği durumlarda yeterli bir mesaj vermez.

İkincisi, kelamcılar ilahi kelamın insan diline sığdırılmış sembolik bir anlatım olduğunu kabul ederler. "Allah'ın gelmesi" ifadesi, Mâtürîdî'ye göre maddi bir hareket değil, "ilahi kudret ve hükmün ortaya çıkışı"dır. Keza Eş'arîler teşbih ve tecsim çağrıştıran yed, vech, ityân gibi ifadeler Allah'ın zâtı için ancak sem'an ıtlak olunur. Bunların anlamları da ilahi zata uygun bir şekilde aklen tespit edilir (Öncü, 2024).
Üçüncüsü, Kur'an'ın maksatları (hidayet, adalet, hikmet, rahmet) yorumda belirleyici görülür. Literal okumalar bu maksatları gizlediğinde, kelamcılar te'vile giderler. Maksadı ihmal eden her yorum, hükmü daraltır ve hikmeti zedeler.
Anlam merkezci yaklaşımda yorum, metni modern akılla "yeniden yazma" değil; bilakis vahyin maksadını açığa çıkarma faaliyetidir. Böylece Kur'an'ın evrensel ilkeleri tarihsel bağlamından kopmadan anlaşılmış olur.

1.6. Te'vil Temelli Yorum: Kelamın En Kritik Aracı

Kelam ilminde en tartışmalı, aynı zamanda en belirleyici kavram te'vildir. Te'vil, bir lafzın zahiri anlamının aklî veya şer'î gerekçelerle geçersiz sayılması ve lafzın mecazi/işarî anlamına yönelmedir. Mu'tezile bu yöntemi en geniş biçimde kullanırken, Eş'arî ve Mâtürîdî ekolü daha sınırlı fakat sistemli bir te'vil yöntemini benimsemiştir. Kelamcılar te'vile şu durumlarda başvurur:

a. Zahiri anlamın akıl açısından imkânsız olduğu durumlarda.
b. Zahiri anlamın Kur'an'ın başka ayetleriyle çelişmesi durumunda.
c. Zahiri anlam Allah'ın tenzih ilkesine aykırı düşüyorsa.
d. Adalet ve hikmet ilkeleri ile çelişen anlamlar söz konusuysa.

Mâtürîdî, te'vili hem epistemolojik hem teolojik bir zorunluluk olarak değerlendirir ve "Akıl, Allah'ın kelamını anlamada zaruri bir vasıtadır" der. Eş'arî ise te'vili daha sınırlı kullanır; fakat haberî sıfatlarda mecaz ihtimalini reddetmez.
Hadislerde de te'vil önemli bir araçtır. "Güneş şeytanın iki boynuzu arasından doğar" hadisi literal olarak okunduğunda mitolojik bir anlam taşır. Kelamcılar bunu "güneş doğarken yalancıların ve batılın etkisinin güçlendiğine dair mecazî bir ifade" olarak yorumlar. Dolayısıyla te'vil, kelamın literalizmin dar kalıplarını aşmak için geliştirdiği en önemli yorum aracıdır.

1.7. Kelam Geleneğinde Yorum Yöntemleri ve Sonuçları

Kelamcılar için yorum yöntemleri birbirinin alternatifi değil, tamamlayıcısıdır. Bunlar genellikle metnin ve konunun mahiyeti ile paralel gelişir. Kelamcılar aşağıdaki ilkelerle nasları yorumlarlar:

- Zahiri anlam önce değerlendirilir.
- Zahiri anlam aklî ve kelamî ilkelere uygunsa, lafız olduğu gibi alınır.
- Zahiri anlam sorun çıkarıyorsa, mecaz ve te'vil seçeneği devreye girer.
- En son aşamada, hüküm ve anlam, makâsıd ile ilişkilendirilir.

Bu çok katmanlı yorum modeli, literalizmin "tek boyutlu" anlam anlayışına karşı kelamın geliştirdiği en sistemli yaklaşımı temsil eder. Bu yaklaşım, aynı zamanda bugün modern hermenötik tartışmalarla da uyumludur. Çünkü anlam, kelamda hem dilsel hem tarihsel hem de aklî katmanların kesiştiği yerde ortaya çıkar.
Kelamcıların geliştirdiği yöntemler, dini düşüncenin hem teorik hem pratik alanlarında geniş etkiler üretmiştir. Örneğin Allah'ın sıfatlarını literal okumanın teşbih tehlikesi doğurması, kelamcıları tenzih ilkesini öne çıkarmaya zorlamıştır. Bu nedenle haberî sıfatlar çoğunlukla mecaz olarak yorumlanmış, böylece İslam düşüncesi antropomorfizm eleştirilerine karşı güçlü bir teolojik duruş geliştirmiştir.

Aynı şekilde, Kur'an'daki kıssaların salt tarihsel olaylar değil, hidayet ve ahlaki eğitim taşıyan ilahi mesajlar olduğu kabul edilmiştir. Bu kabul, anlam merkezci yaklaşımı güçlendirmiş ve literalizmin kıssaları indirgemeci biçimde yorumlamasının önüne geçmiştir.
Dinin sosyal hayata dair hükümlerinde de kelamcıların yöntemleri etkili olmuştur. Adalet, hikmet, maslahat ve makâsıd ilkeleri, hükümlerin sadece lafzına değil, ruhuna odaklanmayı gerekli kılmıştır. Böylece literalizmin toplumsal hayatta katı ve daraltıcı sonuçlar üretmesi engellenmiştir.
Kelam geleneği istikrarlı biçimde şunu savunmuştur: Kur'an'ın amacı, lafızlara hapsolmuş bir hukuk metni değil, hidayet ve hikmet yüklü bir ilahi mesajdır. Bu nedenle yorum yöntemlerinin çeşitliliği, ilahi mesajın insan aklına en uygun şekilde ulaşmasını sağlamak için zorunlu bir araçtır.

3. LİTERALİZMİN KELAMÎ ELEŞTİRİSİ: ÖRNEKLERLE ANALİZ

Kelam ilmi açısından literalizm, dini metinlerin yorumunda ortaya çıkan en problemli eğilimlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Çünkü literal okuma, metnin sadece lafzi yüzeyine bağlı kalarak, dilin derin anlam katmanlarını, mecazi yapısını, tarihsel bağlamı ve ilahi maksadı yeterince dikkate almaz. Kelam geleneği, hem aklın zorunlu ilkeleri hem tevhid prensibi hem de Kur'an'ın kendi bütünlüğü açısından literalizmin sınırlarını belirlemeye çalışmıştır. Bu bölümde literalizmin kelamî açıdan neden sorunlu görüldüğü ve hangi ayet–hadis örneklerinin bu eleştiriyi desteklediği tartışılacaktır.
Literalizmin ilk ve en temel sorunu, haberî sıfatların yorumunda ortaya çıkar. Kur'an'da "Allah'ın eli", "Allah'ın yüzü", "Allah'ın gelmesi", "arşa istiva etmesi" gibi ifadeler zahiriyle alındığında Allah'ın mekânla ve fiziksel varlıkla ilişkilendirilmesi sonucu ortaya çıkar. Bu durum, kelamda teşbih ve tecsim olarak adlandırılan iki ağır itikadi problemin kapısını aralar. Eş'arî geleneği, bu tür ayetleri zahiriyle almanın tevhid inancını zedeleyebileceğini belirterek mecazî yorumu mümkün kılan bir te'vil kapısı bırakmıştır. Mâtürîdî ise daha ileri gider ve Allah'a mekan, sınır, yön gibi beşerî nitelikler izafe eden her yorumun hem akıl hem vahiy açısından reddedilmesi gerektiğini savunur. Dolayısıyla literalizm, Allah tasavvurunu cisimleşmeye yaklaştırdığı için kelamcılar tarafından sınırlandırılan bir yaklaşımdır.
Literalizmin ikinci problemi, dilin yapısını yanlış anlamasıdır. Arapça, mecaz ve kinayenin en yoğun kullanıldığı dillerden biridir. Kur'an'ın belâgatı da bu özellik üzerine kuruludur. Kur'an'da istiare, teşbih ve mecaz onlarca ayette temel anlatım aracıdır. Buna rağmen literal okuma, her lafzı kendi sözlük anlamına hapsederek metnin edebi boyutunu yok sayar. Örneğin "Allah'ın unuttuğu" (9/67) ifadesi, literal olarak alındığında Allah'ın bilgisel eksikliği anlamına gelir ki bu kelam açısından imkânsızdır. Bu nedenle kelamcılar burada "ilahi cezalandırma ve ilgiyi kesme" anlamlarını ifade eden mecazî bir yorum geliştirmiştir.
Literalizmin üçüncü sorun alanı, Kur'an'ın maksatlarını (makâsıd) göz ardı etmesidir. Kur'an'ın ana gayesi hidayet, adalet ve hikmettir. Literal okuma ise metni bu değerlerden koparıp yüzeysel hükümlere indirgeme riski taşır. Örneğin Maide 6'daki abdest ayetini literal olarak "mutlak su kullanımı" şeklinde yorumlayan bazı literalist eğilimler, ayetin sonunda yer alan "Allah sizi zora koşmak istemez" ilkesini dikkate almaz. Mâtürîdî bu ayetin tefsirine şöyle başlamıştır: "Şayet bu ayet lafzî anlamına göre yorumlanırsa, namazı Allah'ın farz kıldığı gibi kimsenin yerine getirmesi mümkün olmazdı" (Mâtürîdî, 2005). Dolayısıyla literalizm, maksadın lafza feda edildiği durumlarda zorluklar ortaya çıkabilir.
Literal okuma, aynı zamanda tarihsel bağlamı ihmal eder. Kur'an'ın indiği toplumun örfleri, sosyal yapısı, kültürel dili ve olay örgüsü dikkate alınmadan yapılan literal yorum, ayetlerin indirgenmesine yol açar. Dini anlamada ilahi olanla beşeri olan ayırımı temeldir. Bunun tespiti anlama yolunda ilk adım görülebilir. İkinci adım ise tatbiktir. Bu tabi ki okuyanın durumuna göre değişecektir. İlahi olan tek, beşeri olan ise çoktur (Yeprem, 2003).

Örneğin Nisa 34'te geçen "daraba" fiilini literal anlamıyla "vurmak" şeklinde anlamak, o ayetin nüzul bağlamını, Arapça kullanım çeşitliliğini ve kelimenin onlarca mecazi anlamını yok saymak anlamına gelir. Kelamî açıdan bu ayet, aile düzeninde bir tür "ayrılık, mesafe koyma, evden uzaklaşma" anlamlarına gelen mecazî bir kullanımla yorumlanabilir. Bu tür örnekler, literalizmin metni tarihsel bağlamdan kopardığında nasıl etik ve teolojik sorunlar ürettiğini gösterir.

Hadislerde literal okuma daha büyük problemler doğurabilir. Örneğin "Güneş şeytanın iki boynuzu arasından doğar" hadisi zahiriyle okunduğunda kozmolojik bir iddia içerir gibi görünmektedir. Ancak İbn Fûrek gibi kelamcılar bu hadisi "şirk ve batıl düşüncelerin sabah saatlerinde yaygınlaşmasına dair mecazi bir uyarı" olarak anlamışlardır. Literal okuma ise modern zihinle çatışan, inanç krizine neden olabilecek bir algı üretir. Benzer bir şekilde "kadınların akıl ve din bakımından eksik olduğu" yönündeki hadis, literal olarak alındığında kadınların ontolojik olarak eksik olduğu anlamına gelir. Kelamcılar ise hadisi, dönemin şahitlik sistemi ve hayız hâlinin ibadetlere etkisi bağlamında açıklayarak "ontolojik" değil, "hukuki–pratik" bir bağlama oturtmuşlardır. Bu da literalizmin toplumsal sonuçlar açısından neden tehlikeli olabileceğini ortaya koyar.

Literalizmin en kritik kelamî problemi, Allah–âlem ilişkisinin yanlış kurulmasına yol açmasıdır. Literalist okumalar, bazen Allah'ın fiillerini beşerî kategorilerle açıklamaya çalışır. Örneğin "Allah'ın bir toplumu başka bir topluma öfke ile göndermesi" gibi ifadeler literal olarak alındığında Allah'ın duygulanımlara sahip olduğu sonucu doğar. Ancak kelamcılar, Allah'ta duygulanım, değişim ve teessür kabul etmenin tevhid ilkesine aykırı olduğunu belirtirler. Bu nedenle bu ifadeler ilahi kudretin tecellisi olarak anlaşılır. Râzî, Allah'ın fiillerinin insan duygularıyla kıyaslanmasının bir tür teşbih olduğunu ve bunun kesinlikle reddedilmesi gerektiğini söyler.

Literal okuma, epistemik açıdan da yetersizdir, çünkü bilgi üretiminde aklın zorunlu rolünü sınırlamaya çalışır. Kelamcılar ise vahyi anlamada aklın zorunlu bir araç olduğunu savunur. Akılsız literal okuma, hem çelişkili sonuçlar doğurur hem de vahyin amaçladığı hikmet boyutunu görünmez kılar. Mâtürîdî'nin ifadesiyle "Allah, kullarına aklı vahyi anlamaları için vermiştir". Literalizm ise aklı vahyin yüzeysel ifadeleri karşısında devre dışı bırakarak kelamî geleneğin temel ilkesine aykırı bir yol izler.

Literalizmin başka bir kelamî sakıncası, inhiraf (sapma) ve tefrika üretme riskidir. Tarih boyunca literal okuma, aşırı teşbih anlayışlarını, mezhep çatışmalarını ve tekfirci eğilimleri beslemiştir. Selefî–zahiri yorumların bazı versiyonları bu nedenle kelamcılar tarafından "aklî tutarlılık" açısından eleştirilmiştir. Gazzâlî, literalizmin aşırı biçimlerinin insanları yanlış bir ilah tasavvuruna sürüklediğini ve bunu "cahil antropomorfizmi" olarak adlandırır.

Literal okumaların modern dönemdeki sorunlarından biri de bilimsel gerçekliklerle çatışmasıdır. Kur'an'ın yedi gökten bahsetmesi, kelamcılar tarafından kozmolojik bir tasvir olarak değil, "ilahi düzenin katmanlılığına işaret eden sembolik bir ifade" olarak değerlendirilmiştir. Literal okumalar ise bunu modern astronomiyle karşı karşıya getirerek gereksiz tartışmalar üretmiştir. Kelamın yöntemi, bu ayetlerde bilimsel açıklama aramak değil, hakiki anlam–mecazi anlam ayrımını doğru yapmaktır.

Toplumsal düzeyde literalizmin üretmiş olduğu bir başka problem, dinî düşüncenin katılaşması ve ahlaki esnekliğini kaybetmesidir. Kelamcılar, ahlaki ilkeleri (adalet, hikmet, maslahât) merkeze alarak hükümlerin ruhunu vurgulamışlardır. Literalizm ise sadece lafızları merkeze alarak dinin sosyal adaptasyon kabiliyetini sınırlar. Örneğin kölelik konusu literal okunduğunda meşru bir kurum gibi görünür; ancak kelamî ve makâsıdî yorum, bu hükümlerin tarihsel olduğunu ve Kur'an'ın hedefinin özgürlüğü genişletmek olduğunu vurgular.

Sonuç olarak literalizm, dini metinlerin anlaşılmasında kelamî açıdan hem teolojik hem epistemik hem ahlaki hem de toplumsal düzeyde sorunlar üreten bir yaklaşımdır. Kelam geleneği, literalizmi bütünüyle reddetmez; ancak onu sınırlandırır, düzenler ve akıl–vahiy uyumunu bozan her tür zahiri yoruma karşı sistematik bir te'vil mekanizması geliştirir. Bu mekanizma sayesinde İslam düşüncesi tarih boyunca teşbih ve tecsim gibi sapmalardan korunmuş, Allah tasavvuru tenzih ilkesi etrafında korunmuş ve dini düşünce yüzeysel lafızlara indirgenmek yerine çok katmanlı bir anlam inşasına yönelmiştir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu bildirinin genel iddiası açıktır: Kelam geleneği, literalizme karşı en güçlü ve tutarlı hermenötik modeli geliştirmiştir. Bu model, ilahi kelamı insan idrakine yakınlaştırırken tevhid ilkesini merkeze alır; vahyin tarihsel bağlamını göz ardı etmez; dilin çok katmanlı yapısını dikkate alır; adalet ve hikmet gibi ahlaki ilkeleri yorumun ayrılmaz bir parçası kabul eder.

Kelam ilmi açısından dini yorum, İslam düşüncesinin merkezinde yer alan bir faaliyettir. Çünkü kelam, yalnızca inanç esaslarını belirleyen bir disiplin değildir; aynı zamanda bu inanç esaslarının dayandığı metinleri (Kur'an ve Sünnet) nasıl anlamamız gerektiğine dair metodolojik ilkeleri de şekillendirir. Bu bildirinin önceki bölümlerinde, kelam geleneğinin literalizmi neden sınırladığını; te'vili, aklı, maksatları ve dilin çok katmanlı yapısını neden yorumun ayrılmaz bir parçası olarak gördüğünü ortaya koyduk. Bu son bölümde, tüm tartışmayı genel bir çerçevede değerlendirerek kelamî bakış açısından anlam merkezli bir hermenötik modelin neden zorunlu olduğu gösterilecektir.

Literalizmin en belirgin sorunu, dini metinlerin yüzeysel anlamlarına sıkı sıkıya bağlı kalarak onları aklî, ahlaki, dilsel ve tarihsel bütünlüğünden koparmasıdır. Bu yaklaşım, özellikle Allah'ın sıfatları ve haberî ayetlerin yorumunda tehlikeli sonuçlar doğurur. Kur'an'da geçen "Allah'ın eli", "Arşa istiva", "Allah'ın gelmesi" gibi ifadeler, zahiri anlamıyla ele alındığında Allah'a mekân ve cisim isnadı kaçınılmaz hale gelir. Ancak kelamcıların erken dönemden itibaren ortaya koyduğu üzere, Allah'ın cisim, araz ve yön ile nitelenmesi imkânsızdır. Literalist bir okuma antropomorfizme yol açma tehlikesini içerir. Nitekim kelam tarihinde Müşebbihe ve Mücessime fırkaları bu tür yaklaşımların ürünü niteliğindedir. Bu bağlamda te'vil, literalizmin önüne geçen ve Allah'ı tenzih eden bir zorunluluk olarak görülmüş; te'vil sadece bir yorum tercihi değil, teolojik bir gereklilik haline gelmiştir.

Kelam geleneği, literalizmin yalnızca Allah tasavvurunu değil, aynı zamanda nübüvvet anlayışını da etkilediğini savunur. Peygamberlerin mucizelerinin literal anlamıyla anlaşılması onları modern zihinle karşı karşıya getirirken, kelamcıların geliştirdiği "mucize–adet ilişkisi", "sünnetullah" ve "hikmet" kavramları, mucize olgusunu ilahi düzenle çelişmeden açıklamayı mümkün kılar. Böylece literalizmin ürettiği irrasyonel algılar, kelamın akılcı çerçevesiyle dengelenmiş olur.

Kur'an'ın kıssaları da literalizmin eleştiri alanlarından biridir. Kelamcılar, kıssaların salt tarihsel olaylar olmadığını, "hidayet, ibret ve ahlaki eğitim" fonksiyonu taşıdığını vurgular. Nitekim Taberî ve Râzî gibi müfessirler dahi kıssaların tarihsel ayrıntılarından çok ahlaki boyutuna dikkat çeker. Literal okumalar ise çoğu zaman kıssaları dünyevî tarihî anlatılar haline getirerek onları indirger. Bu durum, Kur'an'ın pedagojik ve ahlaki boyutunu gölgeler.

Kelam ilmi, literalizmin dilsel sorunlarına da dikkat çeker. Arapça, mecaz ve kinayenin yoğun kullanıldığı bir dil olduğu için Kur'an'ın birçok ifadesi mecazî anlam taşır. Mâtürîdî, "her mecazı reddeden kişi Kur'an'ın belagatini inkâr eder" der. Dolayısıyla literalizm hem dil bilimi açısından hem de belâgat ilmi bakımından eksik bir yaklaşım üretir. Kelamın dil anlayışı ise lafız ile mana arasındaki ilişkiyi çok boyutlu kabul eder; lafzın her zaman anlamın tek belirleyicisi olmadığına işaret eder.

Literalizmin en önemli toplumsal sorunlarından biri, dini düşünceyi katılaştırmasıdır. Nasların eşitlik, adalet, merhamet ve hikmet gibi değerlerini göz ardı eden literal yorumlar, modern toplumda çatışma ve yanlış algılar üretir. Örneğin kadınlarla ilgili bazı hadislerin literal anlamda anlaşılması, kadınların ontolojik olarak "eksik" olduğu sonucunu doğurabilir; ancak kelamcılar ve fıkıh usulcüleri bu hadisleri hukuki bağlamda ve tarihsel zeminde yorumlamış; onları kadınların ontolojik değerine değil, pratik bazı hükümlere bağlamıştır. Bu tür örnekler, literalizmin toplumsal algıları nasıl şekillendirdiğini gösterir.

Kelam geleneğine göre dinin ahlaki boyutu göz ardı edildiğinde literalizm kaçınılmaz olarak dar bir hukukçuluğa dönüşür. Halbuki Kur'an'ın temel amaçlarından biri, insanları adalete, merhamete ve hikmete yönlendirmektir. Şâtıbî'nin ifade ettiği gibi, "Kur'an'ın maksatları bilinmeden hüküm çıkarmak, hükmü yanlış yere taşımaktır". Literalizm ise hükmü maksattan koparak metni hukuki kalıplara sıkıştırır.

Modern dönemde literalizmin bir başka sorunu, din ile bilim arasındaki ilişkiyi sağlıksız bir zemine oturtmasıdır. Kur'an'daki kozmolojik tasvirler, psikolojik metaforlar veya ahlaki benzetmeler literal olarak alındığında modern bilimle çatışıyormuş gibi görünür. Kelamcılar ise erken dönemden itibaren Kur'an'ın bilim kitabı değil, hidayet kitabı olduğunu vurgulamış ve bu tür ayetlerin sembolik–pedagojik karakterini öne çıkarmıştır. Bu yaklaşım, modern dönemde din–bilim ilişkisini sağlıklı zemine taşımaktadır.

Kelam açısından literalizmin epistemik sınırları da dikkat çekicidir. Literalizm, aklın hüküm vermek, anlamak ve değerlendirmek konusundaki yetkisini sınırlandırır. Oysa kelam geleneğinde akıl, vahyi anlamanın zorunlu bir aracıdır. Dolayısıyla literalizm, dinin epistemolojik zeminini zayıflatma riski taşır.

Bu eleştirilerin ışığında, kelam ilmi literalizmi bütünüyle reddetmez; aksine onu düzenler, sınırlandırır ve gerekli durumlarda te'vil ile tamamlar. Çünkü literalizmin tamamen terk edilmesi de metnin yapı bütünlüğünü bozabilir. Kelamın sunduğu modelde literallik ve te'vil bir karşıtlık değil, bir denge ilişkisidir. Metin önce zahiriyle değerlendirilir; zahir anlam, akıl, tevhid ve maksad ile çelişmediği sürece kabul edilir. Ancak literal anlam tevhidi zedeliyor, aklî imkânsızlık doğuruyor, ahlaki ilkelere ters düşüyor ya da metnin genel bütünlüğüyle çelişiyorsa te'vil devreye girer. Böylece kelamın yöntemi hem nassı korur hem aklı ve hikmeti dikkate alır.

Sonuç olarak, çağdaş İslam düşüncesinin ihtiyaç duyduğu yorum modeli, kelamın sunduğu bu denge ve derinliktir. Literalizmin aşırılıklarından uzak, makâsıd, te'vil, akıl ve tenzih ilkelerini merkeze alan kelamî hermenötik, hem modern insanın anlam arayışına yanıt verebilecek hem de Kur'an'ın evrensel mesajını günümüz dünyasında anlamlı kılabilecek bir yorum imkânı sunmaktadır. Bu nedenle dini yorumun sınırları tartışılırken kelam ilminin yöntemleri ve ilkeleri yalnızca tarihsel bir miras değil, aynı zamanda canlı, güncel ve yol gösterici bir çerçeve olarak değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

Bardakoğlu, A. (2003). Dinin Anlaşılması, Yorumlanmasındaki Faklılıklar ve Çözüm Üzerine. *II. Din Şûrası (23-27 Kasım 1998)*. Ankara, Diyanet İşleri Başkanlığı.

Kayacan. M. (2025). "Kur'an'ın Doğru Anlaşılabilmesi İçin Gereken Temel İlkeler" https://www.muratkayacan.com/2014/11/kuranin-dogru-anlasilabilmesi-icin-gereken-temel-ilkeler.html Erişim: 29.11.2925

Maşalı, M. E. (2008). İbn Hazm'ın Dinî Düşünce Sisteminde Kur'ân ve Yorum. *Uludağ Üniversitesi İlâhiyat Fakültesi Dergisi* 17/2, 331-358.

Mâtürîdî, Ebu M. (2005). *Te'vîlâtü'l-Kur'ân*, thk. Mehmet Boynukalın-Bekir Topaloğlu. İstanbul: Mizan yayınevi

Öncü, M. (2014). *Uluslararası İmam Eş'arî ve Eş'arîlik Sempozyumu (21-23 Eylül 2014)* Ed. Cemalettin Erdemci-Fadıl Ayğan. Dinî Kutsal Metinlerde Allah İçin Tecsîm ve Teşbîh İfade Eden Lafızların Arap Diline Göre Yorumlanması (Eş'arîlik Doktrini Bağlamında). 2/681-692.

Sevim, H. Kur'ân Yorumunda Metin Dışı Bağlamın İhmali: Enfâl Sûresi 17. Ayet Örneği. *Bülent Ecevit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, Haziran 2025, 12 (1): 45-67.

Sinanoğlu, A. F. (2017). *İslam ve Yorum* (Ed. Fikret Karaman). Dini Metinlerin (Text) Yorumuna Toplum Bilim Açısından Yaklaşım (III/141-145). Malatya, Malatya İlahiyat Vakfı.

Ünal, M. (2017). *İslam ve Yorum* (Ed. Fikret Karaman). Dini Yorum geleneğinde hikmetin (Bilgelik) Bütünlükçü Yapısı. (III/105-112). Malatya: Malatya İlahiyat Vakfı.

Yeprem, S. (2003). Dinin Anlaşılmasında ve Hayata Geçirilmesinde Yorum ve Yeri. *II. Din Şurası (23-27 Kasım 1998)*. Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları, Ankara.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

EBÛ BEKR EL-BÂKILLÂNÎ MÜNAZALARI ÖRNEĞİNDE KELAMİ MÜNAKAŞALAR

Prof. Dr. Mustafa ÜNVERDİ
Gaziantep Üniversitesi İlahiyat Fakültesi
ORCID: 0000-0002-2848-4073

ÖZET

Bu çalışma, erken dönem Eş'arî kelâmının kurucu simalarından biri olan Ebû Bekr el-Bâkıllânî'nin (ö. 1013) münazara faaliyetlerini tarihsel ve yöntemsel boyutlarıyla incelemektedir. Araştırmanın temel problemi, klasik kaynaklarda güçlü bir tartışmacı olarak öne çıkan Bâkıllânî'nin münazaralarının modern literatürde yeterince ve sistematik biçimde analiz edilmemiş olmasıdır. Özellikle onun mantık merkezli argümantasyon tarzı, delillendirme yöntemleri ve farklı düşünce ekolleriyle yürüttüğü tartışmaların kelâm metodolojisinin oluşumuna katkıları çoğu zaman parçalı şekilde ele alınmıştır. Bu çalışma, Bâkıllânî'nin münazaralarını hem içerik hem de yöntem açısından bütüncül bir değerlendirmeye tabi tutarak söz konusu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın amacı, Bâkıllânî'nin tartışmalarında kullandığı aklî ve naklî delil düzenini, karşıt görüşleri ele alış biçimini ve mantık kullanımını ortaya koymaktır. Bunun yanında onun Mu'tezile, Hanbelî ekolü ve Hristiyan teologlarla yürüttüğü münazaralar üzerinden kelâmî söylemin nasıl yapılandığını analiz etmek hedeflenmektedir. Bâkıllânî'nin gerek İslâm içi fırkalarla gerekse dinler arası ortamlarda sergilediği yüksek tartışma kabiliyeti, kelâmın epistemik araçlarını çeşitlendiren bir rol üstlenmiştir.

Araştırma yöntemi olarak metin merkezli çözümleme ve karşılaştırmalı analiz benimsenmiş; *el-İnsâf*, *Kitâbü't-Temhîd* ve *İ'câzü'l-Kur'ân* gibi temel eserlerdeki tartışma örnekleri, dönemsel bağlamı ve çağdaş âlimlerin görüşleriyle birlikte değerlendirilmiştir. Ayrıca tarihsel anlatılardaki münazara kayıtları da Bâkıllânî'nin tartışma üslubunu anlamak için kullanılmıştır.

Çalışmanın bulguları, Bâkıllânî'nin mantıkî tutarlılık, delil hiyerarşisi ve eleştirel analiz ilkelerini kelâm literatürüne yerleştiren önemli bir dönüştürücü olduğunu göstermektedir. Onun sistematik, rasyonel ve disiplinli tartışma yaklaşımı, hem Eş'arî geleneğin kurumsallaşmasına hem de İslâm düşüncesinde münazara kültürünün olgunlaşmasına belirleyici katkılar sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Ebû Bekr el-Bâkıllânî, münazara, kelâm, Eş'arîlik, argümantasyon, İslâm düşüncesi.

THEOLOGICAL DEBATES IN THE EXAMPLE OF ABU BAKR AL-BAQILLANI'S DISPUTATIONS

ABSTRACT

This study examines the debate tradition of Abū Bakr al-Bâkıllânî (d. 1013), one of the foundational figures of early Ashʿarī theology, focusing on the methodological, intellectual, and historical dimensions of his disputations. The central problem addressed in this research is the limited systematic analysis of al-Bâkıllânî's debate practices in modern scholarship, despite his well-documented reputation as a powerful interlocutor in both Muslim and interreligious intellectual circles. Although classical sources frequently highlight his sharp reasoning and persuasive rhetorical skills, the structure, function, and epistemological foundations of his debates remain underexplored.

This study aims to fill this scholarly gap by analyzing how al-Bâkıllânî's debates contributed to the institutionalization of Ashʿarī kalām and to the development of a coherent tradition of Islamic dialectical theology.
The purpose of this paper is to investigate al-Bâkıllânî's argumentative strategies, his organization of logical proofs, and his approach to rival schools such as the Muʿtazila, the Hanbalī literalists, and Christian theologians in interreligious disputations. Special emphasis is given to his use of rational demonstration (*istidlāl*), hierarchical structuring of evidence, and his method of reconstructing opposing arguments in their strongest form before refuting them.
The study employs a text-centered qualitative methodology, analyzing al-Bâkıllânî's primary works—*al-Tamhīd*, *al-Insāf*, and *Iʿjāz al-Qur'ān*—alongside narrative reports of his debates in Baghdad and the Būyid court. A comparative approach is also incorporated, situating his debate methods within broader kalām and philosophical traditions of the 10th and 11th centuries.
The findings indicate that al-Bâkıllânî played a decisive role in shaping the argumentative architecture of classical kalām by integrating logic into theological debate, establishing discursive norms, and refining interreligious polemics. His systematic and rational approach significantly influenced subsequent Ashʿarī theologians and contributed to the intellectual maturation of Islamic dialectical thought.
Keywords: Abū Bakr al-Bâkıllânî, debate, kalām, Ashʿarī theology, argumentation, Islamic intellectual history.

GİRİŞ

İslam düşünce geleneği içinde kelâm ilmi, ortaya çıktığı ilk dönemlerden itibaren sadece itikadî meseleleri izah eden bir disiplin olmakla kalmamış, aynı zamanda aklî muhakemenin, diyalektik yöntemin ve tartışma kültürünün gelişmesine öncülük eden bir entelektüel alan hâline gelmiştir. Bu yönüyle kelâm, İslam toplumlarında hem ilmî tartışmaların seyrini belirleyen hem de farklı mezhepler, din mensupları ve felsefî akımlar arasında cereyan eden fikrî çatışmalara yön veren bir konuma sahiptir. Kelâmın doğasında yer alan bu tartışma ve istidlal geleneği, erken dönemden itibaren "münazara" kavramı etrafında şekillenmiş ve zamanla belli usûl kurallarına bağlı bir ilmî disipline dönüşmüştür. Münazara, kelâmcıların aklî delillerle görüşlerini savunmalarına, karşıt görüşleri çürütmelerine ve inanç alanındaki meseleleri sistematik bir temele oturtmalarına imkân tanımıştır. Özellikle Abbâsî dönemiyle birlikte medrese geleneğinin güçlenmesi ve mantık ilminin İslam düşüncesine nüfuz etmesiyle, münazara hem öğretim yöntemi olarak hem de ilmî yeterlik ölçütü olarak kurumsallaşmıştır. Bu süreçte Muʿtezile, Eşʿarîlik, Mâtürîdîlik, Şiîlik ve diğer kelâm ekolleri arasında yoğun tartışmalar yaşanmış; Müslüman âlimler Hıristiyan, Yahudi ve felsefî çevrelerle de kapsamlı münazaralara girmiştir. Bu münazara geleneği içinde en etkili isimlerden biri Ebû Bekr el-Bâkıllânî'dir. Onun tartışmaları, Eşʿarî kelâmının kurumsallaşmasında kritik bir rol oynamış; Muʿtezile, Şiîlik, Kerrâmiyye ve Hıristiyan ilahiyatçılarla yaptığı münazaralar, hem yöntemsel hem de doktrinel açıdan derin etkiler bırakmıştır. Bâkıllânî, mantıkî tutarlılığı, hızlı muhakemesi, delil üretme kabiliyeti ve diplomatik zekâsıyla döneminin en güçlü kelâmcısı kabul edilmiş; münazaraları İslam düşüncesinin entelektüel tarihine yön veren örnekler olarak kaydedilmiştir. Bu bildiride, kelâm ilmindeki münazara geleneği tarihsel ve metodolojik açıdan ele alınacak; ardından kelâm tarihinde öne çıkan münazara örnekleri incelenecek ve son olarak Bâkıllânî'nin münazaraları içerik, bağlam ve sonuçları bakımından kapsamlı biçimde değerlendirilecektir.

1. KELÂM'DA MÜNAZARA GELENEĞİ

İslam düşünce tarihinde kelâm, sadece itikadî meseleleri açıklayan bir disiplin değil, aynı zamanda yoğun bir diyalektik tartışma, aklî muhakeme ve münazara geleneği üzerine inşa edilen rasyonel bir bilgi alanıdır. Kelâmcıların düşüncelerini geliştirme, savunma ve karşı görüşleri çürütme biçimleri, Müslüman toplumda hem ilmî hem de siyasî alanların şekillenmesinde belirleyici olmuştur. Bu nedenle münazara, kelâm ilmini doğuran ve geliştiren temel metodolojik unsurlardan biri kabul edilir (Madkur, 1964).

Münazara kavramı Arapça *n-ẓ-r* kökünden türemiş olup "bakmak", "düşünmek", "delil üretmek" anlamlarına gelir. Kelâm terminolojisinde ise münazara; iki tarafın belirli bir konuda delile dayalı tartışmaya girişmelerini, karşı tarafın argümanını çürütme ve kendi görüşünü temellendirme sürecini ifade eder. Kelâmcılar münazarayı bir tür "ilmî mücadele alanı" olarak görmüş, bu yöntemin rasyonel dinî bilgi üretimi için vazgeçilmez olduğunu savunmuşlardır (Gazzâlî, 2000).

Bu bölümde, kelâm ilminde münazaranın doğuşu, kavramsal çerçevesi, metodolojik dayanakları ve tarihsel gelişim süreci ele alınacak; ardından İslam düşüncesinin farklı dönemlerinde münazara geleneğinin nasıl kurumsallaştığı ortaya konulacaktır.

1.1. Münazaranın Tanımı ve Kavramsal Çerçevesi

Kelâm literatüründe münazara çoğu zaman *cedel*, *bahs*, *mübahase* ve *mücâdele* kavramlarıyla birlikte anılır; ancak bu terimler arasında ince anlam ayrımları bulunmaktadır. Cedel, karşı tarafı susturma amacı güden tartışmadır ve yöntem olarak kıyas, karşılaştırma ve delil değerlendirmesi içerir. Bahs, daha sistematik, kurallı ve ilmî tartışmalara işaret ederken münazara, bu iki yöntemi de kapsayan daha geniş bir çerçeve sunar (Şehristanî, 1984). Kelâmcılar açısından münazaranın en önemli özelliği, hakikatin ortaya çıkarılmasına yönelik bir epistemik çaba olmasıdır. Münazaranın kelâm ilmindeki metodolojik temeli üç unsura dayanır:

a. Delil ve istidlal: Münazarada tartışmanın meşruiyet kazanması için her iddianın delile dayanması gerekir. İmamü'l-Haremeyn el-Cüveynî, delilin kelâm ilminin "rüknü" olduğunu, delilsiz tartışmanın ilmî değere sahip olmadığını ifade eder (Cüveynî, 1979).

b. Mantıkî kurallar: Özellikle Hicrî 4. yüzyıldan itibaren mantığın İslam düşüncesine dâhil olmasıyla birlikte münazaralar daha sistematik hâle gelmiş, mantık ilkeleri tartışmaların temelini oluşturmuştur.

c. Ahlâkî sınırlar: Kelâmcılar, münazarada karşı tarafın kişiliğine saldırı, hakaret ve alay gibi davranışların tartışmayı geçersiz kılacağını kabul etmişlerdir. Bu yönüyle münazara hem epistemik hem de ahlâkî bir disiplin olarak görülmüştür (Gazzâlî, 2000).

1.2. Kelâm'da Münazaranın Ortaya Çıkışı

Münazara geleneği kelam ilminin erken döneminden itibaren görülmüştür. Bunun ortaya çıkışında üç faktörün öne çıktığı ifade edilebilir:

a. Farklı Mezheplerin Ortaya Çıkışı

İslam'ın ilk yüzyıllarında siyasi, itikadî ve sosyal meseleler üzerine farklı yorum gelenekleri oluşmuştur. Haricîlik, Şiîlik, Mürcie, Kaderiyye ve Cehmiyye gibi akımların doğurduğu tartışma ortamı, kelâmcıları görüşlerini savunmaya ve sistemli argümanlar geliştirmeye sevk etmiştir (Watt, 1991). Bu dönemde münazara daha çok savunma ve açıklama amacı taşımaktaydı.

b. Yunan Mantığının ve Felsefesinin Etkisi
Tercüme faaliyetleriyle Aristoteles mantığının İslam dünyasına girmesi, kelâmcıların düşünme biçimini dönüştürmüştür. Aristoteles'in kıyas teorisi kelâm ilminin metodolojisine doğrudan nüfuz etmiş, tartışmalar daha aklî ve yapısal bir hâl almıştır (Fahri, 2002).
c. Abbâsî Dönemindeki İlmî Ortam ve Saray Tartışmaları
Özellikle Bağdat ve Basra çevrelerinde Abbâsî halifelerinin tartışmaları teşvik etmesi, kelâmcılarla filozof, Hristiyan ilahiyatçı ve Yahudi âlimler arasında düzenli münazaraların yapılmasına zemin hazırlamıştır. Bu ortam, münazara geleneğini bireysel çabalardan çıkarıp kurumsal bir seviyeye taşımıştır.

1.3. Kelâmî Münazara Usulü ve Kuralları
Kelâmcılar tartışmaların kurallı yürütülmesi için belirli ilkeler geliştirmiştir. Bunlar genelde iki başlık altında toplanır:
a. Taalluk Kuralları (İlgilenme Kuralları): Bu kurallar, tarafların iddia ve delillerinin tartışmanın konusuyla ilişkili olmasını zorunlu kılar. Örneğin:
- Delil iddiaya uygun olmalıdır.
- Konudan sapma tartışmanın geçerliliğini zedeler.
- Mantıksal tutarlılık korunmalıdır.

b. İtiraz ve Savunma Kuralları: Münazarada tarafların birbirlerine yönelttiği itirazların belirli bir mantıksal yapısı vardır. İtirazın geçerli sayılması için:
- Delilin çürütülmesi,
- Delilin geçersizliğinin gösterilmesi,
- Delilin konuyla ilgisiz olduğunun ispatı gibi yöntemler kullanılır (Şehristani, 1984).

Ayrıca kelâmcılar, itirazlarda aşırılığın, polemik odaklı üslubun veya karşı tarafı küçük düşürmeye yönelik ifadelerin ilmî tartışmayı bozacağını kabul ederler.

1.4. Münazaranın Kelâm İlminin Gelişimine Etkileri
Kelâm tarihi incelendiğinde, münazaranın sadece bir tartışma yöntemi değil, aynı zamanda bilgi üretme mekanizması olduğu görülür. Bu bağlamda münazara geleneğinin kelâm ilmine katkıları şu başlıklarda toplanabilir:
a. Kavramlaştırmayı geliştirmiştir: İlk kelâmcıların dağınık ifadeleri, münazara ortamlarında zorunlu olarak sistematik hâle gelmiştir.
b. Delil türleri netleşmiştir: Naklî delil, aklî delil, istidlal, istishâb gibi kavramlar bu tartışmaların sonucunda olgunlaşmıştır.
c. Mezhepler arasındaki sınırlar belirginleşmiştir: Münazaralar, Eş'arîlik, Mâtürîdîlik ve Mu'tezile gibi ekollerin doktrinlerinin keskinleşmesinde belirleyici olmuştur.
d. Kelâmın savunmacı karakteri güçlenmiştir: Özellikle dinler arası münazaralar, Müslüman kelâmcıların kendi inanç ilkelerini daha güçlü biçimde temellendirmelerine imkân tanımıştır (Thomas, 2012).

2. KELÂM TARİHİNDE MÜNAZARA ÖRNEKLERİ
Kelâm düşüncesi, İslam'ın ilk dönemlerinden itibaren fikrî tartışmaların yoğunlaştığı bir alan olarak ortaya çıkmış, çeşitli mezhepler, dinî-siyasî hareketler ve entelektüel çevreler arasındaki münazaralar aracılığıyla zenginleşmiştir. Kelâm tarihinde münazara sadece bir yöntem değil, aynı zamanda ilim üretiminin, mezhepler arası etkileşimin ve kriz dönemlerinde doktrin savunusunun temel araçlarından biri olmuştur. Bu bölümde, erken dönemden klasik dönemin sonlarına kadar uzanan çizgide belli başlı münazara örnekleri ele alınarak, kelâm geleneğinin nasıl şekillendiği ortaya konacaktır.

2.1. Erken Dönemde Tartışma Ortamı

İslâm toplumunun Hz. Peygamber sonrası hızlı genişlemesi, siyasal ve toplumsal meseleleri beraberinde getirmiştir. Kader, büyük günah, iman–amel ilişkisi, yöneticinin meşruiyeti gibi meseleler sahabe döneminden itibaren tartışılmaya başlanmıştır. Özellikle Kaderiyye'nin kader reddiyesi**,** Haricîliğin tekfir yaklaşımı ve Mürcie'nin ertelemeci pozisyonu**,** kelâm ilmine giden tartışma zeminini hazırlamıştır (Watt, 1991). Bu dönemde tartışmalar daha çok "akraba meclisleri", "devlet sarayları" ve "ilmî halka"larda gerçekleşmiş, metodolojik olarak henüz olgunlaşmamıştır.

Bu dönemde önemli örneklerden birisi Hasan el-Basrî'dir. Hasan el-Basrî'nin kader, irade ve kulun fiilleri konusunda verdiği fetvalar, kendisine yöneltilen sorularla başlayan bir erken münazara geleneğinin oluşmasına katkı sağlamıştır. Ona nisbet edilen "Risâle fî'l-kader", ilk kelâmî tartışma metinlerinden biri kabul edilir. Bu dönemdeki tartışmalar, daha sonra Mu'tezile'nin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır.

2.2. Mu'tezile'nin Münazara Geleneğindeki Rolü

Hicrî 2. ve 3. yüzyıllarda Mu'tezile kelâm metodolojisini sistemleştirmiş ve münazarayı ilmî yöntemin merkezine yerleştirmiştir. Vâsıl b. Atâ ve Amr b. Ubeyd'in başlattığı düşünce hareketi, Basra'da münazara kültürünü kurumsallaştırmıştır. Bu ekolün en dikkat çeken münazaracıları arasında: Ebû Huzeyl el-Allâf, İbrahim en-Nazzâm, Câhiz, Muammer b. Abbâd, Ebu Ali el-Cübbâî gibi isimler yer alır. Ebû Huzeyl'in özellikle ateistlerle ve Hıristiyan ilahiyatçılarla yaptığı tartışmalar, kelâm ilminin felsefî yönünü güçlendirmiştir (Fahri, 2002).

İbrahim en-Nazzâm'ın "*lutf*", "*mutavellid fiiller*", "*sebr ve taksim*" gibi usulleri kullanarak gerçekleştirdiği münazaralar, kelâm metodolojisinin mantıkî yapısını belirginleştirmiştir. Nazzâm, münazaralarında daha çok sezgisel ve edebî bir üslup kullanmış, bu nedenle döneminde "en etkili münazaracı" olarak tanınmıştır (Frank, 1989).

Öte yandan Abbâsî Halifesi Me'mûn döneminde Kur'an'ın mahlûk olup olmadığı tartışması siyasal bir boyut kazanmış, halife huzurunda kelâmcılar ile hadis âlimleri arasında yoğun münazaralar yapılmıştır. Ahmed b. Hanbel'in reddiyesi ve Mu'tezilî âlimlerin ısrarlı savunuları bu dönemin önemli münazara örneklerindendir (Watt, 1991). Bu münazaralar hem mezhepler arası ilişkileri hem de kelâmın toplumsal algısını derinden etkilemiştir.

2.3. Eş'arîliğin Ortaya Çıkışı ve Yeni Münazara Formu

Eş'arî'nin Mu'tezile'yi terk ederek yeni bir kelâm anlayışı geliştirmesi, münazara tarihinin dönüm noktalarından biridir. Eş'arî, eski hocalarının görüşleriyle uzun tartışmalara girişmiş, yazdığı *İbâne* ve *Lüma'* gibi eserlerde bu polemiklerin yansımalarını göstermiştir.

Eş'arî'nin talebeleri, özellikle Bâkıllânî, Cüveynî ve Gazzâlî, münazara usulünü sistemleştirmiştir. Bu dönemden itibaren münazaraların temel ilkeleri şunlardır: (I) Mantığa tam uyum, (II) Delillerin hiyerarşisi, (III) Kavramların kesin tanımı (Gazzalî, 2000). Bu yaklaşım, Eş'arîliğin entelektüel dünyada hızla güçlenmesini sağlamıştır.

2.4. Kelâmcılar ile Diğer Din Mensupları Arasındaki Münazaralar

2.4.1. Müslüman–Hıristiyan Münazaraları

Abbasî saraylarında Müslüman âlimlerle Hıristiyan ilahiyatçılar arasında düzenli tartışmalar yapılmıştır. Konu genellikle aşağıdaki doktrinler etrafında şekillenmiştir (Thomas, 2012).

- Teslis,
- İsa'nın tabiatları,
- İncil metninin tahrifi,
- Tanrı'nın sıfatları

Bu tartışmaların en ünlülerinden biri, Hıristiyan patrikler ile Müslüman kelâmcılar arasında geçen ve kaynaklarda ayrıntılı biçimde aktarılan münazara dizileridir. Bu münazaralar İslam kelâmının dış meydan okumalar karşısında "savunmacı yönünü" güçlendirmiştir.

2.4.2. Yahudi Kelamcılarla Münazaralar

Ortaçağ Babilonya Yahudiliği'nin tanınmış âlim ve yazarı, Ahd-i Atîk'in ilk Arapça mütercimi ve Saadia Gaon olarak bilinen Saîd b. Yûsuf Feyyûmî, Müslüman kelâmcılarla tartışmalarıyla bilinen önemli bir Yahudi düşünürdür. Onun Müslüman âlimlerle kader, yaratma ve ruhun mahiyeti konularında yaptığı münazaralar, iki entelektüel geleneğin yakınlığını ve etkileşimini göstermesi bakımından önemlidir (Davidson, 2011).

2.5. Filozoflarla Kelâmcılar Arasındaki Münazaralar

Kelâm tarihinde en sert münazaralardan biri, kelâmcılar ile İslam filozofları arasında yaşanmıştır. Bu tartışmalar genellikle âlemin kıdemi, Tanrı–âlem ilişkisi, nedensellik, ruhun mahiyeti ve ilahi bilginin keyfiyeti ve sınırlarıyla ilgili olmuştur. Bunlara dair örnekler şöyledir:

2.5.1. Gazzâlî ve İslam Filozoflarıyla Münazarası

Gazzâlî'nin *Tehâfütü'l-Felâsife* adlı eseri, filozoflar ile kelâmcıların mübâhase geleneğinin doruk noktasıdır. Gazzâlî bu eserde filozofları 20 meselede eleştirmiş, özellikle Tanrı'nın cüz'iyatı bilip bilmeyeceği, âlemin ezeliliği ve haşrin mahiyeti konularında onlarla fikrî çatışmaya girmiştir. Onun nu konudaki yöntem, münazara üslubudur (Fahri, 2002). Bu eser, kelâm tarihinde polemik ve münazaranın nasıl yüksek bir entelektüel seviyeye taşındığının açık bir örneğidir.

2.5.2. Fahreddin Râzî ile Filozoflar Arasındaki Tartışmalar

Râzî'nin, İbn Sina felsefesine yönelttiği eleştiriler kelâm tarihinde çığır açmıştır. Münazaracı kişiliğiyle tanınan Râzî, birçok eserde filozoflarla hayali veya gerçek tartışmalar yürütmüş, özellikle "kıdem–hudûs" problemi üzerinden felsefenin metafizik yapısını çözümlemiştir.
Öte yandan münazara erken dönem düşünce dünyasında münazara yalnızca kelâmda değil, fıkıh usûlünde de yaygın bir yöntemdi. Özellikle Hanefî usûlcülerinin geliştirdiği cedel literatürü, kelâmcılar tarafından da benimsenmiştir (Makdisi, 1981). Kelâm, fıkıh usûlü ve mantık arasında bu karşılıklı etkileşim, münazara disiplininin kurumsallaşmasını hızlandırmıştır.

2.6. Bâkıllânî'nin Yaşadığı Dönemde İlmî Durum

Hicrî 4./10. yüzyıl, kelâm tarihinde münazaranın en gelişmiş dönemlerinden biridir. Bu yüzyılda. Mezhepler arası tartışmalar keskinleşmiş, Abbâsî sarayı ilmî mücadelelere ev sahipliği yapmış, Hıristiyan ve Yahudi ilahiyatçılarla düzenli münazaralar yapılmış ve Mu'tezilî, Hanbelî ve Eş'arî gelenekler arasında yoğun polemikler yaşanmıştır.
İşte Bâkıllânî bu yüksek entelektüel rekabet ortamında yetişmiş, hızlı düşünme, güçlü istidlal ve etkili hitabetiyle döneminin en ünlü münazaracısı hâline gelmiştir. Onun münazaraları, kelâm tarihinde olgunlaşmış münazara modelinin zirvesi olarak kabul edilir.
Bir sonraki bölümde, Bâkıllânî'nin münazara yaptığı kişi ve gruplar ayrıntılı olarak ele alınacak, münazaraların içerikleri, bağlamları ve İslam düşüncesine etkileri örneklerle incelenecektir.

3. EBÛ BEKR EL-BÂKILLÂNÎ'NİN MÜNAZARALARI VE SONUÇLARI

Bâkıllânî, Eşʿarî kelâmının kurucu neslinin etkili isimlerinden biri olarak kabul edilir. Onu önceki kelâmcılardan ayıran temel özellik, sadece teorik bir kelâmcı değil aynı zamanda olağanüstü bir münazaracı olması, dönemin hemen her fikir çevresiyle tartışmaya girmesi ve Eşʿarîliği güçlü bir "kelâmî savunma sistemi" hâline getirmesidir. Kaynaklarda Bâkıllânî'nin hitabet yeteneği, delil üretme hızı, mantıkî çözümlemeleri ve karşı tarafın argümanını anında çürütme kabiliyeti övgüyle zikredilir (Karadaş, 2009).

Bâkıllânî'nin münazaraları, kelâm tarihinde hem Eşʿarî geleneğin doktriner sınırlarını belirlemiş hem de İslam dışı entelektüel çevrelerle ilişkilerin seyrini etkilemiştir. Onun münazaraları yalnızca teolojik tartışmalar değil, aynı zamanda Abbâsî sarayının siyasî atmosferi, mezhepler arası rekabet ve İslam–Hıristiyan ilişkilerinin şekillenmesinde rol oynayan diplomatik faaliyetlerdir. Bu bölümde Bâkıllânî'nin münazara yaptığı çevreler üç kategoride incelenecektir:

a. İslam içi mezhep ve ekollerle yaptığı münazaralar
b. İslam dışı din mensuplarıyla münazaralar (özellikle Hıristiyanlarla)
c. Felsefî ve aklî ekollerle tartışmaları

Son olarak, bu münazaraların İslam düşüncesine etkileri, doktrinleşme süreçlerine katkıları ve Eşʿarîliğin kurumsallaşmasındaki rolü değerlendirilecektir.

3.1. Bâkıllânî'nin İslam Mezhepleriyle Münazaraları

Bâkıllânî'nin münazaraları İslam entelektüel coğrafyasındaki hemen bütün büyük mezheplerle yapılmıştır. Bu mezheplerin başında Muʿtezile, Şiîlik (özellikle İmamiyye ve Karmatî çevreleri), Kerrâmiyye, Hanbelîlik ve bazı Mürciî–Cehmî gruplar gelir.

3.1.1. Muʿtezile ile Münazaralar

Basra ekolünün hâlen güçlü olduğu bir dönemde yetişmiştir. Amr b. Bahr el-Câhiz, Ebu Ali el-Cübbâî ve Ebu Hâşim el-Cübbâî gibi isimlerin doktrinleri hâlen tartışılmakta ve pek çok bölgede etkisini sürdürmekteydi. Bu nedenle Bâkıllânî'nin en sert, en kapsamlı ve en derin tartışmaları Muʿtezilî âlimlerle olmuştur. Bâkıllânî'nin Muʿtezile ile münazaralarında öne çıkan başlıklar şunlardır:

a. Allah'ın sıfatları meselesi
b. Kulların fiilleri (Kesb teorisi)
c. Hüsün–kubuh meselesi
d. Kur'an'ın mahlûk olup olmaması

Kaynaklarda Bâkıllânî'nin Muʿtezile ile yaptığı tartışmalarda olağanüstü bir mantık örgüsü kullandığı belirtilir. Özellikle Bağdat ve Basra'daki münazaraları Eşʿarîliğin Muʿtezile karşısında güç kazanmasında etkili olmuştur (Frank, 1989).

Bu tartışmaların Eşʿarîliğin siyasal ve ilmî otoriteler nezdinde güçlenmesi, Muʿtezile'nin "yüksek rasyonalite iddiasının" sorgulanması ve sıfatlar teorisinin Eşʿarîlikte doktriner hâle gelmesi gibi sonuçları beraberinde getirdiği ifade edilebilir.

3.1.2. Şia ile Münazaralar

Bâkıllânî'nin Şiîlerle, özellikle İmamiyye ve Karmatîler ile tartışmaları kelâm tarihinde önemli bir yer tutar. Söz konusu münazaraların başlıca konusu İmamet meselesidir. Bilindiği gibi İmamet doktrini Şiîliğin merkezî ilkesidir. Bâkıllânî, imâmetin nass değil ümmetin maslahatına bağlı bir kurum olduğunu savunur. Şiî âlimlerle yaptığı münazaralarda şu argümanları kullanmıştır:

a. Nassın açık olmayışı
b. Maslahat ilkesi
c. İcmâın belirleyici rolü
d. Hz. Ali'nin kendisinin hilâfeti zorla talep etmemesi

Bu tartışmalar Eşʿarî geleneğin siyasal teorisini şekillendirmiştir (Makdisi, 1981). Bunun dışında Bâkıllânî Karmatîlerle münazaralar yapmış, bu dönemde siyasî faaliyet yürütmüş ve Abbâsî otoritesine karşı sert muhalefet göstermişlerdir. Bâkıllânî'nin onların bâtınî yorumlarına yönelttiği eleştiriler iki açıdan önemlidir: Birincisi, nasların zâhirî manalarının evleviyetle delil olduğu; ikincisi ise bâtınî yorumların sınırsızlığının epistemik kaosa/belirsizliğe yol açmasıdır. Bâkıllânî, bâtınîliğe karşı mantıkî sınırlar ve epistemolojik tutarlılık ilkelerini savunmuştur.

3.1.3. Kerrâmiyye ile Münazaralar

Kerrâmiyye, Allah'ın cisim olduğunu savunan literalist bir mezheptir. Bâkıllânî'nin bu mezheple münazaraları Allah'ın sıfatları ve tevhid konusunda çok sert geçmiştir. Onun Kerrâmiyye'ye karşı delilleri şöyledir:

a. Cisim olmanın parçalı olmayı gerektireceği
b. Cisimler için mekânda bulunmanın zorunlu olması
c. Allah'ın mekândan münezzeh oluşu
d. Cisimliğin yaratılmışların ortak niteliği oluşu

Bu tartışmaların literâlizme karşı Eşʿarî kelâmının aklî yaklaşımını güçlendirdiği ifade edilebilir.

3.2. Bâkıllânî'nin Gayrimüslimlerle Münazaraları

Bâkıllânî'nin en çok bilinen münazaraları Hıristiyan teologlarla yaptığı tartışmalardır. Özellikle Bizans'a yapılan diplomatik ziyarette yürüttüğü münazara, İslam düşünce tarihinde sembolik bir yer edinmiştir (Şen, 2023).

Kaynaklara göre Abbâsî Halifesi, Hıristiyan imparatorla ilmî-diplomatik ilişkiler geliştirmek amacıyla bir heyet göndermiş ve Bâkıllânî bu heyetin resmî kelâmcısı olarak seçilmiştir (Thomas, 2012). Hıristiyanların onu küçük düşürmek amacıyla saraya alçak bir kapıdan eğilerek girmeye zorladığı anlatılır. Bâkıllânî ise eğilerek girmek yerine geri geri yürüyerek içeri girmiş, böylece onların amacını boşa çıkarmıştır. Bu olay onun zekâsının ve üslup hâkimiyetinin bir göstergesi olarak aktarılır.

a. Teslis Münazarası: Bâkıllânî, teslis doktrinini şu mantıkî çözümlemelerle eleştirmiştir:
- Üç unsurun bir tek ilah olamayacağı
- Baba–Oğul–Ruhul Kudüs arasındaki ilişki için kullanılan "aynı cevher" kavramının çelişkili oluşu
- İlahî özün bölünemezliği
- İsa'nın hem ilah hem insan olmasının tutarsızlığı (Thomas, 2012).

b. İncil Metni ve Tahrif Argümanı: Bâkıllânî, farklı İncil nüshaları arasındaki çelişkileri örneklerle göstermiş ve tahrif iddiasını mantıkî zeminde formüle etmiştir.

Bu münazaralardan sonra Bâkıllânî Abbâsîlerin entelektüel prestijini artırmış, Eşʿarî kelâmının uluslararası düzeyde tanınmasını sağlamış ve Müslüman-Hıristiyan tartışmalarında kullanılan argümanları standartlaştırmış kabul edilebilir.

3.3. Bâkıllânî'nin Münazaralarının Genel Değerlendirmesi

Öncelikle Bâkıllânî'nin münazalarının *metodolojik etkisi* üzerinde duralım. Onun münazaralarında kullandığı yöntem, Eşʿarî kelâmının standart metodolojisi hâline gelmiştir. Bu yöntem daha sonra medrese müfredatına yerleşmiştir. Bâkıllânî'nin yönteminin temelinde, bazı usûl meselelerinin aynı anda farklı hükümlere ulaşmayı mümkün kılması hâlinde vakf yapmanın gerekli olduğu düşüncesi bulunmaktadır. Eserinin, dil tartışmalarının son derece yoğun biçimde yürütüldüğü bir dönemde kaleme alınmış olması da dikkate alındığında; vakf, umum ve has merkezli üç yaklaşımın ortaya çıktığı; Bâkıllânî'nin ise vakf ekolüne mensup olduğu görülmektedir. Bu ekole göre lafızlar, vaz'ediliş itibariyle hem umum hem de hususu kapsayıcıdır. Bir lafzın hangi anlama hamledileceği ise, söyleyenin niyetine ve lafızda yer alan karinelere bağlı olarak belirlenir. Müellifin üzerinde durup kesin bir tercihte bulunmadığı usûl meselelerinden bazıları şunlardır:

- Emir sigası olan *if'al* kalıbının vücûb, nedb, ibâha veya tehdît anlamlarından hangisine delalet ettiği,
- Yasaklamadan sonra gelen emrin ne ifade ettiği,
- Umûmu tek başına gösteren bir sîganın bulunup bulunmadığı,
- Hz. Peygamber'in mutlak surette gerçekleştirdiği fiillerin icap, nedb veya ibâha kapsamında değerlendirilip değerlendirilemeyeceği.

Bâkıllânî, bu konularda kesin hüküm vermekten kaçınarak tevakkufu, yani delillerin işaret ettiği ihtimalleri dikkate alıp birini diğerine tercih etmeme metodunu benimsemiştir. Bu tavır, hem onun dil–anlam ilişkisine dair ihtiyatlı yaklaşımını hem de usûl tartışmalarında mümkün olan anlam seçeneklerini dışlamadan ele alma hassasiyetini yansıtmaktadır (Kesgin, 2020).

Bakıllani'nin münazaları Eşari *kelam sisteminin doktrinleşmesi*ne yardımcı olduğu söylenebilir. Onun münazaralarında sık sık yer verdiği sıfatlar teorisi, kesb öğretisi, tevhidin kelâmî çerçevesi ve nübüvvet delilleri özelde Eş'arî, genelde ise Sünnî teolojinin kuramsal yapısına hizmet etmiş ve sistematik kelamın kurucu isimleri arasında yer almasına neden olmuştur.

Siyasi–diplomatik etki söz konusu münazaların diğer bir sonucu olarak karşımıza çıkar. Bizans sarayındaki münazaralar, Abbâsî hilafetinin dini ve entelektüel otoritesini güçlendirmiştir. Bunun dışında bu münazaraların mezhepler arası rekabete etkisi de olmuştur. Bâkıllânî'nin başarıları Eşʿarîliği Muʿtezile karşısında üstün konuma taşımış, Kerrâmiyye ve literalist eğilimlere karşı güçlü kılmış ve Hanbelî çevrelerde bile kabul görmesine katkı sağlamıştır.

Sonuç itibariyle Bâkıllânî'nin münazaraları, kelâm tarihinde yalnızca teolojik tartışmaların değil, aynı zamanda düşünce geleneğinin kurumsallaşmasının da dönüm noktasını oluşturur. Onun etkisi üç düzeyde özetlenebilir:

1. Epistemik düzey: Kelâmî delil üretme biçimini standartlaştırmıştır.
2. Mezhebî düzey: Eşʿarîliğin doktrinleşmesine ve hâkim ekol hâline gelmesine katkı sağlamıştır.
3. Toplumsal–siyasal düzey: İslam dünyasının entelektüel özgüvenini artırmıştır.

Bu sebeple Bâkıllânî, yalnızca bir kelâmcı değil, kelâm tarihinde münazara sanatının zirvesi olarak kabul edilir. O, mntıkî argümanları ustalıkla kullanması, Mu'tezile, Kerrâmiyye ve Şiî âlimlerle yaptığı münazaralar ve Hristiyan teologlarla saray huzurunda yürüttüğü ilmî tartışmalarla döneminde önemli bir isim olmuştur. Bâkıllânî, münazara sanatını kelâmî yöntemin merkezine yerleştirmiş ve bu yöntemi Eş'arîliğin savunmasında güçlü bir araç olarak kullanmıştır. Onun tartışmalarındaki özgüven, hızlı muhakeme ve delil üretme yeteneği, sonraki kelâmcılar tarafından örnek alınmıştır.

SONUÇ

Bu çalışma, kelâm ilminin tarihsel gelişiminde münazara yönteminin oynadığı belirleyici rolü ve bu yöntemin Ebû Bekr el-Bâkıllânî örneğinde nasıl olgunlaştığını ortaya koymuştur. İlk dönemlerden itibaren İslam düşüncesi içerisinde farklı mezheplerin, dinî grupların ve felsefî ekollerin karşı karşıya gelmesi; kelâmın doğasını, yöntemini ve epistemolojik sınırlarını doğrudan şekillendirmiştir. Bu bağlamda münazara, hem ilmî tartışmaların temel aracı hem de kelâmcının fikrî kimliğini inşa eden merkezî bir yöntem olmuştur. Muʿtezile'nin rasyonalist yaklaşımı, Eşʿarîliğin dengeleyici ve savunmacı tavrı, Şiîliğin imamet doktrini ve Kerrâmiyye gibi literalist yaklaşımlar arasında yürütülen tartışmalar, kelâm ilminin metodolojik araçlarını çeşitlendirmiş ve sistematikleşmesini sağlamıştır.

Bâkıllânî, bu çok yönlü tartışma ortamında yalnızca Eşʿarî doktrininin bir temsilcisi değil, aynı zamanda münazara sanatının en parlak icracılarından biri olarak temayüz etmiştir. Muʿtezile ile yaptığı derin kelâmî tartışmalar, Şiîlik ve Kerrâmiyye gibi mezheplerle yürüttüğü polemikler ve Bizans sarayında Hıristiyan teologlarla gerçekleştirdiği dikkat çekici münazaralar, onun hem ilmî hem de diplomatik becerisini göstermiştir. Bu münazaralar sayesinde Eşʿarî kelâmı doktriner bir bütünlük kazanmış, mantıkî delillendirme daha sistematik hâle gelmiş ve İslam düşüncesi dış meydan okumalar karşısında güçlü bir savunma kapasitesi elde etmiştir.

Netice itibariyle, Bâkıllânî'nin münazaraları kelâm tarihinde bir dönüm noktası niteliğindedir. Onun yöntemsel katkıları, sonraki yüzyıllarda medrese geleneğini ve kelâm öğretimini derinden etkilemiş; münazara ilmi, hem öğretim metodu hem de fikrî yetkinlik göstergesi olarak kurumsallaşmıştır. Dolayısıyla Bâkıllânî, sadece kendi döneminin değil, bütün İslam kelâm tarihinin en etkili münazaracılarından biri olarak değerlendirilmeyi hak etmektedir.

KAYNAKLAR

Arnaldez, R. (2000). *Fahreddin er-Râzî*. Oxford University Press.

Bâkıllânî, Ebu Bekr. (t.y.). *el-İnsâf*. Thk. Muhammed Zahid b. Hasan el-Kevser. Kahire: Mektebetü'l-Ezheriyye li't-Türas

Cüveynî, Imām al-Ḥaramayn. (1979). *Al-Burhān fī uṣūl al-fiqh*. Qom: Mu'assasat al-Nashr.

Davidson, H. (2011). *Proofs for eternity, creation and the existence of God in medieval Islamic and Jewish philosophy*. Oxford University Press.

Fahri, M. (2002). *A History of Islamic Philosophy*. Columbia University Press.

Frank, R. M. (1989). *Beings and their attributes: The teaching of the Basrian school of the Mu'tazila in the classical period*. State University of New York Press.

Gazzâlî, Ebû Hâmid. (2000). *Iḥyâ-u ulûmi'd-dīn*. Kahire: Dâru'l-Hayr.

Gazzâlî, Ebû Hâmid. (2000). *Tehâfutü'l-felâsifa*. Kahire: Dâru'l-Hayr.

Karadaş, C. (2009) Bizans Sarayında Müslüman-Hıristiyan Münazarası: Büveyhî Elçisi Bâkıllâni ile İmparator II: Basileious Arasında Geçen Tartışma. *İslam Araştırmaları Dergisi*. (22), 1-35.

Madkur, I. (1964). *Fi'l-felsefeti'l-Islamiyye: Menahic ve't-tatbikat. Kahire:* Dâru'l-Ma'ârif.

Makdisi, G. (1981). *The rise of colleges: Institutions of learning in Islam and the West*. Edinburgh University Press.

Şehristani, Ebu F. (1984). *El-Milel ve'nihal*. Beyrut: Dâru'l-Ma'ârif.

Şen, M.S. (2023). Büveyhîler Dönemi Bağdat'ında Yaşayan Sünnî Bir Âlim ve Diplomat: Bâkıllânî'nin Farklı İnanç Mensuplarıyla Etkileşimi. *İslam Tetkikleri Dergisi*. 13,1, 243-261.

Thomas, D. (2012). *Christian–Muslim relations: A bibliographical history*. Brill.

Watt, W. M. (1991). *Islamic philosophy and theology*. Edinburgh University Press.

YER FISTIĞINDA TOPRAK ALTI VE TOPRAK ÜSTÜ ZARARLI BÖCEKLER

Dr. Öğr. Üyesi Murat GÜVEN
Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ORCID: 0000-0003-2521-0138

Öğr. Gör. Nagihan KILIÇ
Iğdır Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Seracılık programı
ORCID: 0000-0002-7746-8125

ÖZET
Yer fıstığı, yüksek yağ, protein ve enerji içeriği sayesinde hem insan beslenmesinde hem de gıda sanayisinde büyük öneme sahip bir tarım ürünüdür. Kavrulmuş tane olarak doğrudan tüketilmesinin yanında, fıstık ezmesi, yağ, un ve çeşitli atıştırmalık ürünlerin üretiminde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Aynı zamanda hayvancılıkta küspe formunda yem kaynağı olarak değerlendirilir. Bu ekonomik değer nedeniyle yer fıstığı üretiminde görülen toprak üstü ve toprak altı zararlıları, bitkinin hem gelişimini hem de verimini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Toprak üstünde zararlı olan *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808), *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808), *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) ve *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 gibi türlerin larvaları özellikle yaprak, çiçek ve genç kapsüllerde beslenerek bitkinin fotosentetik kapasitesini düşürür, gelişme geriliğine ve verim kaybına yol açmaktadır. *Aphis* (yaprak bitleri) türleri ise bitki özsuyunu emerek yapraklarda kıvrılma, sararma ve fumajin oluşumuna neden olur; yoğunluğun artmasıyla hem büyüme yavaşlar hem de virüs taşınma riski yükselir. Buna karşılık toprak altı zararlıları olan *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (bozkurtlar), *Agriotes* (telkurtları) türleri ve *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758) (danaburnu) kök, kök boğazı ve genç sürgünlere zarar vererek çıkış kayıplarına, bitki ölümlerine ve düzensiz bitki sıklığına yol açmaktadır. Bu zararlılar özellikle genç fidelerde kesme ve kemirme zararlarıyla önemli ekonomik kayıp oluşturur. Bu türlerin yönetiminde ekim öncesi toprak hazırlığının iyi yapılması, yabancı ot kontrolü, sağlıklı tohum kullanımı ve dengeli sulama önemli kültürel uygulamalardır. Zararlı yoğunluklarının izlenmesi, doğal düşmanların korunması ve uygun zamanlamayla gerçekleştirilen biyoteknik ve kimyasal mücadele yöntemleri ise entegre zararlı yönetiminin temelini oluşturur.
Bu yaklaşımlar sayesinde hem verim kayıpları azaltılmakta hem de sürdürülebilir yer fıstığı üretimi desteklenmektedir. Bu çalışmanın amacı, yer fıstığı üretiminde verim ve kalite kayıplarına yol açan toprak üstü ve toprak altı zararlı böcek türlerinin biyolojisini, zarar şekillerini ve üretim sürecindeki etkilerini bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmektir.
Anahtar Kelimeler: Yer fıstığı, *Helicoverpa armigera,* bozkurtlar*,* danaburnu

SOIL-DWELLING AND ABOVE-GROUND INSECT PESTS IN GROUNDNUTS

ABSTRACT
Groundnut are an important agricultural product in both human nutrition and the food industry due to their high fat, protein, and energy content. In addition to being consumed directly as roasted kernels, they are widely used in the production of groundnut butter, oil, flour, and various snack products. They are also valued as a feed source in animal husbandry in the form of meal. Due to this economic value, above-ground and below-ground pests affecting groundnut production can significantly impact both the plant's development and yield.

Helicoverpa armigera (Hübner, 1808), *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808), *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833), and *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 feed primarily on leaves, flowers, and young capsules, reducing the plant's photosynthetic capacity and leading to stunted growth and yield loss. *Aphis* (aphid) species suck plant sap, causing leaf curling, yellowing, and sooty mold formation; increased density slows growth and raises the risk of virus transmission. In contrast, soil-dwelling pests such as *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (cutworms), *Agriotes* (wireworms) species, and *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758) (mole crickets) damage roots, root collars, and young shoots, leading to emergence losses, plant death, and irregular plant density. These pests cause significant economic losses, particularly in young seedlings, through cutting and gnawing damage. Key cultural practices for managing these species include proper soil preparation before planting, weed control, use of healthy seeds, and balanced irrigation. Monitoring pest densities, protecting natural enemies, and implementing biotechnical and chemical control methods at the appropriate time form the basis of integrated pest management.
These approaches both reduce yield losses and support sustainable groundnut production. The aim of this study is to comprehensively evaluate the biology, damage patterns, and effects on the production process of above-ground and below-ground insect pests that cause yield and quality losses in groundnut production.
Keywords: Groundnut, *Helicoverpa armigera*, cutworms, mole crickets

GİRİŞ

Yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.), Baklagiller (Fabaceae) familyasına ait, tek yıllık ve yüksek ekonomik değere sahip bir yağ bitkisidir. Günümüzde özellikle tohumlarında bulunan yüksek yağ ve protein oranı nedeniyle başta fıstık yağı ve fıstık ezmesi üretimi olmak üzere, dünyanın tropik ve subtropik bölgelerinde yer alan birçok ülkede yaygın olarak yetiştirilmektedir. Önemli bir gıda maddesi olan yer fıstığı, düşük maliyetli bir protein kaynağı olmasının yanı sıra, vitamin ve mineral bakımından da oldukça zengindir ve pek çok gıda ürününün bileşiminde kullanılmaktadır (Chamberlin et al., 2014). Yer fıstığının kimyasal bileşimi çeşitlere göre değişmekle birlikte, genel olarak %45-55 yağ, %20-25 protein, %16-18 karbonhidrat ve yaklaşık %5 mineral madde içermektedir (Arıoğlu, 1999). Türkiye'de üretimin yaklaşık %90'ına yakını Çukurova bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de en fazla yer fıstığı üretimi Adana ilinde yapılmaktadır. Yer fıstığı ticaretinin ve sanayisinin en fazla geliştiği il ise Osmaniye'dir (Kadiroğlu, 2016).

Dünya yer fıstığı üretimi son on yıllık dönemde %12,1 oranında artış göstermiştir. Küresel üretimde Çin, toplam üretimin %36,04'ünü karşılayarak açık ara ilk sırada yer almaktadır. Çin'i %13,8'lik pay ile Hindistan izlemektedir. Türkiye'nin dünya yer fıstığı üretimindeki payı ise %1'in altında kalmaktadır. Üretim miktarı bakımından ilk beş sırada yer alan ülkelerin verim değerleri karşılaştırıldığında, ABD'nin 426 kg/da verim ile diğer büyük üretici ülkelerin üzerinde yer aldığı görülmektedir. ABD'yi 372 kg/da ortalama ile Türkiye, ardından 362 kg/da ile Çin takip etmektedir (FAO, 2021). Yer fıstığında meyveler toprak altında geliştiği için yaprak zararlılarından meyveler etkilenmez. Toprak altı zararlılarının ekonomik zararı daha fazladır. Toplam yaprakların üçte biri kadarı zarar görse bile üründe ekonomik bir azalma meydana gelmez. Ekonomik anlamda mücadeleyi gerektirecek kadar zarar yapan zararlısı azdır. Yetiştiği bölgede beyaz sinekten etkilenmez. Zararlılara karşı çoğu zaman herhangi bir kimyasal mücadeleye ihtiyaç duyulmaz. Yapraklarda üçte bir oranını geçen zarar durumlarında ilaçlı mücadele yapılmalıdır. Gereksiz yere ilaçlama durumunda doğada bulunan faydalı böcekler de öldürüleceği için, zararlı böceklerle mücadele daha da zorlaşacaktır (Kadiroğlu, 2025).

Etkili ve çevre dostu bir zararlı mücadelesi, entegre zararlı yönetim sistemi uygulanmasını içerir. Entegre zararlı yönetimini destekleyen kritik bir strateji, çeşitli bitki zararlısı organizmalarının kapsamlı bir şekilde izlenmesidir. Bu nedenle, çiftçilerin yer fıstığı bitkilerindeki zararlılar hakkında bilgisi ve onları kontrol etme girişimleri, kontrol önlemlerinin uygulanmasının temeli olarak gereklidir. Bu nedenle, bu araştırma şu amaçlara ulaşmak için gerçekleştirilmiştir: (a) çiftçilerin yer fıstığı böcek zararlıları konusundaki bilgi düzeylerini değerlendirmek ve benimsenen zararlı kontrol önlemlerini incelemek, ve (b) böcek zararlılarının türlerini ve bunların ilgili görülme sıklıklarını belirlemek (Simamora et al., 2024).
Bu çalışmada 3 takıma bağlı 4 familya ve 7 türün yer fıstığında hem toprak altı hem de toprak üstü aksamında ciddi zararlı olduğu, biyolojileri ve zarar yapma durumları değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA ve BULGULAR

Takım: Lepidoptera

Familya: Noctuidae

1. Yer fıstığında Yeşilkurt: *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808)



Şekil 1. *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808)'nın a. ergin c. larva (Anonim, 2025c), b. yumurta, d. pupa (Devi et al., 2024)

Yer fıstığı kapsül kurdu olarak da bilinen *H. armigera*, bir kelebek türüdür. Polifag bir böcektir ve çeşitli diğer mahsullere de saldırdığı bilinmektedir. Ergin kelebeklerin kanat açıklığı yaklaşık 4-5 cm olup renkleri kahverengiden griye kadar değişir (Şekil 1). Dişiler yumurtalarını yer fıstığı bitkisinin çiçeklerine veya kapsüllerine bırakır. Genellikle koza kurdu olarak adlandırılan larvalar kapsüllere girer ve gelişmekte olan tohumlarla beslenir. Tohum kaybı, kalite düşüklüğü ve fungus enfeksiyonlarına duyarlılık gibi geniş çaplı zararlara neden olurlar.

Yumurtalar: Ergin dişi kelebekler, yer fıstığı gelişen kapsüllerinin yüzeyine veya yakınındaki yapraklara yumurta bırakır. Yumurtalar küçük, küresel şekilli olup genellikle kümeler halinde bırakılır.

Larvalar: Yumurtadan çıkan larvalar kapsülleri yemeye başlar. kapsüle galeri açarak gelişmekte olan tohumları tüketirler. Larvaların silindirik bir vücut yapısı var, rengi yeşilden kahverengiye değişir ve vücutları boyunca birkaç koyu çizgi bulunur.

Pupa Dönemi: Beslenme dönemlerini tamamladıktan sonra larvalar kapsüllerden çıkar ve toprakta veya bitki artıklarında pupaya dönüşür. Pupa dönemi, koruyucu bir kapsül gerçekleşir.

Erginler: Pupa dönemi tamamlandıktan sonra ergin kelebekler ortaya çıkar. Kelebekler, kanatlarında açık ve koyu desenler bulunan kahverengimsi bir görünüme sahiptir. Gece aktiftirler ve yaşam döngüsünü sürdürmek için yeni kapsüllere yumurta bırakabilirler.

Zararı: Yer fıstığı kapsül kurdu, özellikle istilalar şiddetli olduğunda yer fıstığı ürünlerine önemli zararlar verebilir.

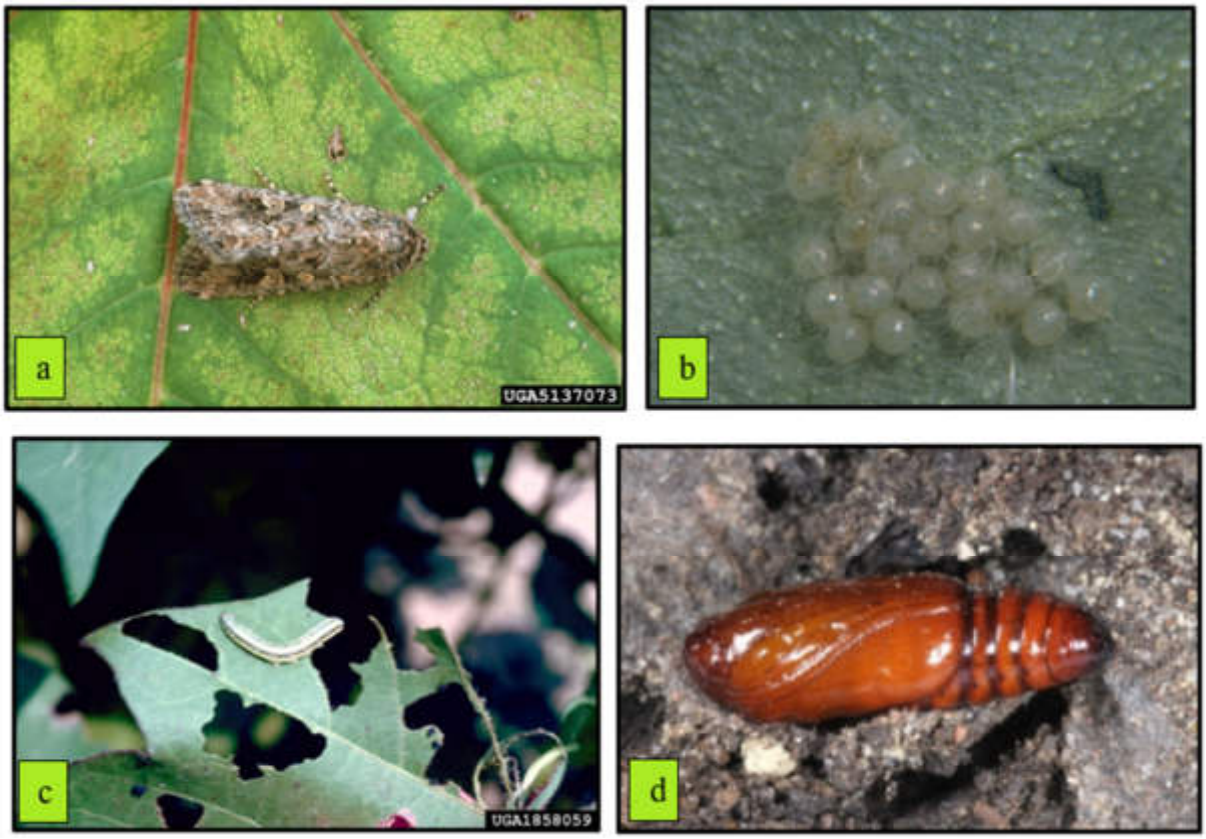
İstilanın bazı etkileri şunlardır:

1. Kopsül Zararı: Larvalar gelişmekte olan kapsüllere girerek, tohumları yemektedir. Bu, kapsüllerde doğrudan hasara yol açar, verimi düşürür ve yer fıstığı çekirdeklerinin kalitesini etkiler.

2. İkincil Enfeksiyonlar: Larvaların oluşturduğu giriş noktaları, funguslar ve bakteriler tarafından ikincil enfeksiyonlar için fırsatlar sağlar, bu da kapsül ve tohumların kalitesini daha da düşürür.

3. Verim Kaybı: Şiddetli istilalar kapsamlı zarara yol açabilir, bu da verimde düşüşlere ve yer fıstığı çiftçileri için ekonomik kayıplara neden olur (Singh et al., 2023).

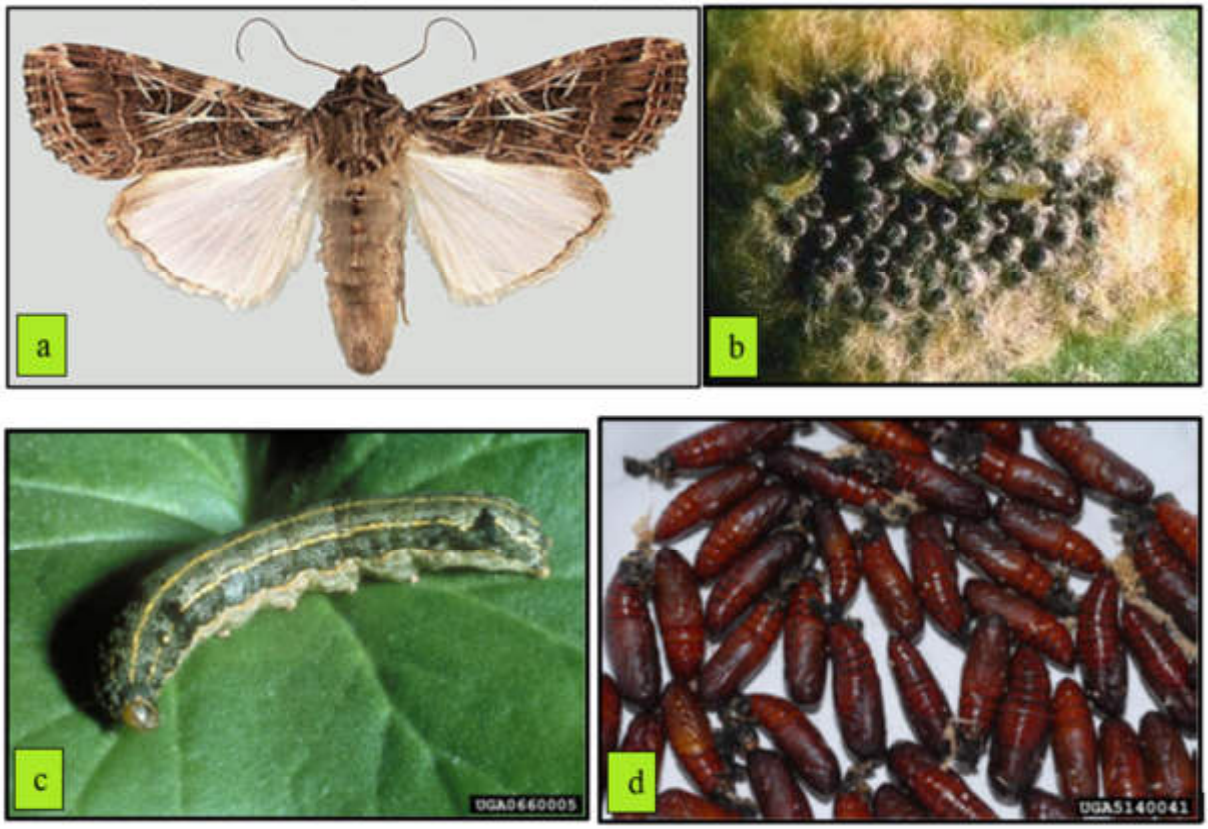
2. Yer fıstığında Pamuk Çizgili Yaprak Kurdu (Karadrina): *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808)



Şekil 2. *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808)'nın a. ergin, c. larva (Bugwood.org), b. yumurta (Anonim, 2025d), d. pupa (Mehta et al., 2021)

Pamuk çizgili yaprakkurdu erginlerinin kanat açıklığı yaklaşık 23-28 mm'dir. Bu zararlı tür, halk arasında "karadrina" olarak da bilinmektedir. Gri-gümüşi renkte olan ve kanatları üzerinde zikzak şeklinde çizgiler bulunan kelebeklerin boyu 2,0-2,5 cm civarındadır. Genel vücut görünümü gri kahverengi ile kurşuni kahverengi tonlarındadır. Ön kanat üzerinde biri böbrek, diğeri daire biçiminde olan ve çıplak gözle seçilebilen iki kahverengi leke bulunmaktadır (Şekil 2). Dişi bireyler, erkeklere kıyasla daha iri yapılı ve daha koyu renklidir. Kelebekler yumurtalarını yer fıstığının yaprakçıklarına paketler hâlinde bırakmakta ve bu paketleri abdomenlerinden salgıladıkları beyaz pullarla örtmektedir. Paket hâlinde bırakılan yumurtalar çoğunlukla tek katlı, bazı durumlarda ise birkaç katlı olabilmektedir.
Zararlı, yer fıstığının tohumlarının olgunlaşmaya başladığı döneme kadar görülebilir. Yumurtadan yeni çıkan larvalar yer fıstığının taze yapraklarında ve bu yaprakların büyüme noktalarında beslenirler. Larva dönemleri ilerledikçe yoğun bir şekilde yapraklarla beslenerek, büyüme noktasını keserler ve nadiren de iğnelerle de beslenebilirler. Yer fıstığı ortalama ilk iki ay içerisinde hızlı bir vejetatif gelişme gösterdiği için bu dönemde yapraklarda oluşacak zararı telafi edebilir. Yapraklarda oluşan zararın verime yansıması daha çok toprak altındaki tohumların oluşumunu tamamlayıp, içlerinin dolması dönemdir. Bu dönemde meydana gelecek zarar daha çok önem kazanmaktadır. Yer fıstığında her yıl zarar yapmaz. Zararı bazı yıllar önem kazanmaktadır. Popülasyonun yoğun olduğu yıllarda yapraklarının büyük kısmını yiyerek bitkide sadece dalların kalmasına sebep olabilir (Anonim, 2025a).

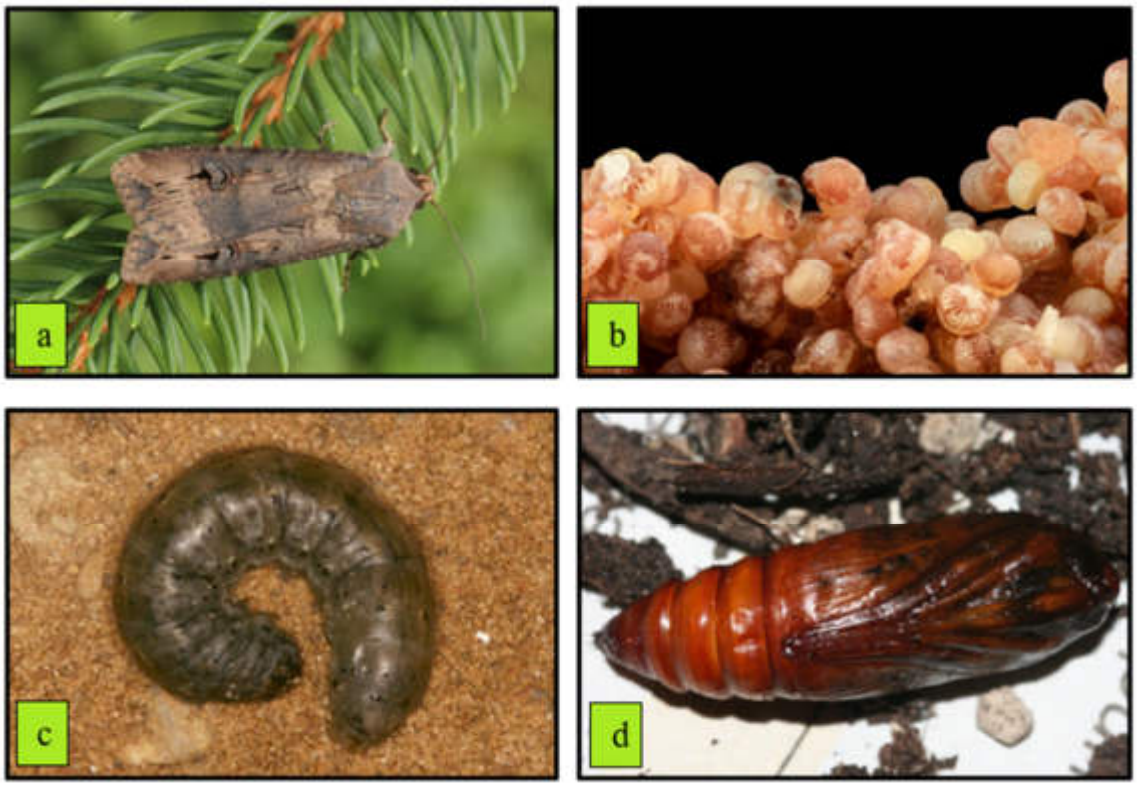
3. Yer fıstığında Pamuk Yaprakkurdu (Prodenya): *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833)



Şekil 3. *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833)'in a. ergin, b. yumurta, c. larva, d. pupa (Anonim, 2025e)

Bu zararlı tür halk arasında "Prodenya" olarak da adlandırılmaktadır. Ergin bireylerin ön kanatları gri-kahverengi tonlarda olup, üzerinde düzenli formlarda sarı renkli çizgiler bulunmaktadır. Ön kanatlarda yan kenarlara paralel şekilde uzanan, uca doğru daralan ve yaklaşık iki milimetre genişliğinde kurşuni renkli bir şerit yer alır. Bu şeritten kanat ucuna kadar uzanan bölgede önden arkaya doğru yönelen üç adet sarı çizgi bulunmaktadır. Arka kanatlar beyaz renkte olup, vücuda yakın kısımları hafif gri tonludur. Kanat açıklığı 22-45 mm arasında değişmektedir. Arka kanatların yan kenarlarında koyu renkli ince bir çizgi bulunmakta ve kanat uçları beyaz tüylerle örtülüdür. Abdomen gri veya grimsi kahverengi renktedir. Dişi ve erkek kelebekler arasında dış görünüş ve renk bakımından belirgin bir farklılık bulunmamakla birlikte, dişiler erkeklere göre biraz daha iri yapıdadır (Şekil 3).
Zararlı yer fıstığında olgunlaşma dönemi boyunca görülür. Yumurtadan yeni çıkan larvalar yer fıstığının taze yapraklarında ve bu yaprakların büyüme noktalarında beslenirler. Larva dönemleri ilerledikçe yoğun bir şekilde yapraklarla beslenirler, yaprakların büyüme noktasını keserler, bitkinin çiçekleri ve iğneleriyle de beslenebilirler. Yer fıstığının toprak altındaki tohumlarının oluşumu ve içlerinin dolması döneminde zararlı popülasyonu artarsa zararı önem kazanır. Toprak altındaki tohumların iç dolumunu tamamladıkları dönemden sonra oluşacak zararın verime yansıması çok az olmaktadır. Yer fıstığında her yıl zarar yapmaz. Zararı bazı yıllar önem kazanmaktadır. Akdeniz bölgesinde yer fıstığı yetiştirilen alanlarda görülür (Anonim, 2025a).

4. Bozkurtlar: *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766)



Şekil 4. *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766)'un a. ergin, c. larva, d. pupa (Anonim, 2025b), b. yumurta (CABI, 2025)

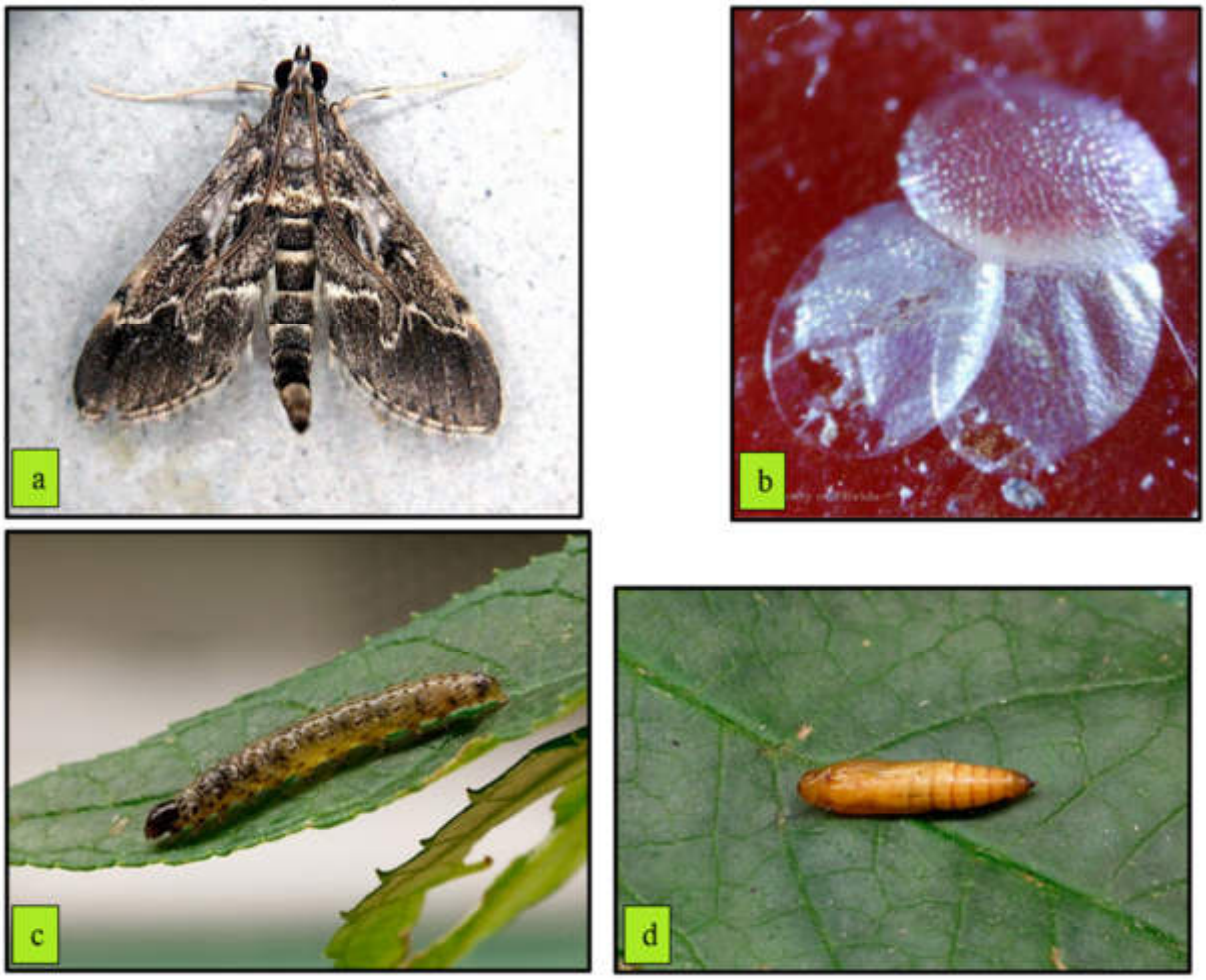
Agrotis ipsilon erginleri 40-47 mm, *A. segetum* erginleri ise 35-40 mm kanat açıklığına sahip kelebeklerdir. Her iki türün en karakteristik özelliği, ön kanatlarda genellikle kahverengimsi tonlarda görülen biri böbrek, diğeri yuvarlak formda iki belirgin lekenin bulunmasıdır. Ayrıca *A. ipsilon*'da böbrek biçimli lekeye bitişik siyahımsı, üçgen şekilli bir leke yer alırken (Şekil 4), *A. segetum*'da kanat dip kısmındaki çizgiye komşu, kısa ve çubuk formunda siyahımsı bir leke bulunmaktadır. Bu morfolojik farklılıklar, pratikte iki türün birbirinden ayırt edilmesinde önemli ayırt edici özelliklerdir. Antenler erkek bireylerde çift taraflı tarak yapısında, dişi bireylerde ise ipliksi ve düzdür.

Bozkurt larvaları, birinci ve ikinci dönemlerde bitkilerin taze sürgün ve yapraklarını kemirerek beslenir ve bu şekilde zarar oluştururlar. Gelişimlerinin ilerleyen dönemlerinde ise yalnızca gece saatlerinde toprak yüzeyine çıkarak genç ve körpe bitkileri kök boğazından kesmek veya kemirmek suretiyle bitkilerin kırılmasına ve kurumasına yol açarlar. Popülasyon yoğunluğunun yüksek olduğu yıllarda, zararın düzeyi ekimin yeniden yapılmasını gerektirecek kadar ciddi boyutlara ulaşabilmektedir (Anonim, 2025a).

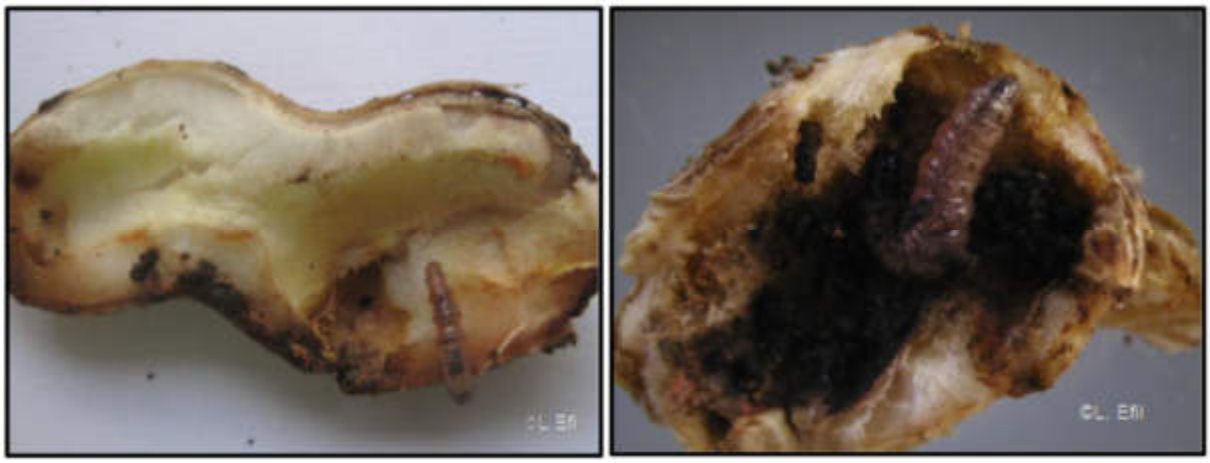
En önemli zararı bozkurtların larvaları geceleri bitkiyi kökünden keserek yapar. Bazı durumlarda olgun bitkilerin kapsüllerini delerek zarar verir. Bu zararlıların mücadelesinde şeker, kepek ve ilaç karışımı zehirli yemler akşamüstü toprak üzerine serpilerek kullanılır (MEB, 2012).

Familya: Pyralidae

5. Yer fıstığında: *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847



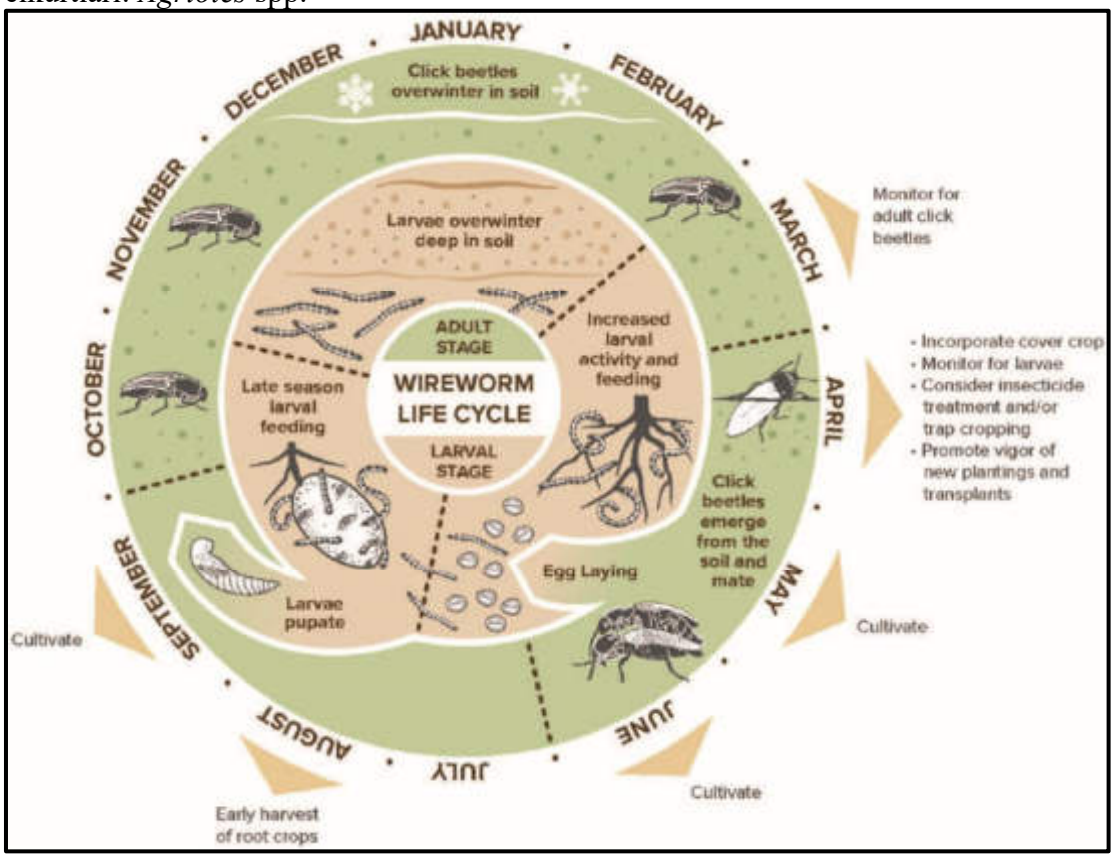
Şekil 5. *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847'in a. ergin, c. larva, d. pupa (Anonim, 2025f), b. yumurta (Stocks and Hodges, 2011)



Şekil 6. *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847'in fıstık kapsülündeki zararı (Efil et al., 2011)

Ergin bireyler 19-21 mm kanat açıklığına sahiptir. Ön kanatların dorsal yüzeyi, iki adet sarımsı-beyaz çapraz çizgi içeren grimsi kahverengi bir renge sahiptir. Larvalar tamamen olgunlaştığında 20-30 mm boya ulaşmakta olup, koyu noktalarla birlikte krem beyazdan kahverengiye kadar değişen renk tonları gösterebilmektedir. Baş kapsülleri koyu renklidir. Pupa açık kahverengi olup 9-10 mm uzunluğundadır. Pupayı çevreleyen koza ise 15-19 mm uzunluğunda, oval formda ve ipeksi yapıdadır. Yumurtalar oval şekilli olup, 0,5-0,7 mm uzunluğunda ve beyaz-yeşilden parlak kırmızıya kadar değişebilen renklere sahiptir (Şekil 5). Dişiler yumurtalarını bitkinin toprağa yakın ana gövdesi üzerindeki dallara veya ana gövde çevresine dökülmüş alt yapraklara bırakmaktadır. İlk dönem larvalar, çıkışlarını takiben bitkinin toprağa yakın iç kısımlarındaki ana dallar üzerinde beslenmektedir. Larvaların ilerleyen dönemlerinde ise zarar, bitkinin toprak altında bulunan özellikle yüzeye yakın meyvelerinde beslenmeleri sonucunda meydana gelmektedir. Meyvelerde oluşturulan zararın verimi olumsuz etkilemesi ve toprak altında bulunan larvalara yönelik mücadelenin güç olması, bu zararlının önemini artırmaktadır. Larvalar meyvelere tek bir giriş deliği açarak girmekte ve meyve iç dokusunu tamamen tahrip etmektedir (Şekil 6). Bu zararlı tür, seralarda ve saksılarda yetiştirilen süs bitkilerinde de sorun yaratmakta ve bazı yıllarda salgın seviyesinde popülasyon artışları gösterebilmektedir (Anonim, 2025a).

Takım: Coleoptera
Familya: Elateridae
6. Telkurtları: *Agriotes* spp.

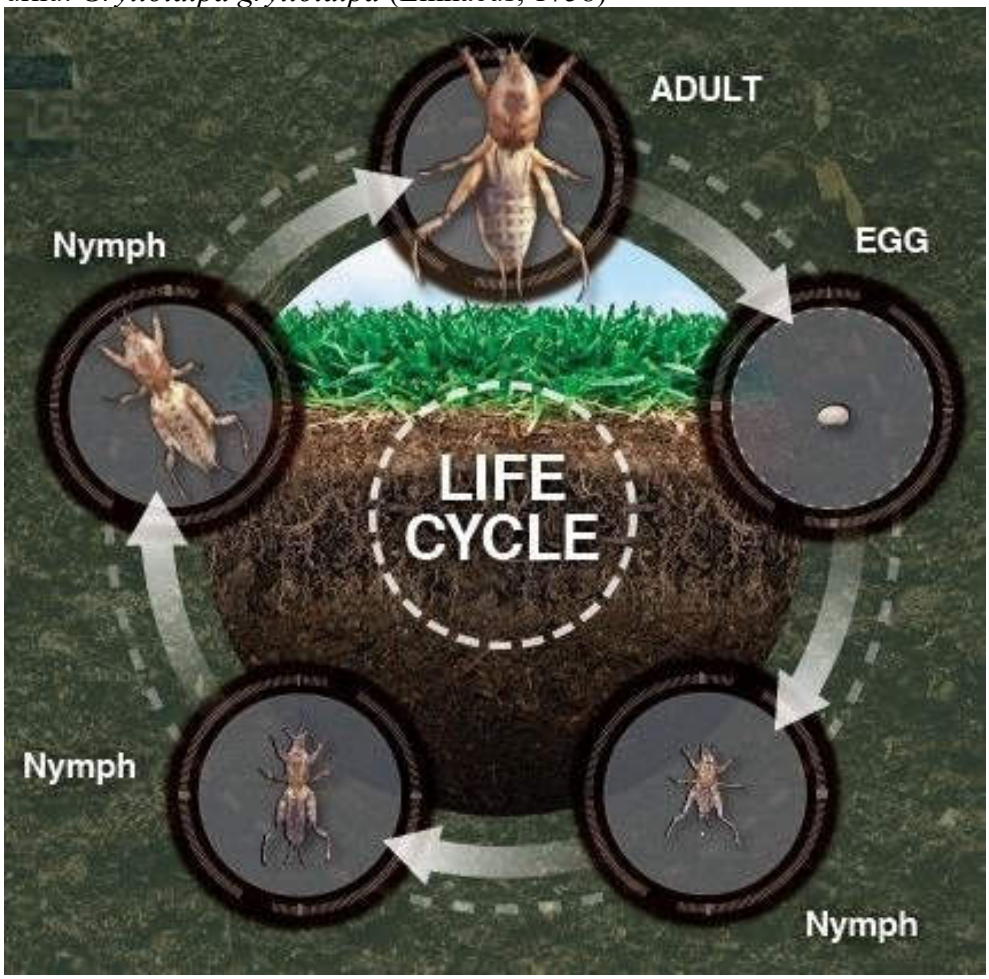


Şekil 7. *Agriotes* spp.'in yaşam döngüsü ve biyolojik dönemleri (Anonim, 2025g)

Telkurdu erginlerinin rengi türlere bağlı olarak gri ile kahverengi arasında değişmekte olup, bireyler 8-10 mm boyundadır. Vücutları uzun ve yassı formda olup sık dizilmiş grimsi kahverengi tüylerle kaplıdır. Antenler ve bacaklar kırmızı renktedir.

Pronotumun eni, boyuna eşit yapıdadır. Ön kanatlar üzerinde siyah noktaların oluşturduğu ve kanat boyunca uzanan çizgisel desenler bulunmaktadır (Şekil 7). Erginlerin bitkilerin taze kısımlarını tüketmesi sonucu oluşan zarar genellikle önemsizdir. Telkurtlarının larvaları, köklerde açtıkları yaralardan salgılanan kök sıvıları ile beslenmekte ve bitkinin toprak altında kalan diğer kısımlarını da tüketmektedir. Bu durum yeni çıkan bitkilerin ölmesine yol açmaktadır. En yoğun ve ekonomik açıdan en önemli zarar ikinci dönem larvalar tarafından meydana getirilmektedir. Larvalar filizlenen tohumlara saldırabilir ve fide köklerine zarar verebilir. Larvalar ayrıca bakla tanelerine de saldırır, bazen her baklada çok sayıda küçük delik açmaktadır. Filizlenen tohum yemleri ile ergin varlığı kontrol edilmelidir. Tohum iyileştirmesi, fideye olan zararı azaltır, tamamen ortadan kaldırmaz (Anonim, 2025a).

Takım: Orthoptera
Familya: Gryllotalpidae
7. Danaburnu: *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758)



Şekil 8. *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758)'nın yaşam döngüsü ve biyolojik dönemleri (Anonim, 2025k)

Bireyler yumurtadan nimf aşamasına ve ardından ergin döneme geçer. Danaburnu yaşam döngüsü 1-3 yıl sürer ve yılda yaklaşık 1 nesil vermektedir (Anonim, 2025h). Danaburnu ilkbahar ve yaz başlarında, nisan ve mayıs aylarında olgunluğa ulaşır. Yumurtalar bu dönemde üretilir. Dişiler yumurtalarını 5 ila 30 santimetre derinliğindeki yeraltı galerilere bırakır (Şekil 8). Dişiler ömürleri boyunca ortalama 4,8 yumurta kümesi üretir.

Her yumurta kümesi 25 ila 60 yumurtadan oluşur ve bireyler bu aşamada 10 ila 40 gün geçirir. Nimfler ergin ergine benzer ancak daha küçüktür ve gelişmiş kanatları yoktur. Yaz aylarında nimfler yaklaşık 8 ila 10 gelişim aşamasından geçer (Anonim, 2025i) Danaburnu böceklerinin, geniş toprak tünelleri kazmalarına ve genellikle geceleri uçmalarına olanak tanıyan tamamen gelişmiş kanatları ve özel ön bacakları vardır (Anonim, 2025j).
Danaburnu toprak üstü bitki örtüsüne ciddi zararlar vermektedir. Bitki köklerini koparabilir, toprak ekosistemlerini bozabilir ve mahsulleri tüketerek tarımı aksatmaktadırlar. Verdikleri zarar, toprak üstünde ölü ot kümelerine yol açar. Danaburnu bir zararlı olarak kabul edilir ve dünya çapındaki yayılımları birçok danaburnu türünün istilacı hale gelmesine neden olmuştur. Çiftlikler, meralar, golf sahaları ve arka bahçeler de dahil olmak üzere birçok yerde bulunabilirler. Bir alandan danaburnu ortadan kaldırmanın ana yöntemi pestisitlerdir. Bununla birlikte, bu pestisitlerin toprak ortamındaki diğer organizmalara zararlı olduğu kanıtlanmıştır. Biyolojik kontrol organizmalarının kullanımı, danaburnuyla mücadelede daha yeni bir gelişmedir. Danaburnunu hedef almak için kullanılan bir biyolojik kontrol organizması, danaburnu sayısını azaltmada etkili olduğu kanıtlanmış, konukçuya özgü bir organizma olan *Larra* yaban arısıdır (Anonim, 2025j).

SONUÇ

Yer fıstığı üretiminde hem toprak altı hem de toprak üstü beslenen farklı zararlı gruplarının biyolojisi ve oluşturduğu zararlar, bitkinin çimlenme döneminden hasada kadar geçen süreçte sürekli ve çok yönlü bir baskı oluşturduğunu göstermektedir. Kök, gövde, sürgün ve generatif organlarda meydana gelen kayıplar yalnızca verimi azaltmakla kalmamakta, aynı zamanda bitkinin stres toleransını düşürerek hastalıklara yatkınlığı artırmaktadır. Zararlıların yaşam döngülerinin iklim ve toprak koşullarına uyum sağlayabilmesi, bazı türlerin hem erken gelişim dönemlerinde hem de olgunlaşma evresinde zarar oluşturabilmesi, izleme çalışmalarının kesintisiz ve dönemsel özelliklere uygun şekilde yürütülmesini zorunlu kılmaktadır.
Bu bulgular, yer fıstığı yetiştiriciliğinde sürdürülebilir verimliliğin ancak entegre zararlı yönetimi yaklaşımıyla sağlanabileceğini ortaya koymaktadır. Riskli dönemleri esas alan düzenli kontroller, popülasyon yoğunluğunun ekonomik eşikleri aşmasını engelleyecek kültürel önlemler, toprak işleme ve ekim nöbeti uygulamaları, tuzaklama gibi biyoteknik yöntemler ve doğal düşmanların korunması öncelikli stratejilerdir. Kimyasal mücadele ise yalnızca gerekli olduğunda ve seçici ürünlerle uygulanmalıdır. Bu bileşenlerin uyum içinde kullanılması, hem toprak altı hem de toprak üstü zararlılarının baskısını azaltmakta, çevresel ve ekonomik açıdan daha sürdürülebilir bir üretim sisteminin oluşmasına katkı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

Anonim, 2025a. https://www.google.com/search?q=Bitki+Zararl%C4%B1lar%C4%B1+Zirai+M%C3%BCcadele+Teknik+Talimatlar%C4%B1&rlz=1C1GCEA_enTR1176TR1176&oq=Bitki+Zararl%C4%B1lar%C4%B1+Zirai+M%C3%BCcadele+Teknik+Talimatlar%C4%B1&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIKCAEQABiABBiiBDIHCAIQABjvBTIHCAMQABjvBTIHCAQQABjvBdIBBzUzMGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8 Erişim Tarihi: 09.10.2025

Anonim, 2025b. https://lepiforum.org/wiki/page/Agrotis_ipsilon#Diagnose-Maennchen Erişim Tarihi: 28.10.2025

Anonim, 2025c. https://www.wildlifeinsight.com/british-caterpillar-galleries/british-butterfly-caterpillar-galleries/ Erişim Tarihi: 01.11.2025

Anonim, 2025d. https://entomology.k-state.edu/extension/crop-protection/alfalfa/beet-armyworm.html Erişim Tarihi: 04.11.2025

Anonim, 2025e. https://caps.ceris.purdue.edu/wp-content/uploads/2025/07/Spodoptera-littoralis_CPHST-Datasheet_2014-version.pdf Erişim Tarihi: 05.11.2025

Anonim, 2025f. https://www.ukmoths.org.uk/species/duponchelia-fovealis/distribution-map/ Erişim Tarihi: 09.11.2025

Anonim, 2025g. https://wpcdn.web.wsu.edu/wp-extension/uploads/sites/2056/2023/06/FS364E.pdf Erişim Tarihi: 11.11.2025

Anonim, 2025h. https://www.syngentaturf.ae/mole-cricket-id Erişim Tarihi: 02.12.2025

Anonim, 2025i. https://entnemdept.ufl.edu/creatures/orn/turf/pest_mole_crickets.htm Erişim Tarihi: 03.12.2025

Anonim, 2025j. https://sfyl.ifas.ufl.edu/lawn-and-garden/mole-crickets/ Erişim Tarihi: 04.12.2025

Anonim, 2025k. https://soil.evs.buffalo.edu/index.php/Mole_cricket Erişim Tarihi: 08.12.2025

Arıoğlu, H. (1999). Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 220 175 s., Adana.

CABI, 2025. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.1079/cabicompendium.3801 Erişim Tarihi: 10.12.2025

Chamberlin. K.D., Barkley, N.A., Tillman, B.L, Dillwith, J.D., Madden, R., Payton, M.E., Bennett, R.S. (2014). A comparisonof methods used to determine the oleic/linoleic acid ratio in cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.). Agricultural Sciences, 5(3):227-237

Devi, G., Kumar, L., Kumari, P., Kumar, P., Das, K. K. (2024). A Comprehensive Review of Helicoverpa armigera: Current status, Ecology and Management Approaches. Biological Forum-An International Journal, 16(10): 153-161.

Efil, L., Efil, F., Atay, E. (2011). New Pest *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in Peanut Field. Journal of Applied Biological Sciences 5 (3): 65-67.

FAO, 2021. http://www.fao.org/fao-who-codexal#mentar#us/en/ Erişim tarihi: 09.12.2025

Kadiroğlu, A. (2016). Yer fıstığı Yetiştiriciliği, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü

Müdürlüğü, Antalya, 1-2.

Kadiroğlu, A. (2025). Yer fıstığı Yetiştiriciliği. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, s. 78.

MEB, (2012). Tarım Teknolojisi. Yağ Bitkileri Yetiştiriciliği (Soya ve Yer Fıstığı) Modülü. Ankara, s. 57.

Mehta, V., Jayaram, C.S., Koranga, R., Negi, N. (2021). Developmental Biology of *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on Tomato under Mid hills (sub-humid) Conditions of India. Biological Forum – An International Journal, 13(3a): 11-15.

Simamora, A. V., Nope, J. D., Nenotek, P. S., Hahuly, M. V., Mahayasa, I. N. W., Kasim, M., (2024). Insect pests incidence of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in the dryland of Kupang District, East Nusa Tenggara, Indonesia. Earth and Environmental Science 1346 (2024) 012029, doi:10.1088/1755-1315/1346/1/012029

Singh, S., Nidheesh, T. D., Zaman, Md. I., Mishra, S. K. (2023). Insect Pest Of Groundnut and Their Management. Insect Pest Management of Field Crops (ISBN: 978-93-94375-69-7), 127-145.

Stocks, S. D., Hodges, A. (2011). European Pepper Moth or Southern European Marsh Pyralid *Duponchelia fovealis* (Zeller). EDIS 2012(1), DOI: 10.32473/edis-in910-2011

BİRİNCİ VE İKİNCİ ÜRÜN SOYADA ZARARLI OLAN BÖCEKLER

Dr. Öğr. Üyesi Murat GÜVEN
Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ORCID: 0000-0003-2521-0138

Öğr. Gör. Nagihan KILIÇ
Iğdır Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Seracılık programı
ORCID: 0000-0002-7746-8125

ÖZET
Soya fasulyesi, yüksek protein ve yağ içeriği sayesinde hem insan beslenmesinde hem de hayvancılıkta ekonomik değeri yüksek bir üründür. Gıda endüstrisinde yağ, un, süt ve çeşitli katkı maddelerinin üretiminde; endüstriyel alanda biyodizel ve birçok kimyasal ürünün hammaddesi olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu nedenle birinci ve ikinci ürün soya üretiminde karşılaşılan zararlı böcek türleri, bitki gelişimini ve verimi doğrudan etkileyerek önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Soyada zararlı türler arasında yer alan *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) yaprak alt yüzeylerinde beslenerek sararma, gelişme geriliği ve fumajin oluşumuna neden olmaktadır. Sıcak koşullarda çok döl veren bu zararlının yoğunluğu, özellikle ikinci ürün ekimlerde hızlı artış göstermektedir. Çiçek ve kapsüllere yumurta bırakan *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) larvaları ise çiçek, bakla ve taneleri yiyerek doğrudan verim kaybı oluşturmaktadır. Benzer şekilde *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) ve *S. littoralis* (Boisduval, 1833) gibi yaprak kurtları genç bitkilerde yaprak dokusunu hızla tüketerek fotosentez alanını azaltır, ağır bulaşmalarda bitkinin tamamen yapraksız kalmasına yol açmaktadır. Bakla ve tanelerde emgi zararı oluşturan *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) ise tane kalitesini düşürerek iç kararma ve bozulmaya neden olur. Bu zararlılarla mücadelede erken ekim, tarladaki yabancı otların azaltılması, dayanıklı çeşitlerin kullanımı ve doğal düşmanların korunması önemli kültürel yöntemlerdir. Feromon ve ışık tuzaklarıyla popülasyon takibi yapılmalı; biyolojik mücadele etmenleri desteklenmelidir. Yoğunluğun ekonomik zarar eşiğini aşması durumunda ise uygun zamanda ve hedefe yönelik kimyasal mücadele uygulanmalıdır. Entegre mücadele yaklaşımıyla yapılan kontrol çalışmaları, hem verim kayıplarını azaltmakta hem de sürdürülebilir soya üretimine katkı sağlamaktadır.
Bu çalışmanın temel amacı, birinci ve ikinci ürün olarak yetiştirilen soya fasulyesinde önemli verim kayıplarına yol açan zararlı böcek türleri, biyolojileri, zarar şekilleri ve üretim üzerindeki etkileri açısından değerlendirmektir.
Anahtar Kelimeler: Soya, *Helicoverpa armigera*, *Bemisia tabaci*, *Spodoptera littoralis*

INSECTS HARMFUL TO THE FIRST AND SECOND PRODUCTS IN SOYBEANS

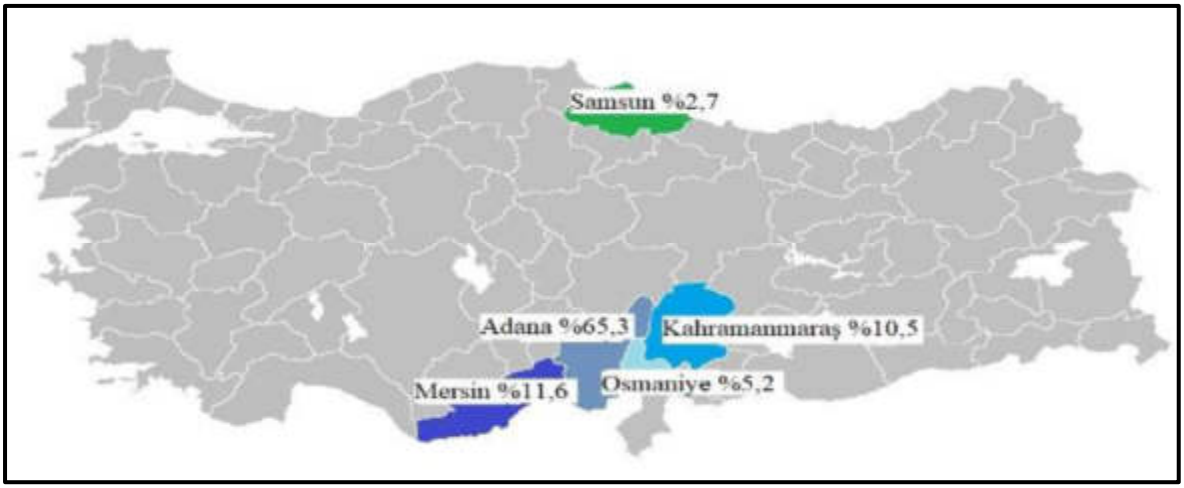
ABSTRACT
Soybeans are a product of high economic value in both human nutrition and animal husbandry due to their high protein and fat content. In the food industry, it is widely used in the production of oil, flour, milk and various additives; in the industrial sector, it is used as a raw material for biodiesel and many chemical products. Therefore, harmful insect species encountered in the production of first and second products of soybeans can cause significant economic losses by directly affecting plant growth and yield. Among the harmful species in soybeans, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) feeds on the undersides of leaves, causing yellowing, stunted growth, and sooty mould formation.

This pest, which reproduces rapidly in warm conditions, can increase in density particularly quickly in second crop plantings. *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) larvae, which lay eggs on flowers and pods, cause direct yield loss by eating flowers, pods and seeds. Similarly, leafworms such as *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) and *S. littoralis* (Boisduval, 1833) rapidly consume leaf tissue in young plants, reducing photosynthesis and, in severe infestations, causing the plant to become completely defoliated. *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), which causes sucking damage to pods and seeds, reduces seed quality, leading to internal discolouration and spoilage. Important cultural methods for controlling these pests include early sowing, reducing weeds in the field, using resistant varieties, and protecting natural enemies. Population monitoring should be carried out using pheromone and light traps, and biological control agents should be supported. If the density exceeds the economic damage threshold, targeted chemical control should be applied at the appropriate time. Control efforts using an integrated pest management approach both reduce yield losses and contribute to sustainable soybean production.
The primary objective of this study is to evaluate the insect pests that cause significant yield losses in soybeans grown as a first or second crop, focusing on their biology, damage patterns, and effects on production.
Keywords: Soybean, *Helicoverpa armigera*, *Bemisia tabaci*, *Spodoptera littoralis*

GİRİŞ

Soya fasulyesi, (*Glycine max* (L.) Merrill), Fabaceae familyasından yenilebilir tohumları için yetiştirilen otsu tek yıllık bitkidir. Soya bitkisi genellikle odunsu gövdelere ve dönüşümlü olarak dizilmiş yapraklara sahip dik bir çalıdır. Yapraklar oval veya mızrak benzeri şekilde olan ve 3-10 cm uzunluğa kadar büyüyen üç ayrı yaprakçığa sahiptir. Soya bitkisi, 3-15 cm uzunluğunda ve 1 ila 5 tohum içerebilen küçük beyaz veya mor çiçekler ve kavisli tohum kabukları üretir. Tohumlar sarı, yeşil, kahverengi, siyah veya benekli bir kombinasyon dahil olmak üzere çeşitli renklerde olabilir. Soya fasulyesi, yalnızca bir büyüme mevsimi yaşayan ve 0,2-1,5 m yüksekliğe ulaşabilen tek yıllık bitkidir. Soya fasulyesi, soya fasulyesi veya soya olarak da adlandırılabilir ve Kuzeydoğu Çin'den gelmektedir. Soya fasulyesi tohumları un ve süt yerine geçen ürünler (süt, margarin ve yoğurt) ile sebze burgerleri gibi et yerine geçen ürünlerin yapımında kullanılabilir. Hem tohumlardan hem de kılıflardan yağ çıkarılabilir ve ekstraksiyonun yan ürünü hayvan yemi olarak kullanılır. Bitkiden elde edilen yağ, boya, linolyum ve sabun gibi ürünlerde kullanılır. Soya fasulyesi ayrıca örtü bitkisi olarak yetiştirilir ve hayvan yemi veya saman olarak kullanılır (Anonim, 2025b).
Türkiye arazi varlığı, su kaynakları, değişik iklim ve ekolojik koşulları ile tarımsal potansiyeli yüksek bir ülkedir. Hızla artan nüfusumuzun kendi öz kaynaklarımızla beslenmesi, üreticimizin yüksek gelir ve yaşam düzeyine kavuşturulması, bu potansiyelin daha verimli kılınmasına bağlıdır. Dış ticaretimizin önemli kısmının tarıma dayalı olması da üretim artışını zorunlu kılmaktadır. Bugün için 24 milyon hektar dolayındaki tarımsal alanlarımıza ekleyebileceğimiz yeni alanlar yok denecek kadar azdır. Bu durumda, üretimi artırmanın tek yolu, birim alandan alınacak ürünün artırılması olacaktır. Bunun için de modern tarımsal teknolojinin kullanılması ve aynı yerden bir yıl içinde birden fazla ürün alınması sağlanmalıdır (Zümreoğlu ve Akbulut, 1987).
Dünyada soya üretimi özellikle 1950 yılından sonra sekiz kat artış göstererek ekim alanlarında ve üretim hacminde büyük artışlar yaşanmıştır. Bu nedenden dolayı uluslararası ticaret açısından en önemli bitkiler arasında yer almaya başlamıştır. Günümüzde üretimin %45'i ABD, %20'si Brezilya ve %12'si Çin'e aittir (FAO, 2024).

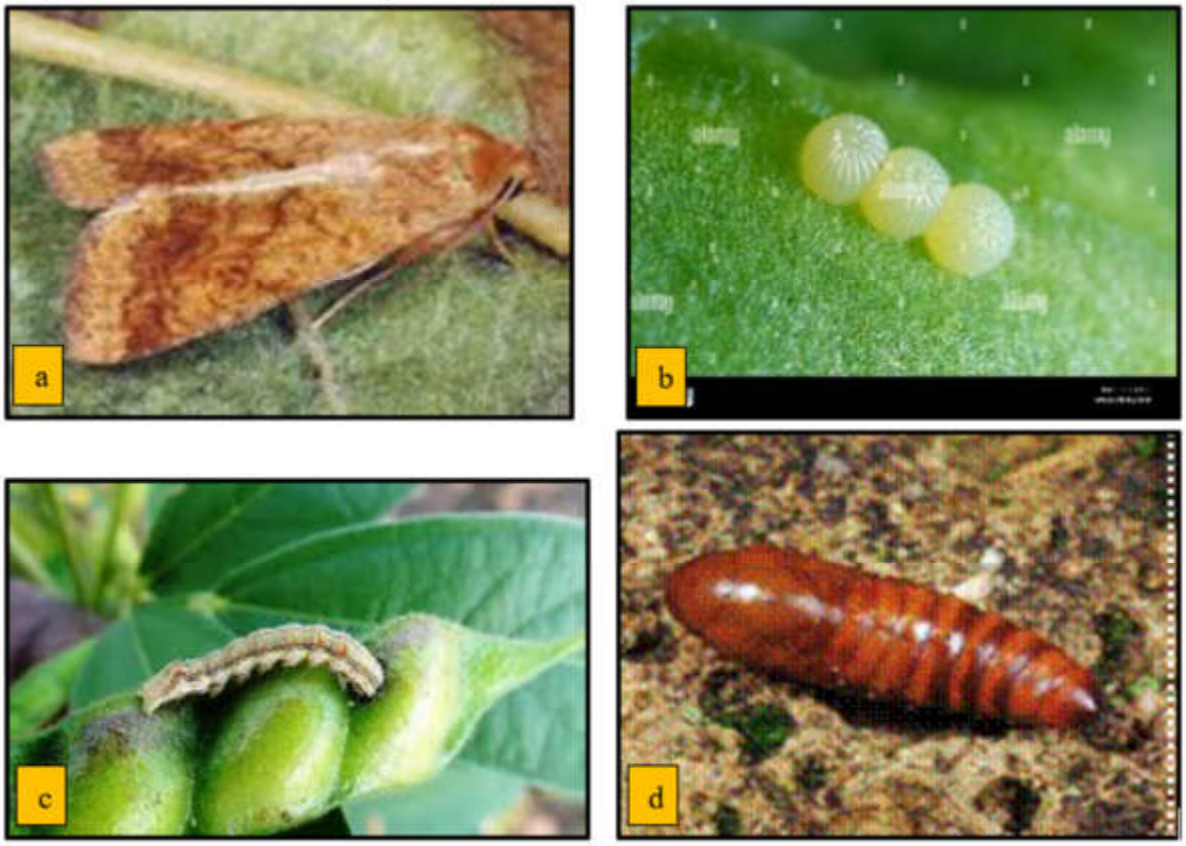
Soya bitkisi Türkiye'de ilk kez 1930'lu yıllarda üretilmeye başlanmış ve o yıllarda sadece Karadeniz Bölgesi'nde tarımı yapılmıştır. Daha sonra uygulamaya konulan ikinci ürün projesi ile soya tarımı bugün ağırlıklı olarak Akdeniz Bölgesi'nde yapılmaktadır. Günümüzde ekim alanı ve üretim bakımından Akdeniz Bölgesi'nde önemli bir yere sahip olan soya, özellikle Çukurova'da tahıl üretiminden sonra ikinci ürün olarak ön plana çıkmaktadır. Soyanın sulama ile kolayca üretilmesi bu bölgedeki gelişmesini desteklemiştir. Soya dünya genelinde birçok ülke için yağlı tohumlar arasında öncelikli ürün olmasına ve toplam yağlı tohum üretiminin yaklaşık %50'sini oluşturmasına karşın, Türkiye'de bu oran sadece %4'dür (Özcan, 2022).
Soya üretimi 2023/24'de 138 bin tondur. Üretimde Adana, Mersin, Kahramanmaraş ilk sıralardadır (Şekil 1). 2023/24'de soya fiyatlarındaki artış devam etmiştir. Bitkisel Üretim 1. Tahminine göre 2024 yılında soya üretiminin 167 bin ton olması bekleniyor (Anonim, 2025a). Samsun'da soya bitkisinin yetiştirilmesi; iklimin uygunluğu, verimli tarım arazilerinin varlığı (Çarşamba ve Bafra ovaları), ikinci ürün ekimi için elverişli, tarımsal desteklerin, ekonomik değerinin yüksek olması ve toprak verimliliğini artırması gibi birkaç temel nedeni vardır.



Şekil 1. Türkiye soya üretiminde en büyük paya sahip iller (2024 %) (Anonim, 2025a).

İkinci ürün olarak yetiştirilen soyada Beyaz sinek (*Bemisia tabaci*) en önemli zararlı, pis kokulu yeşil böcek (*Nezara viridula*), Pamuk yaprak kurdu (*Spodoptera littoralis*) ve Çizgili pamuk yaprak kurdu (*Spodoptera exigua*) gelecekte soyada zararlı duruma gelebilecekleri bildirilmiştir (Turhan ve ark., 1983; Demircan, 1996; Tuğay, 2007; Anonim, 2025c).
Soya fasulyesi zararlıları, fideden hasada kadar her büyüme aşamasında saldırır ve özellikle çiçeklenmeden bitkinin olgunlaşmasına kadar olan dönemde çok şiddetli olabilir. Zararlılar, soya fasulyesinin kalitesini ve verimini düşürür. Soya fasulyesi zararlıları, doğrudan beslenerek bitkileri diğer patojenlerin saldırısına maruz bırakarak ve dolaylı olarak virüs ve diğer patojenleri bulaştırarak zarar verir (Heinrichs and Muniappan, 2018). Örneğin, börülcede bakla kurdu (*Maruca vitrata* (Fabricius, 1787)) ve bakla kurdu (*Helicoverpa armigera*) çiçek tomurcukları, çiçekler ve baklalarla beslenerek %20 ila %80 arasında verim kaybına neden olmaktadırlar (Sharma, 1998).

ARAŞTIRMA ve BULGULAR
Takım: Lepidoptera
Familya: Noctuidae
1. Soyada Yeşil Kurt: *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808)



Şekil 2. *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808)'nın a. Ergin, b. yumurta, c. Larva, d. pupa (Patil, 2023)

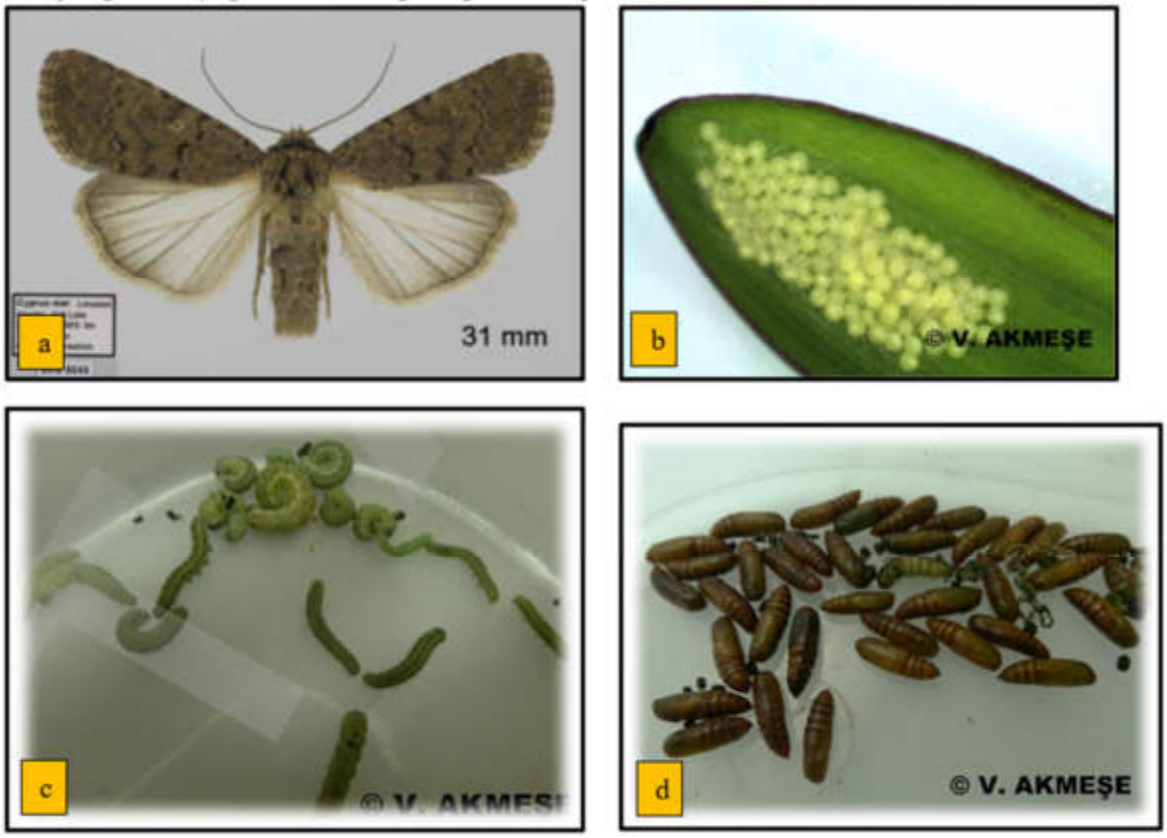
Kelebekler kısa ve ışık sarımsı-kahverengidir. Arka kanatlar soluk dumanlı beyaz ve geniş siyahımsı dış kenara sahiptir. Larvalar yeşilimsi renkte olup, vücutlarının yanlarında daha koyu, kesik gri bir çizgi vardır (Şekil 2). Tam büyüdüklerinde 37-50 mm uzunluğundadırlar. Larvalar genç yaprakların klorofilini yiyerek iskeletini çıkarır. Erken dönemde yaprakları iştahla tüketirler, bitkiyi yapraksız bırakabilirler ve daha sonra çiçekler ve gövdelerle beslenirler. Bu nedenle, yoğun bulaşma seviyelerinde ürün kayıpları büyük olur (Şekil 3). Soyanın yanı sıra pamuk, domates, bezelye, tütün, aspir, darı, mısır vb. bitkileri istila eder (Patil, 2023).



Şekil 3. *Helicoverpa*'nın soya baklalarındaki zararı (Foto: Raul T. Villanueva)

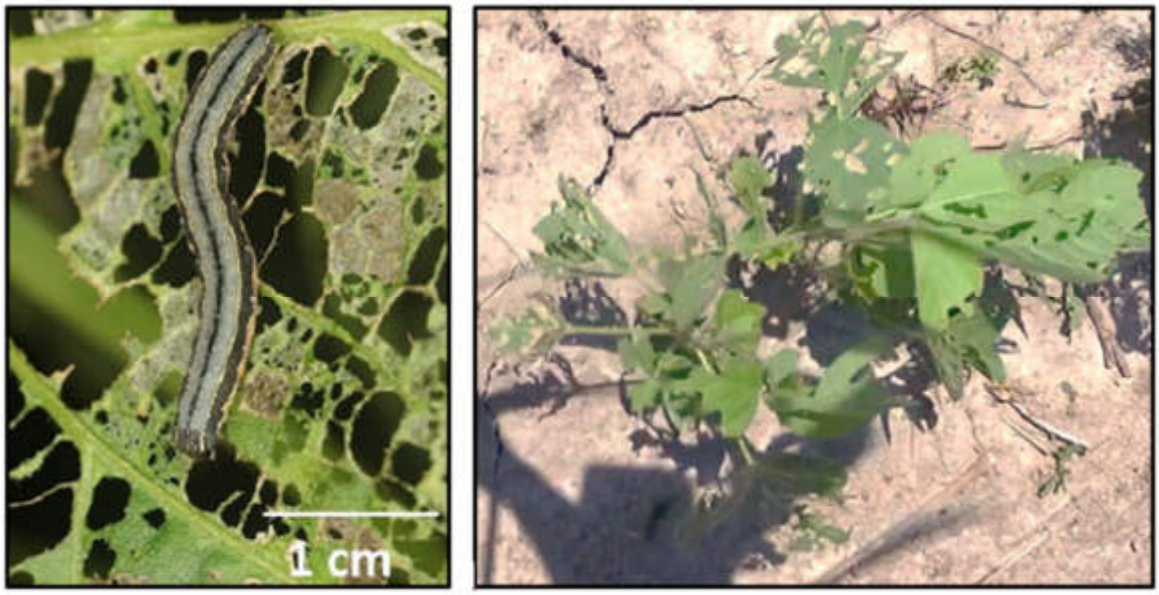
Helicoverpa yaprak dökülmesi, yuvarlak ısırık izleri ve deliklerle karakterizedir (yaprak kurdu daha köşeli delikler açar). *Helicoverpa* ayrıca vejetatif aksamda yardımcı tomurcuklara ve uç tomurcuklara saldırır. Bu tür hasar, özellikle fide veya kuraklık stresine maruz kalan mahsullerde popülasyonun yüksek olması durumunda, sonraki bakla oluşumunu ciddi şekilde etkileyebilir. Erken uç ve tomurcuk zararı, baklaların yere daha yakın oluşmasına da neden olabilir. Bu tür baklaların hasadı daha zordur. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde, son yumuşak yeşil doku genellikle vejetatif bitki uçlarıdır ve bu nedenle normal olarak büyüyen bitkilere göre tamamen tüketilme olasılığı daha yüksektir (Anonim, 2025e).

2. Çizgili pamuk yaprak kurdu: *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808)



Şekil 4. *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808)'nın a. ergin, b. yumurta, c. larva, d. pupa (Anonim, 2025d)

Yapraklarda tekil veya yakın gruplanmış dairesel veya düzensiz şekilli delikler; genç larvaların yoğun beslenmesi iskeletli yapraklara yol açar; meyvelerde sığ, kuru yaralar; yapraklarda 50-150 yumurtadan (Şekil 4) oluşan yumurta kümeleri bulunabilir; yumurta kümeleri, kümeye pamuksu veya tüylü bir görünüm veren beyazımsı bir pul ile kaplıdır; genç larvalar soluk yeşil ile sarı renktedir, yaşlı larvalar ise genellikle daha koyu yeşildir, vücutlarının yanları boyunca uzanan koyu ve açık bir çizgi ve pembe veya sarı bir alt yüzeyleri vardır (Anonim, 2025b) (Şekil 5).



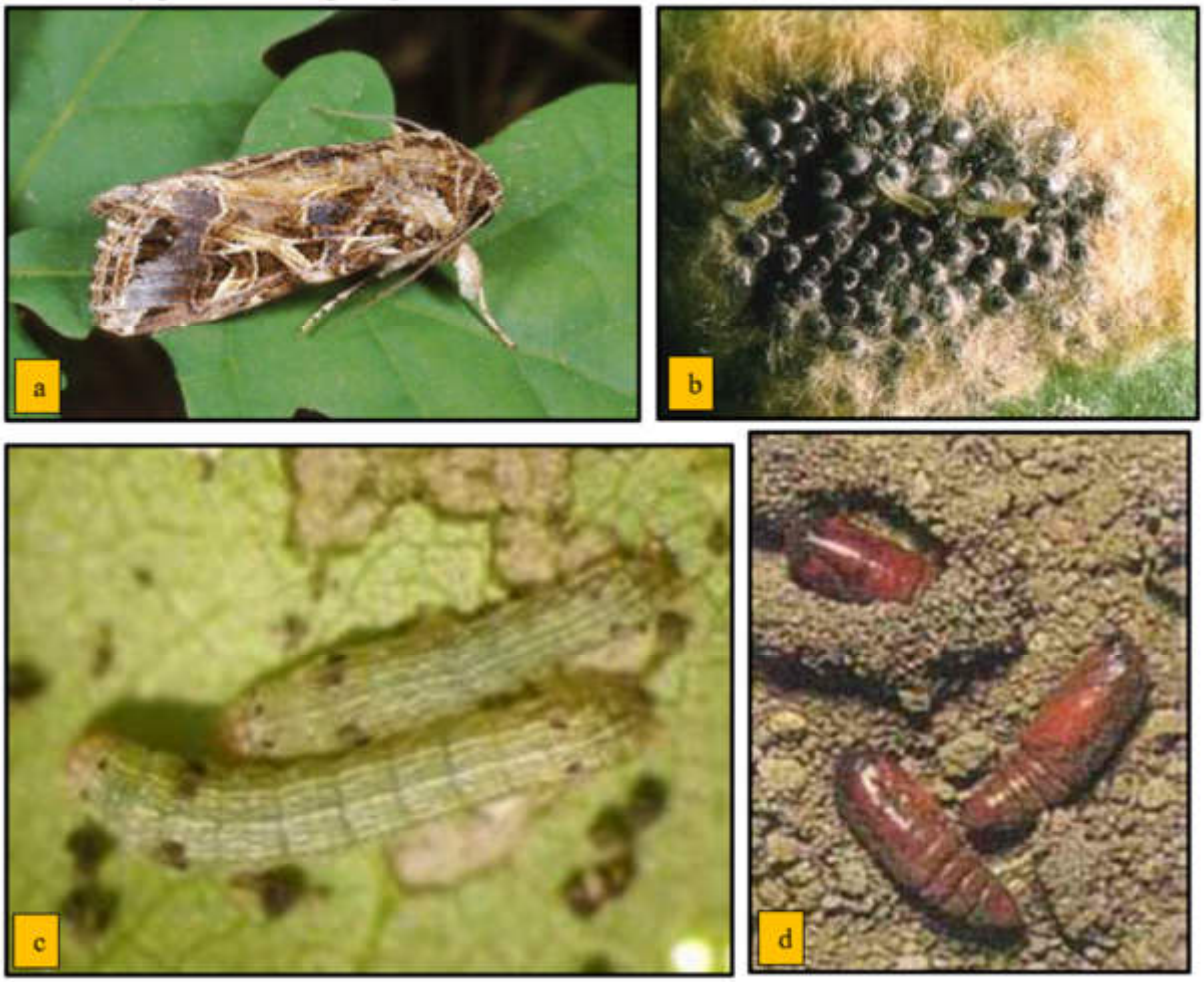
Şekil 5. *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808)'nın soya yaprağındaki zararı (Park et al., 2023)



Şekil 6. *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808)'nın soya yaprağındaki zarar şekli (Foto: Michasia Dowdy, Georgia Üniversitesi, Bugwood.org)

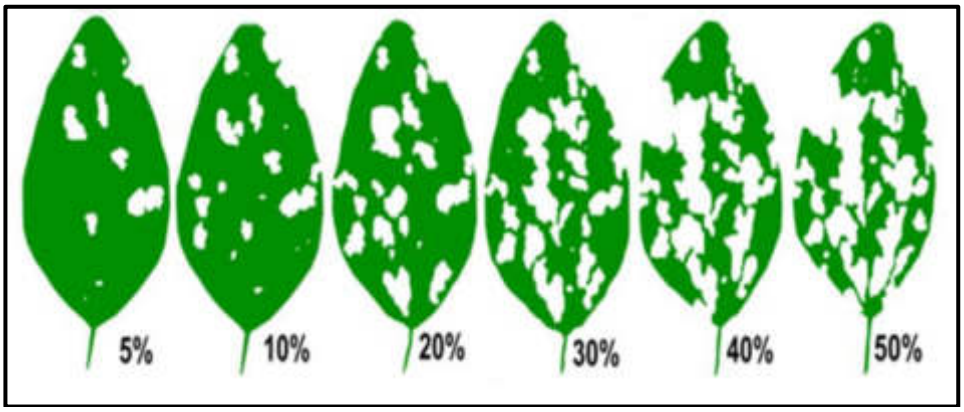
Gruplar halinde yaşayan ilk dönem larvalar, bulundukları yaprakların epidermisini yiyerek yaprağı zar halinde bırakırlar (Şekil 6). Larvalar geliştikçe yaprak damar aralarını yiyerek yalnız yaprak damarlarını bırakırlar. Daha ileriki dönemlerde ise yaprağın tamamını yiyip bitirirler (Anonim, 2025d).

3. Pamuk yaprak kurdu: *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833)



Şekil 7. *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833)'in a. ergin, b. yumurta, c. larva, d. pupa (Anonim, 2025d)

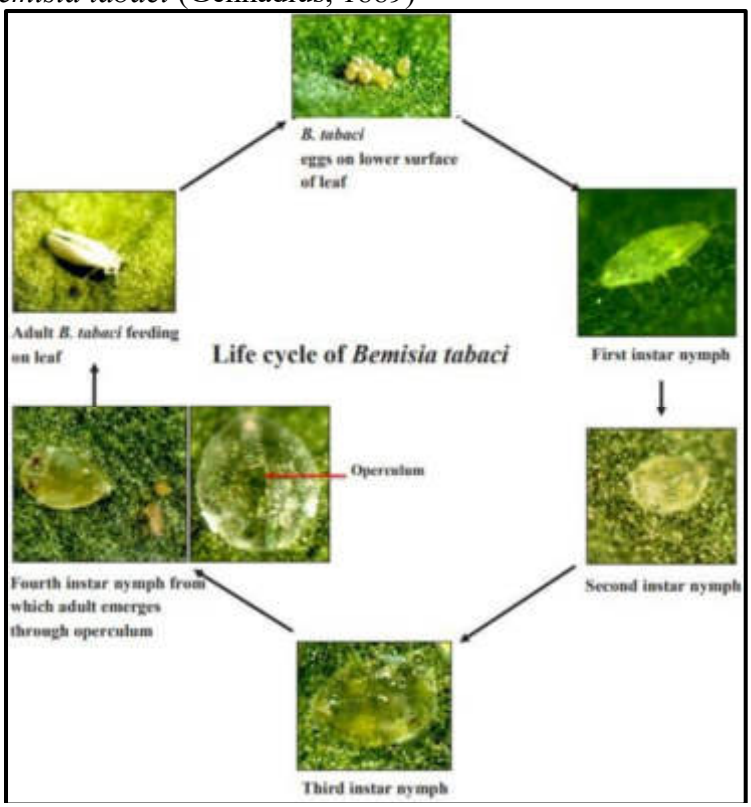
Kelebeklerin ön kanatları gri-kahverenginde ve üzeri karışık şekilde sarı renkli çizgilerle süslüdür. Arka kanatları ise beyazdır. Yumurtalarını pamuk yapraklarının alt yüzüne 200-300 adetlik paketler halinde bırakır ve deve tüyü renginde pullarla örter (Şekil 7b). Yumurtalar çoğunlukla iki sıralı ve düzenli olarak dizilir ve 1-3 katlı paketlere de rastlanabilir. Yeni çıkan larva yeşil renkli, kıllı, baş vücuda göre büyük, koyu kahve veya siyah renklidir (Anonim, 2025f).



Şekil 8. *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833)'in çeşitli düzeylerde soya fasulyesindeki yaprak zararı (Hunt and Jarvi, 2009)

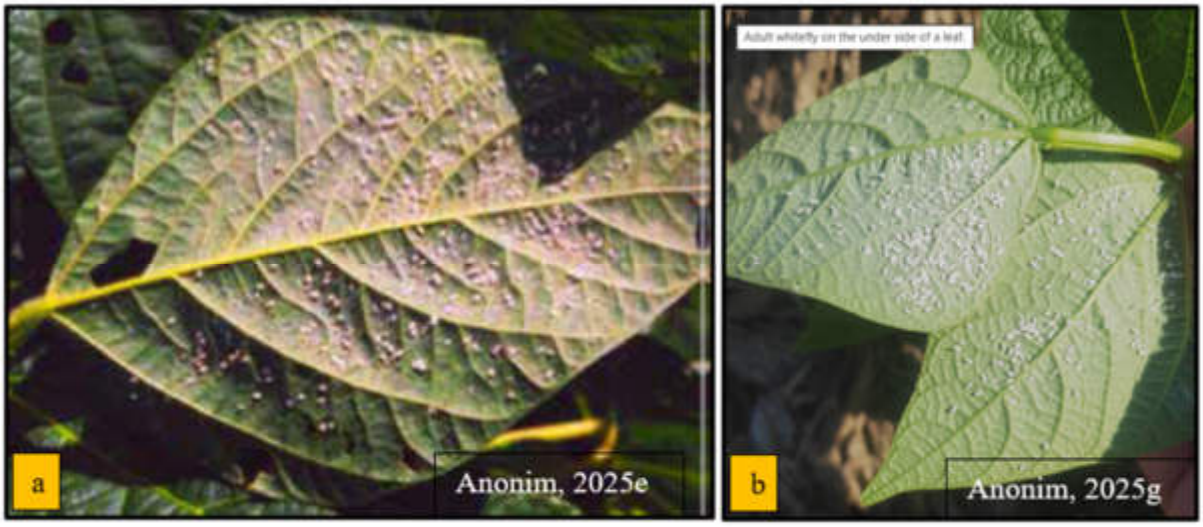
Pamuk yaprak kurdu yumurtadan çıkışı ile birlikte zarar yapmaya başlar. Erginler, yumurtalarını yapraklarının arka yüzeyine paketler halinde bırakır ve devetüyü rengindeki pullarla örter. Yumurtadan yeni çıkan larvalar ilk olarak yumurta kabuğunu yer daha sonra ise yaprağın alt yüzeyini kemirir ve epidermisi yiyerek zar gibi yapar. Bu durumda yaprak elek gibi bir görünüm kazanır (Şekil 8). Larvalar, büyüdükçe diğer yapraklara geçerek beslenmeye devam eder ve yaprakları delik deşik eder. Son dönem larva toprağa inerek pupa olur. Yoğunluğun yüksek olduğu tarlalarda yaprakların tamamen yenildiği için "karadal" denilen görünüm ortaya çıkar (Oğuz ve ark., 2022).

Takım: Hemiptera
Familya: Aleyrodidae
4. Beyaz Sinek: *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889)



Şekil 9. *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) hayat döngüsü (Ghosh et al., 2019)

Nimfler siyah ve yuvarlak veya oval. Nimflerin kenar kılları bulunur (Şekil 9). Erginler küçük, sarı gövdeli böcekler, beyaz kanatlı ve yoğun bir şekilde mumlu bir tozla kaplıdır. Hem nimfler hem de erginler yapraklardan hücre özsuyunu emer ve bitkileri güçsüz bırakır (Şekil 10). Beslenmeleri sonucunda yapraklar sararır ve kıvrılır. Bu böcek, soya fasulyesinde mozaik hastalığını yayar. Ayrıca yapraklara fumajin salgılar, bu salgı üzerinde siyah fungus gelişir. Patlıcan, patates, turpgiller ve kabakgillerle beslenen polifag bir türdür (Patil, 2023).



Şekil 10. *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889)'nin yaprak altıdaki populasyon yoğunluğu

Beyaz sinek, yapraklardan büyük miktarda bitki fotosentez ürününü uzaklaştırarak, sayılarının çokluğu nedeniyle bitkinin canlılığını ve verimini azaltabilir. Genç bitkilerde şiddetli istilalar, bitkinin büyümesini engelleyebilir ve verim potansiyelini azaltabilir. Daha geç dönemlerdeki istilalar, bakla sayısını, tohum boyutunu ve tohum boyutunun homojenliğini azaltarak verimi ve kaliteyi düşürebilir. Kural olarak, Beyaz sineğin etkisi kuraklık stresine maruz kalan mahsullerde en kötüdür. Ağır istila altındaki soya fasulyesinde, hem baklalar hem de tohumlar genellikle olağandışı derecede soluk renklidir. Tohum rengi, tahıl soya fasulyesinde (hasat edilen tohumlar doğal olarak soluk renklidir) sorun teşkil etmese de, kabuk ve tohum renginin bozulması, kabukların yeşil olarak toplandığı durumlarda (örneğin sebze soya fasulyesi ve yeşil fasulye) önemli bir pazarlama sorunudur. Zarar durumu, soya fasulyesi gibi hassas mahsullerde her zaman potansiyel büyük bir risk oluşturur, özellikle geniş spektrumlu böcek ilaçlarının yaygın olarak kullanıldığı bölgelerde (Anonim, 2025e).

Familya: Pentatomidae

5. Kokulu Yeşil Böcek: *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758)



Şekil 11. *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758)'nın a. ergin, b. yumurta, c. nimf (Foto: Australian Oilseeds Federation)

Pis kokulu yeşil böcek parlak yeşil, kalkan şeklinde olup omuzları arasında üç küçük beyaz leke ile 13-15 mm uzunluğundadır (Şekil 11). Kışlayan yetişkinler mor-kahverengidir. Sarı veya turuncu varyantları ara sıra görülür. Rahatsız edildiklerinde, avcıları uzak tutmak için kötü bir koku salar. Yumurtalarını yığınlar halinde bırakılır (her yığın 50-100 yumurta içerir) ve enine kesitte daireseldir. Yeni bırakılan yumurtalar krem rengindedir, ancak çatlamadan önce parlak turuncuya döner. Parazitlemiş yumurtaları siyahtır. Nimfleri renk açısından çeşitlilik gösterir. Yeni çıkan nimfler (1,5 mm uzunluğunda) turuncu ve kahverengi (bazen siyah) renktedir. İleri dönem nimfler ya yeşil ya da siyah olup beyaz, krem, turuncu ve kırmızı işaretlere sahiptir. Son (beşinci) dönem nimflerde desenler azalmıştır (yani daha çok temel renk, yeşilden siyaha doğru) ve belirgin kanat tomurcukları vardır. Genç nimfler kalkan şeklinde değil, yuvarlak veya ovaldir ve genellikle büyük gruplar halinde bir araya gelirler. Daha yaşlı nimfler ise daha geniş bir alana yayılmıştır. Bunlar geniş bir konukçu yelpazesine sahiptir ve özsu emerek zarar verirler. Genellikle üst saplar ve başaklar üzerinde beslenir ve çok sayıda olduklarında başakların büzülmesine, solmasına ve şekil bozukluğuna neden olurlar. Sap çevresinde bir araya gelirlerse gelişmekte olan başağa veya kapsüle su ve besin taşınması azalır. Bazen gelişmekte olan tohumlarla da beslenirler (Charleston, 2013).

SONUÇ

Çalışmada ele alınan farklı biyolojik gelişim tiplerine sahip zararlı gruplarının soya bitkisinde birinci ve ikinci ürün koşullarında oluşturduğu riskler, üretim sürecinin tüm dönemlerinde entegre bir yaklaşımın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Gerek yaprak, sürgün ve kapsül düzeyindeki doğrudan dokusal kayıplar, gerekse özsuyu emme, salgı biriktirme ve buna bağlı ikincil enfeksiyonların gelişmesi gibi dolaylı etkiler; bitkinin büyüme performansını, verim unsurlarını ve tane kalitesini önemli ölçüde sınırlayabilmektedir. Bu zararlıların farklı yaşam evrelerinde gösterdiği beslenme davranışları, iklim koşullarına verdikleri tepkiler ve döl sürelerinin mevsimsel üretim sistemlerine uyum sağlayabilmesi, izleme ve müdahale stratejilerinin dinamik biçimde planlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu nedenle sonuçlar, soya üretiminde sürdürülebilir bir verimlilik için entegre zararlı yönetiminin merkezde olması gerektiğini göstermektedir. Düzenli taramalarla erken uyarı sistemlerinin işletilmesi, popülasyon yoğunluğunu ekonomik zarar eşiğinin altında tutacak kültürel, biyoteknik ve biyolojik yöntemlerin öncelikli olarak kullanılması ve kimyasal mücadeleye yalnızca gerektiğinde ve seçici ürünlerle başvurulması temel prensipleri oluşturur. Üretim alanlarının çevresel koşullarına ve ekim nöbetine uygun düzenlenmesi, doğal düşmanların korunması ve dayanıklı çeşitlerin tercih edilmesi de bu yaklaşımın etkinliğini artırır. Tüm bu bileşenler bir araya getirildiğinde, hem birinci hem ikinci ürün soya yetiştiriciliğinde zararlı kaynaklı kayıpların azaltılması, çevresel etkilerin sınırlandırılması ve ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması mümkün hale gelmektedir.

4. KAYNAKLAR

Anonim, 2025a. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasalari Erişim Tarihi: 06.12.2025

Anonim, 2025b. https://plantvillage.psu.edu/topics/soybean/infos Erişim Tarihi: 07.12.2025

Anonim, 2025c. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/cukurovataem/Belgeler/Yeti%C5%9Ftiricilik/soya-yetistiriciligi_1.pdf Erişim Tarihi: 07.12.2025

Anonim, 2025d. https://www.google.com/search?q=Bitki+Zararl%C4%B1lar%C4%B1+Zirai+M%C3%BCcadele+Teknik+Talimatlar%C4%B1&rlz=1C1GCEA_enTR1176TR1176&oq=Bitki+Zararl%C4%B1lar%C4%B1+Zirai+M%C3%BCcadele+Teknik+Talimatlar%C4%B1&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIKCAEQABiABBiiBDIHCAIQABjvBTIHCAMQABjvBTIHCAQQABjvBdIBBzUzMGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8 Erişim Tarihi: 25.11.2025

Anonim, 2025e. https://grdc.com.au/__data/assets/pdf_file/0022/370660/GrowNote-Soybean-North-07-Insects.pdf Erişim Tarihi: 09.12.2025

Anonim, 2025f. https://www.gapteyap.org/wp-content/uploads/2015/08/Pamuk-Zararl%C4%B1lar%C4%B1.pdf Erişim Tarihi: 09.12.2025

Anonim, 2025g. https://cropserve.co.zw/white-fly/ Erişim Tarihi: 09.12.2025

Charleston, K. (2013). Insect management in sunflower – northern region. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, pp. 1-35.

Demircan, P. (1996). Çukurova bölgesinde birinci ve ikinci ürün soyada görülen önemli zararlıların populasyon gelişmelerinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s.61.

Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). (2024), The Soybean. https://www.fao.org/3/t0532e/t0532e02.htm Erişim Tarihi: 05.12.2025

Ghosh, A., Rao, G. P., Baranwal, V. K. (2019). Manual on transmission of plant viruses and phytoplasmas byinsect vectors. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, 110012, 60.

Heinrichs, E. A., Muniappan, R. (2018). Integrated pest management for tropical crops: soyabeans. CAB Reviews, 13(055), 1-44.

Hunt, T., Jarvi, K. (2009). DecisionMaking for Soybean Defoliating Insects. University of NebraskaLincoln, 402- 472.

Oğuz, İ., Öz, E., Aykas, L., Ayvazoğlu Çevik, G., Veziroğlu, S., (2022). Türkiye'de Sürdürülebilir Pamuk Değer Zincirlerinin Desteklenmesi Projesi. Eğitici El Kitabı, 124.

Özcan, M. (2022).''Ürün Raporu Soya 2022'', efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Ürün%20Raporları/2022%20Ürün%20Raporları/Soya%20Ürün%20Raporu%202022-366%20TEPGE Erişim Tarihi: 4.12.2025

Park, Y. L., Naharki, K., Karimzadeh, R., Seo, B.Y., Lee, G. S. (2023) Rapid Assessment of Insect Pest Outbreak Using Drones: A Case Study with *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Soybean Fields. Insects 2023, 14, 555. https://doi.org/10.3390/insects14060555

Patil, P. P. (2023). Identification of Different Insect Pests of Soybean and Their Management. Just Agriculture. Vol. 4 Issue- 1. (e-ISSN: 2582-8223)

Sharma, H.C. (1998). Bionomics, host plant resistance and management of legume pod borer, Maruca vitrata- a review. Crop Prot., 17: 373-386.

Zümreoğlu, S., Akbulut, N. (1987). Ege Bölgesi ikinci ürün soya ekim alanlarında görülen zararlılar üzerinde araştırmalar. Türkiye Entomoloji Dergisi, 11 (4): 215-225. ISSN 1010-6960

Tuğay, E. (2007). https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Belgeler/EgitimBrosur/139-ciftcibro.pdf Erişim Tarihi: 07.12.2025

Turhan, N., Tunç, A., Belli, A., Kişmir, A., Kısakürek, N. (1983). Çukurova'da soya (*Glycine max* L.)'da böcek ve akar faunasının tesbiti üzerinde çalışmalar. Bitki Koruma Bülteni, 23 (3): 148-169.

APPLICATION OF A RAPID AND PRACTICAL CYTOGENETIC METHOD FOR CHROMOSOME DETERMINATION AFTER TISSUE CULTURE FROM MARINE FISH: MORE ETHICAL RESEARCH AND CONSERVATION EFFORTS

Serkan SAYGUN
Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, Department of Fisheries Technology Engineering, Department of Aquaculture and Fish Diseases
ORCID: 0000-0002-9789-3284

ABSTRACT
Fish cytogenetics often relies on in vivo methods to isolate chromosomes, starting by injecting live fish with a mitotic inhibitor such as colchicine, colcemid, or velban at specific doses. These chemicals only work while the fish are alive, stopping cell division at metaphase after about 90 minutes. Afterwards, the fish are euthanized to collect tissue, which raises welfare concerns, especially for endangered species. To mitigate this, in vitro culture methods with varying durations—long and short-term—have been developed. Both approaches use similar procedures involving hypotonic agents, fixatives, and stains to prepare cell samples following mitotic inhibition. Tested by Chilean scientists and ourselves on over 20 marine fish species, this method yields high-quality metaphase chromosomes without needing live fish or risking their survival. This saves at least 20-50 fish lives per typical study, supporting better ethical standards and conservation.
Our experimental results indicate that tissue collection should be performed within 4 hours of death for the method to work effectively. On the day before sampling, we thawed the frozen PB-MAX solution in Falcon tubes and stored it at +4°C. The fish sample's surface was disinfected with alcohol before or after transport to the lab. Kidneys were removed through incision, and a 1 g piece of kidney tissue was placed into each Falcon tube containing 1 mL of PB-MAX solution. The mixture was then homogenized using a magnetic stirrer or a Pasteur pipette. Finally, the tissue was incubated at +4°C for 90 minutes to 3.5 hours, depending on the species.
Tissues were placed in Petri dishes and thoroughly ground with a scalpel and forceps. The cell-containing tissues were then promptly transferred to Falcon tubes using a Pasteur pipette. Colchicine solution was added, and after at least 60 minutes, the cell suspension was vortexed to homogenize, centrifuged at 1000 rpm, and the supernatant discarded. A hypotonic solution (0.075 M KCl) was applied to the cell pellet, which was then incubated for at least 120 minutes. Subsequently, a few drops of cold fixative (Carnoy's fixative with a 3:1 methanol: acetic acid ratio) were added, and the suspension was left to stand for 5 minutes. After centrifugation at 1000 rpm for 10 minutes, the supernatant was carefully removed. The fixative was added to the pellet again, the pellet was centrifuged, and the supernatant was discarded—this cycle was repeated once or twice. The final cell pellet, containing fixative, was spread onto clean, steam-heated slides using a capillary pipette, then air-dried. The next day, the slides were stained with 5% Giemsa solution (pH 6.8-7.1) for 10-15 minutes, rinsed, and air-dried. The highest-quality metaphases were identified microscopically, and digital images were captured. High-quality karyotypes were produced using AKAS-Multispecies image analysis and automated karyotyping software. Although this protocol was initially developed for marine fish, it has been successfully modified and applied to freshwater fish.
Keywords: Marine fish, short-term tissue culture, PB-MAX culture medium, cytogenetics, chromosome

DENİZ BALIKLARINDAN DOKU KÜLTÜRÜ SONRASI KROMOZOM TESPİTİ İÇİN HIZLI VE PRATİK BİR SİTOGENETİK YÖNTEMİN UYGULANMASI: DAHA ETİK ARAŞTIRMA VE KORUMA ÇABALARI

ÖZET

Balık sitogenetiği çalışmalarında kromozom elde etmek için genellikle doğrudan *in vivo* yöntemler kullanılır. İlk olarak, balıklara belirli konsantrasyonlarda bir mitotik inhibitör (örneğin kolçisin, kolsemid veya velban) enjekte edilir. Bu kimyasallar yalnızca balık canlıyken etkilidir. Hücre bölünmesi en az 90 dakika sonra metafazda durdurulmuştur. Bu sağlandıktan sonra, doku çıkarmak için canlı balık ötenazi edilir. Bu durum, nesli tükenmekte olan veya nadir türler için bir refah sorunu olabilir. Bu sorunu çözmek için uygulama süreleri değişen (uzun ve kısa süreli) kültür yöntemleri (*in vitro* teknikler) geliştirilmiştir. Hem kültür metodu hem de doğrudan yöntemlerde mitotik inhibisyon sonrası doku hücrelerinden preparatların hazırlanmasında birbirine benzer bir dizi hipotonik, fiksatif ve boyama uygulanmasını gerektirir. Şilili bilim insanları ve tarafımızdan da 20'den fazla deniz balığı türünde test edilen bu yöntemle yüksek kaliteli metafaz preparatları üretilmiştir. Bu yöntemde canlı balık örneklerine ihtiyaç duyulmaz veya örneklerin canlı kalmalarını gerektirmez; bu da diğer *in vivo* ve *in vitro* yöntemlere göre önemli bir avantajdır. Bu yaklaşımın kullanılmasıyla, tipik bir çalışmada en az 20-50 arasında balık hayatı kurtarılabilir, etik standartlar ve koruma çabaları önemli ölçüde artırılabilir.

Deneysel bulgularımıza göre, yöntemin başarılı olması için numuneden doku alımı ölüm sonrası dört saati geçmemelidir. Balık örneklemesinden önceki gün, Falcon tüplerindeki donmuş halde olan PB-MAX solüsyonu çözdürüldü ve +4°C'de muhafaza edildi. Balık numunesinin dışı, laboratuvara getirilmeden önce veya sonra alkolle dezenfekte edildi. Böbrekler insizyonla çıkarıldı. Her Falcon tüpüne 1 mL'lik PB-MAX solüsyonu için bir gram böbrek dokusu eklendi. Karışım, manyetik karıştırıcı veya Pasteur pipeti kullanılarak homojenize edildi. Doku daha sonra türe bağlı olarak +4°C'de 90 dk ile 3,5 saat arasında inkübe edildi.

Dokular petri kaplarına yerleştirilir, neşter ve pens kullanılarak iyice ezildi. Hücre süspansiyonu haline gelen dokular, hemen Pasteur pipeti ile Falcon tüplerine aktarıldı. Ardından kolçisin solüsyonu ilave edildi. En az 60 dk sonra homojenizasyon için vorteks karıştırıcıdan geçirilen hücre süspansiyonu 1000 rpm'de santrifüj edildi ve süpernatant atıldı. Hücre pelletine hipotonik bir solüsyon (0,075 M KCl) eklendi. En az 120 dk sonra birkaç damla soğuk fiksatif (Carnoy fiksatifi, 3:1 metanol/glasiyal asetik asit) eklendi ve süspansiyon beş dakika bekletildi. Sonra 1000 rpm'de 10 dakika santrifüjlemenin ardından süpernatant dikkatlice atıldı. Hücre peleti üzerine fiksatif ilavesi, santrifüjleme işlemi ve süpernatant atıldı, bu işlem 1-2 kez tekrar edildi. En son kalan fiksatifli hücre peleti, buharda ısıtılmış temiz lamlara kılcal pipet ile hücre yayma işlemi yapıldı. Lamlar havada kurutuldu, ertesi gün, lam preparatlar %5'lik Giemsa solüsyonu (pH 6,8-7,1) ile 10-15 dakika boyandı, durulama sonrası kurumaya bırakıldı. Boyalı preparatlarda mikroskopik inceleme sonucunda en iyi kaliteli metafazlar belirlendi ve dijital görüntüleri alındı. Kaliteli karyotipler, AKAS-Multispecies görüntü analizi ve otomatik karyotipleme yazılımı kullanılarak oluşturuldu. Özellikle deniz balıkları için geliştirilen bu yöntem, çeşitli modifikasyonlarla tatlı su balıklarında başarıyla uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deniz balıkları, kısa süreli doku kültürü, PB-MAX besiyeri, sitogenetik, kromozom

GÖÇ VE İSTIHDAM ARASINDAKI İLIŞKI: TÜRKIYE HIZMET SEKTÖRÜNDE GÖÇMEN İŞGÜCÜNÜN ROLÜ

İrem ÖZKULA
İzmir Demokrasi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat
ORCID: 0009-0003-1102-0728

Meltem INCE YENILMEZ
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Izmir Demokrasi Üniversitesi
ORCID: 0000-0002-4689-3196

ÖZET
Bu çalışma, Türkiye'de göç ve istihdam arasındaki etkileşimi hizmet sektörü odağında incelemeyi amaçlamakta; Suriyeli ve Afgan göçmen işgücünün sektörel dağılımını, mekânsal yoğunlaşmasını ve işgücü piyasasına etkilerini değerlendirmeyi hedeflemektedir. 2011 sonrası zorunlu göç dalgasıyla Türkiye, 3 milyonu aşkın Suriyeli ve yüz binlerce Afgan göçmene ev sahipliği yapmıştır. Bu süreçte hizmet sektörü, göçmenlerin işgücü piyasasına girişinde en hızlı ve esnek alanlardan biri haline gelmiştir. Çalışmada, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ile Göç İdaresi Başkanlığı verileri, ayrıca ILO VE TİSK raporları kullanılmıştır. Bulgular, Suriyeli işgücünün özellikle İstanbul, Gaziantep, Şanlıurfa, Adana, Mersin ve Bursa gibi illerde; yeme-içme, perakende, konaklama, temizlik ve lojistik sektörlerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Afgan göçmenlerin ise daha çok İstanbul ve doğu illerinde inşaat ve ev hizmetleri alanlarında çalıştıkları gözlemlenmiştir. Kayıt dışı istihdamın yüksekliği, göçmenlerin sosyal koruma mekanizmalarına erişimini ve yerel işgücüyle dengeli bir entegrasyon sürecini güçleştirmektedir. Bununla birlikte, hizmet sektöründe göçmen emeğinin, özellikle düşük vasıf gerektiren işlerde yerli işgücüyle tamamlayıcı bir nitelik taşıdığı da dikkat çekmektedir. Sonuç olarak, araştırma bulguları, göçmen istihdamının hizmet sektörü üzerindeki etkilerinin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışma, Türkiye'de hizmet sektöründe göçmen işgücünün ekonomik işlevini, sektörel istihdam yapısındaki konumu ve politika üretim süreçlerine sağlayabileceği katkıları değerlendirmeyi amaçlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Göç, İşgücü, İstihdam, Türkiye, Hizmet Sektörü

THE RELATIONSHIP BETWEEN MIGRATION AND EMPLOYMENT: THE ROLE OF IMMIGRANT LABOUR IN THE TURKISH SERVICE SECTOR

ABSTRACT
This study aims to examine the interaction between migration and employment in Turkey, focusing on the service sector; it seeks to evaluate the sectoral distribution, spatial concentration, and labour market impacts of Syrian and Afghan migrant workers. Following the wave of forced migration after 2011, Turkey has hosted more than 3 million Syrians and hundreds of thousands of Afghans. During this period, the service sector has become one of the fastest-growing and most flexible areas for migrants entering the labour market. The study utilises data from the Ministry of Labour and Social Security and the Presidency of Migration Management, as well as reports from the ILO and TİSK. Findings indicate that Syrian workers are particularly concentrated in cities such as Istanbul, Gaziantep, Şanlıurfa, Adana, Mersin, and Bursa, and mainly employed in food and beverage, retail, accommodation, cleaning, and logistics sectors.

Afghan migrants, on the other hand, are observed to work predominantly in Istanbul and eastern provinces, particularly in construction and domestic services. The high rate of informal employment makes it difficult for migrants to access social protection mechanisms and hinders a balanced integration process with the local labour force. Nevertheless, migrant labour in the service sector appears to play a complementary role to the native workforce, especially in low-skilled jobs. In conclusion, the research findings reveal that migrant employment has a multidimensional impact on the service sector. This study aims to assess the economic function of migrant labour within Turkey's service sector, its position in the sectoral employment structure, and its potential contributions to policymaking processes.
Keywords: Migration, Labour Force, Employment, Turkiye, Service Sector

GİRİŞ

1-Göç ve İstihdamın Türkiye Bağlamındaki Önemi

Göç, hem sosyal hem de ekonomik bir olgu olarak yalnızca göç eden bireylerin yaşamlarını değil, aynı zamanda bu bireylerin ayrıldıkları ve yerleştikleri toplumların sosyal, kültürel ve ekonomik yapısını da derinden etkiler. Bu durum, göçün dışsallıkları olarak adlandırılabilecek çok yönlü sonuçlar doğurur (Bahar, D., & Bingöl, F. K. 2010). Söz konusu etkilerin işgücü piyasalarına yansıması da kaçınılmazdır. Göç ile işgücü piyasası arasında karşılıklı bir etkileşim bulunmakta; bir taraftan işgücü piyasasındaki arz-talep dengesi göç hareketlerini biçimlendirirken, diğer taraftan göçmenlerin işgücüne katılımı bu dengeleri yeniden şekillendirmektedir. Ayrıca küreselleşme süreciyle birlikte ortaya çıkan yeni üretim biçimleri, esnek çalışma modelleri ve ulusötesi sermaye hareketleri bu etkileşimi daha karmaşık ve çok boyutlu hale getirmektedir (Kara, E. 2024).

Türkiye'nin jeopolitik konumu, tarih boyunca ülkeyi hem göç veren hem göç alan hem de transit geçiş noktası haline getirmiştir. Bu nedenle göç, Türkiye'de nüfus yapısından kentleşmeye, işgücü piyasasından sosyal politikalara kadar pek çok alanı doğrudan biçimlendiren temel dinamiklerden biridir (Dönmez Kara, 2016). Göç İdaresi Başkanlığı (2025) verilerine göre, özellikle 2011 yılında Suriye'de başlayan iç savaşın ardından Türkiye, tarihinin en büyük zorunlu göç hareketiyle karşı karşıya kalmış; milyonlarca sığınmacının gelişiyle birlikte, göç ve istihdam ilişkisi hem ekonomik hem toplumsal düzlemde yeniden tanımlanmıştır. Göçmenlerin büyük bir bölümü çalışma çağında olup, çoğunlukla kent merkezlerinde yerleşmiş ve geçimlerini sağlamak amacıyla emek piyasasına dâhil olmuştur. Bu süreçte Türkiye'de göç ve istihdam ilişkisi, işgücü arzı ve talebi açısından iki yönlü bir dinamik üretmektedir. Bir yandan göçmen işgücü, özellikle düşük vasıf gerektiren işlerde üretim ve hizmet süreçlerine katkı sunarak belirli sektörlerde emek açığını kapatmakta; diğer yandan bu durum, yerli işgücünün ücret düzeyi, istihdam güvencesi ve kayıtlı çalışma oranları üzerinde baskı yaratabilmektedir. Göçmen emeğinin yoğunlaştığı alanların genellikle düşük ücretli ve esnek çalışma biçimlerinin hâkim olduğu hizmet, tarım ve inşaat gibi sektörler olması, bu etkinin toplumsal görünürlüğünü artırmaktadır.

LİTERATÜR İNCELEMESİ

Göç ve istihdam ilişkisine yönelik akademik çalışmalar, göçmen işgücünün emek piyasalarında hem tamamlayıcı hem de dönüştürücü etkiler yarattığını göstermektedir. Literatürde genel olarak göçmenlerin düşük ücretli, esnek ve çoğunlukla kayıt dışı işlerde yoğunlaştığı; buna karşılık bazı sektörlerde nitelikli işgücü açığını kapatarak ekonomik faaliyetleri desteklediği bulguları öne çıkmaktadır. Türkiye örneğinde yapılan araştırmalar da özellikle hizmet sektörü, tarım, inşaat ve imalat gibi alanlarda göçmen emeğinin belirginleştiğini; ücret düzeyleri, istihdam güvencesi ve çalışma koşullarının bu süreçten etkilendiğini ortaya koymaktadır.

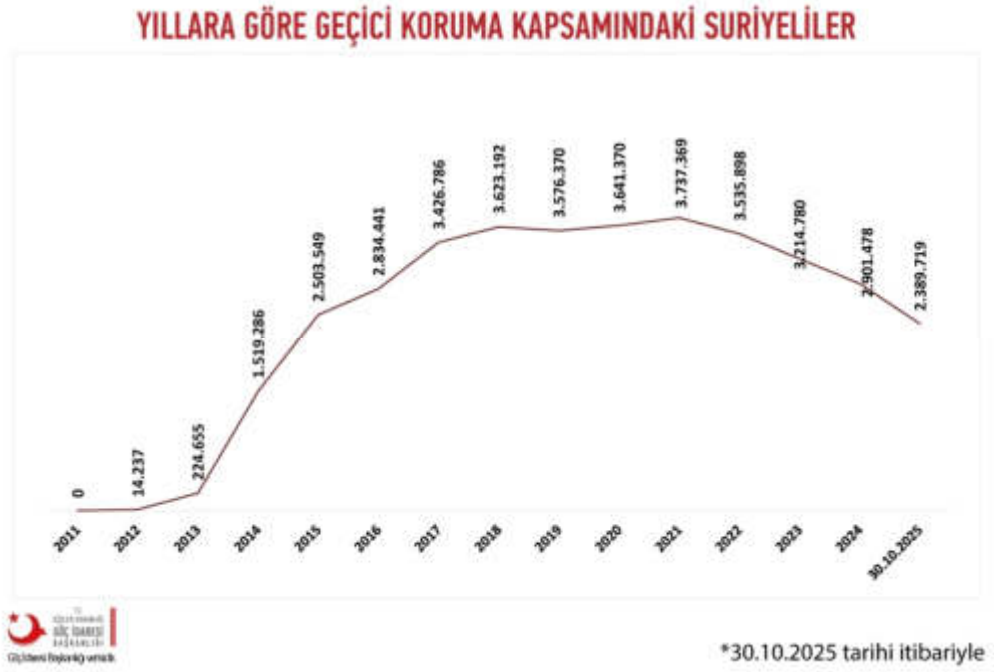
Bu çalışmalar, göçün yalnızca demografik bir hareketlilik değil, aynı zamanda işgücü piyasalarını doğrudan şekillendiren ekonomik bir süreç olduğunu vurgulamakta ve bu nedenle göçmen işgücünün rolünün bütüncül bir bakış açısıyla ele alınması gerektiğini belirtmektedir.
Dikkaya ve Dinçer (2023), Türkiye işgücü piyasasında Suriyeli sığınmacıların konumunu incelemiş ve kayıt dışılık, düşük ücretler, emek sömürüsü ve güvencesiz çalışma koşullarının Suriyelilerin karşılaştığı temel sorunlar olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma, Suriyelilerin istihdama katılımının işgücü arzını ve gelir dağılımını etkilediğini, ekonomik entegrasyonu güçlendirecek sosyal, ekonomik ve hukuki düzenlemelere ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır.
Aygül (2018), mülteci emeğinin Türkiye işgücü piyasasındaki rolünü incelemiş; özellikle Suriyelilerin ucuz, esnek ve güvencesiz işgücü olarak enformel sektörlerde yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Çalışma, mülteci emeğinin yerli işgücü ilişkilerini dönüştürdüğünü ancak aynı zamanda Türkiye ekonomisi için potansiyel bir fırsat unsuru da sunduğunu belirtmektedir.
Develi (2017), uluslararası göç teorilerini 21. yüzyıldaki yeni göç dalgaları çerçevesinde değerlendirmiştir. Arap Baharı sonrası ortaya çıkan zorunlu göç hareketlerinin ekonomik faktörlerle sınırlı olarak açıklanamayacağını belirten çalışma, mevcut teorilerin güncellenmesi veya yeni modeller geliştirilmesi gerektiğini savunmaktadır.
Özkarslı (2015), Mardin'de enformel istihdamda çalışan Suriyeli göçmenlerin işgücüne katılım süreçlerini analiz etmiştir. Çalışma, Suriyelilerin hukuki belirsizlikler, Mardin ekonomisinin enformel yapısı ve kültürel-sosyal ağlar aracılığıyla istihdama eklemlendiğini göstermiştir. Araştırma, kayıt dışı çalışma ve düşük ücretlerin Suriyeli işgücünün temel özellikleri olduğunu vurgulamaktadır.
Bahar ve Bingöl (2010), Türkiye'deki iç göç hareketlerinin işgücü piyasaları üzerindeki etkilerini incelemiş; iç göçün sektörel işgücü geçişini kolaylaştırırken kentlerde işsizlik baskısını artırdığını tespit etmiştir. Araştırma, kente göç edenlerin çoğunlukla enformel sektörde istihdam edildiğini ve kırsal bölgelerde tarım dışı iş olanaklarının geliştirilmesinin göçün olumsuz etkilerini azaltabileceğini vurgulamıştır.

1.2-2011 Sonrası Zorunlu Göç Dalgası: Suriyeli ve Afganlı Göçmenler

2011 yılında Suriye'de başlayan iç savaş, Türkiye'yi yalnızca bölgesel bir göç güzergâhı değil; aynı zamanda büyük çaplı bir zorunlu göçmen ev sahibi ülkesi hâline getirmiştir. Bu süreçte, Türkiye'ye gelen sığınmacılar hızla artmış ve göç-istihdam ilişkisi yeniden tanımlanmıştır. Bu göç dalgası, Türkiye'nin demografik yapısında ve işgücü piyasasında kalıcı etkiler yaratmıştır. Göç İdaresi Başkanlığı verilerine göre 2025 itibarıyla Türkiye'de geçici koruma kapsamındaki Suriyeli sayısı 2,5 milyonun üzerindedir. Bu kitlesel hareket, özellikle emek piyasasında arz yönlü bir genişleme oluşturmuş; düşük vasıflı işlerde ücret ve istihdam dinamiklerini yeniden şekillendirmiştir.
Suriye'de 2011'den bu yana barış ve siyasal istikrarın ortadan kalkmasıyla ortaya çıkan bu zorunlu göç, günümüzde geçici olmaktan çıkmış, uzun süreli—hatta kalıcı—yerleşim biçimlerine dönüşmüştür. Göçmenlerin Türkiye'ye yerleşme süreci, yalnızca barınma ve güvenlik ihtiyaçlarıyla değil, aynı zamanda gelir elde etme ve ekonomik sisteme uyum sağlama zorunluluğuyla da şekillenmektedir. Bu noktada iş gücüne uyum konusu belirleyici hâle gelmiştir. Geçici koruma kapsamındaki Suriyelilerin istihdamının, Türkiye'de yerel halkın daha az talep ettiği ve işverenlerin nitelikli işgücü bulmakta güçlük çektiği meslek alanlarına yönlendirilmesi hem işgücü piyasasının dengesini koruyabilir hem de ülke ekonomisine sürdürülebilir bir katkı sağlayabilir. Böyle bir strateji, göçmenlerin ekonomik bağımsızlığını artırırken, yerel işgücüyle rekabet yerine tamamlayıcılık ilişkisini güçlendirecektir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Grafik1. Türkiye'deki Suriyeli Mülteciler



Göç İdaresi Başkanlığı'nın 30 Ekim 2025 tarihli verilerine göre, Türkiye'de geçici koruma altındaki Suriyeli nüfusun yıllara göre seyri üç aşamalı bir eğilim göstermektedir. 2011'de sıfır düzeyinden başlayan sayı, 2017'ye kadar hızla artarak 3,6 milyon civarına ulaşmış, 2017–2021 döneminde 3,5–3,7 milyon aralığında dengelenmiştir. 2021 sonrasında ise düşüş eğilimi belirginleşmiş; 2023'te 3,2 milyon olan nüfus, 2025 itibarıyla 2,39 milyona gerilemiştir.

Bu azalış, gönüllü geri dönüşlerin, sınır denetimlerinin artmasının ve bazı göçmenlerin farklı yasal statülere geçişinin bir sonucudur. Genel olarak grafik, Türkiye'nin 2011 sonrası "açık kapı" yaklaşımından daha kontrollü ve sürdürülebilir bir göç yönetimi sürecine geçtiğini; geçici koruma statüsünün de kalıcı uyum politikalarıyla iç içe geçtiğini göstermektedir (T.C İçişleri Bakanlığı, Göç İdaresi Başkanlığı, 2025).

Afganistan kaynaklı göç ise daha dağınık bir yapıya sahiptir. Güvenlik sorunları, ekonomik istikrarsızlık ve siyasi belirsizlik nedeniyle Türkiye'ye düzensiz yollarla gelen Afganların sayısı son yıllarda artış göstermiştir. Bu grup çoğunlukla yasal statüden yoksun olduğu için kayıt dışı ekonomiye yönelmekte, geçici ve mevsimlik işlerde istihdam edilmektedir. Afgan göçmenlerin işgücü piyasasına katılımı çoğu zaman belgesiz, sosyal güvencesiz ve düşük ücretli çalışma biçimleriyle sınırlı kalmaktadır.

Hizmet sektörü, Türkiye'de göçmen işgücünün en yoğunlaştığı alanlardan biridir çünkü düşük vasıf gerektiren, emek yoğun ve esnek çalışma koşullarına sahiptir. Göçmenlerin çoğu kentlerde yaşadığı için temizlik, bakım, perakende ve yeme-içme gibi alanlarda kolayca istihdam edilebilmektedir. Ayrıca yerli işgücünün bu tür işlere yönelme isteğinin düşük olması, hizmet sektörünü göçmen emeği açısından vazgeçilmez bir alan haline getirmiştir. Bu nedenle hizmet sektörü, hem işgücü arz-talep dengesinin korunması hem de ekonomik sürdürülebilirlik açısından kilit bir rol oynamaktadır.

Aralık 2024 itibarıyla Türkiye'de geçici koruma kapsamında bulunan Suriyeli nüfusun yaklaşık 2,9 milyon kişi düzeyinde olması, bir önceki yılın aynı dönemine göre yaklaşık 313 bin kişilik dikkate değer bir düşüşe işaret etmekte ve bu gerileme, hem gönüllü geri dönüşlerin hız kazandığını hem de kayıtlı nüfusun yıllar içinde sürekli olarak azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Suriyeli topluluğun demografik yapısına bakıldığında, ortalama yaşın 21,7 gibi oldukça genç bir seviyede bulunması ve özellikle 0–9 yaş grubunda yoğunluğun belirgin biçimde yüksek olması, Türkiye'deki Suriyeli nüfusun genç bir profil sergilediğini ortaya koymakta; bu durum ise eğitimden sağlığa, sosyal uyumdan uzun vadeli istihdam politikalarına kadar pek çok alanda kapsamlı planlama ihtiyacını beraberinde getirmektedir.

Tablo 1. Türkiye'deki Suriyeli Sayısı

Yaş Aralığı	Erkek	Kadın	Toplam
0-4	205.666	192.582	398.248
5-17	483.741	457.681	941.422
18-64	712.513	659.359	1.371.872
65+	20.807	25.690	46.497
Toplam	1.422.727	1.335.312	2.758.039

Kaynak: Mülteciler Derneği, Türkiye'deki Suriyeli Sayısı Mayıs 2025

Mayıs 2025 itibarıyla Türkiye'de geçici koruma statüsü altında bulunan Suriyelilerin sayısı 2.758.039 kişi olarak açıklanmış olup, bu sayı bir önceki aya göre yaklaşık 39 bin, yılın başından bu yana ise 143 bini aşkın bir azalmaya işaret etmektedir. Bu durum, Türkiye'deki Suriyeli nüfusun son dönemde belirgin bir düşüş eğilimine girdiğini göstermektedir. Nüfusun yapısına bakıldığında, erkeklerin toplam içindeki payının %51,7, kadınların ise %48,3 olduğu, ayrıca kadınlar ve çocuklardan oluşan grubun genel nüfusun %73'ünü aşması nedeniyle Suriyeli toplumun büyük ölçüde kırılgan kesimlerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Coğrafi dağılım verileri, İstanbul'un 481 binin üzerinde kişiyle en fazla Suriyeli barındıran il olduğunu, Gaziantep ve Şanlıurfa'nın da onu takip ettiğini göstermektedir; buna karşılık, oran bazında bakıldığında Kilis'te Suriyelilerin il nüfusuna oranının %27'nin üzerine çıktığı görülmekte ve bu da özellikle sınır illerinde demografik yapının göçle birlikte belirgin şekilde değiştiğini ortaya koymaktadır. Tüm bu veriler birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye'deki Suriyeli nüfusun hem sayısal olarak azaldığı hem de genç, kadın-çocuk ağırlıklı bir demografik yapıya sahip olduğu görülmekte; bu durum eğitim, sağlık, sosyal uyum ve istihdam gibi alanlarda daha planlı ve uzun vadeli politikalara duyulan ihtiyacı açıkça göstermektedir.

Tablo 2. Suriyeli İşçilerin Sektörel Dağılımı

Sektör	Oran (%)
Tekstil sanayi	31,1
Diğer imalat sanayi	17,1
Ticaret ve konaklama (hizmet)	17,7
İnşaat	13,2
Tarım	7,8
Diğer (temizlik, bakım, küçük hizmet işleri vb.)	13,1

Kaynak: ILO- Türkiye'de Mülteciler ve Ev Sahibi Topluluklara Destek Programı

Bu tablo, Türkiye'deki Suriyeli mültecilerin işgücü piyasasında en yoğun olarak imalat sanayiinde istihdam edildiğini, ancak hizmet sektörünün de kayda değer bir istihdam alanı oluşturduğunu göstermektedir. Özellikle ticaret ve konaklama–yeme içme faaliyetleri (market, küçük esnaf, kafe–restoran, otel, turizm vb.) ile diğer hizmetler (temizlik, bakım, küçük ölçekli kişisel hizmetler) birlikte ele alındığında, hizmet sektörünün Suriyeli mülteciler için hem kolay giriş yapılabilen hem de çoğu zaman düşük ücretli ve güvencesiz çalışma koşullarının hâkim olduğu bir alan olduğu görülmektedir. Bu durum, hizmet sektörünün bir yandan işgücü açığını kapatırken diğer yandan sosyal politika ve denetim bakımından öncelikli müdahale gerektiren bir kırılganlık alanı olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'de göçmen işgücünün hizmet sektörü üzerindeki etkilerini incelemek ve bu etkilerin hem ekonomik hem de toplumsal düzeyde ne tür sonuçlar doğurduğunu ortaya koymaktır. Özellikle 2011 sonrası Suriyeli göçmen akınıyla birlikte değişen işgücü piyasası dengeleri ve istihdam yapısı bu incelemenin merkezinde yer almaktadır. Çalışma, Türkiye'de hizmet sektörünün alt dallarında (örneğin konaklama, perakende, temizlik, ulaşım ve bakım hizmetleri) göçmenlerin işgücü piyasasına katılımını değerlendirmekte; bu süreçte ortaya çıkan kayıt dışılık, ücret farklılıkları, istihdam güvencesi ve toplumsal uyum gibi olguları analiz etmektedir. Ayrıca Türkiye'nin göç politikaları (örneğin geçici koruma rejimi) ve küreselleşme sürecinin istihdam biçimlerini nasıl dönüştürdüğü de araştırmanın kapsamına dâhildir.

Göç Teorilerinin Kısa Değerlendirmesi

Erken Dönem Göç Teorileri

Göç olgusuna ilişkin ekonomik yaklaşımların kökeni, Adam Smith'in (1776) Milletlerin Zenginliği adlı eserine kadar uzanır. Smith, insanların göç etme nedenini, farklı bölgelerdeki emek piyasası dengesizlikleri ile açıklar. Ona göre bireyler, daha iyi ücret ve iş fırsatları için bulunduğu yere yönelirler. Smith'ten yaklaşık bir buçuk asır sonra Hicks (1932) de benzer biçimde göçün temelinde ücret farklılıkları ve ekonomik avantajlardaki eşitsizliklerin yattığını belirtmiştir (Develi, 2017). Göç olgusunu sistematik biçimde ele alan ilk araştırmacılardan biri E. G. Ravenstein'dir. 1885–1889 yılları arasında yayımladığı The Laws of Migration adlı eserinde, göçün temel özelliklerini yedi ilke altında toplamıştır. Ravenstein'a göre göçmenler genellikle kısa mesafeleri tercih eder, hareketler sanayi ve ticaret merkezlerine yönelir, her göç akımı bir karşı akım doğurur ve kadınlar erkeklere göre daha fazla göç eğilimi gösterir. Bu tespitler, sonraki göç kuramlarının gelişiminde temel bir referans noktası olmuştur. Ravenstein'ın görüşlerinden esinlenen G.K. Zipf (1946) ise göçü sayısal bir modelle açıklamaya çalışmıştır. Everett Lee, 1966'da yayımladığı A Theory of Migration adlı çalışmasında göçü açıklamak için "itici" ve "çekici" faktörler kavramlarını geliştirmiştir. Lee, göç kararını çıkış ve varış yerlerinin özellikleri, aradaki engeller ve bireysel farklılıklar üzerinden değerlendirmiştir. Bu model, göçün yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda kişisel ve çevresel etkenlerle şekillendiğini vurgulamaktadır. Erken dönem göç teorileri genel olarak göçü ekonomik temelde ve bireyin rasyonel kararlarıyla açıklamış; ancak sosyal, kültürel ve politik boyutları büyük ölçüde göz ardı etmiştir. Bu eksiklikler, daha sonraki çağdaş göç yaklaşımlarının gelişimine zemin hazırlamıştır.

Modern Göç Teorileri

Erken dönem yaklaşımlar, göçün yalnızca ekonomik nedenlerle açıklanamayacağını ortaya koyarak modern göç teorilerinin gelişmesine zemin hazırlamıştır. Yeni yaklaşımlar, göçü ekonomik, sosyal, kültürel ve politik yönleriyle bir bütün olarak ele alır.

Robert Bach ve Alejandro Portes, göç teorilerini dört başlıkta sınıflandırmıştır: göçün kökenleri, göç akımlarının yönü ve sürekliliği, göçmen emeğinin kullanımı ve göçmenlerin sosyo-kültürel uyumu. Bu sınıflama, göçün hem nedenlerine hem de sonuçlarına odaklanarak bütüncül bir bakış açısı sunar.
Göç teorileri zaman içinde farklı biçimlerde de sınıflandırılmıştır. Olejarova (2007) göçü süresine göre kalıcı, yarı kalıcı ve geçici olarak ayırırken; Kriger (2004) ekonomik ve ekonomik olmayan teoriler şeklinde bir ayrım yapmıştır. Faist (2000) ise göçü mikro, makro ve orta düzey yaklaşımlar üzerinden değerlendirmiştir. Mikro teoriler bireysel kararları, makro teoriler yapısal farkları, orta düzey teoriler ise her iki boyutu bir arada ele alır. Sonuçta modern göç kuramları, göçü sadece ekonomik bir olgu olarak değil; sosyal ağlar, kültürel uyum ve küreselleşme süreçleriyle iç içe çok boyutlu bir süreç olarak değerlendirmektedir (Develi, 2017).

Neoklasik Göç Teorileri

Neoklasik teoriye göre göçmenler, daha yüksek gelir ve yaşam standartları elde etmeyi amaçlayan rasyonel bireylerdir. Ancak bu yaklaşım, göç kararını yalnızca ekonomik fayda üzerinden açıklaması nedeniyle eleştirilmiştir. Aile, sosyal ağlar ve topluluk bağları gibi unsurları yeterince dikkate almayan bu teori, göçün ekonomik yönünü açıklamada güçlü olsa da sosyal ve yapısal dinamikleri göz ardı ettiği için sınırlı bir perspektif sunmaktadır (Develi,2017).

İkili İşgücü Piyasası Teorisi ve Türkiye Hizmet Sektörü

İkili İşgücü Piyasası Teorisi, göçmen emeğini açıklayan temel yapısal yaklaşımlardan biridir. Bu teoriye göre işgücü piyasası iki ana bölüme ayrılır: birincil piyasa ve ikincil piyasa. Birincil piyasa; yüksek ücretlerin, iş güvencesinin, kariyer olanaklarının ve iyi çalışma koşullarının bulunduğu bir alanı ifade eder. Buna karşılık ikincil piyasa, düşük ücretli, geçici, vasıfsız veya yarı vasıflı işlerin hâkim olduğu, sosyal statüsü düşük bir yapıya sahiptir.
Bu kurama göre göçmenler çoğunlukla ikincil piyasada yoğunlaşır. Çünkü gelişmiş ya da gelişmekte olan ekonomilerde yerli işgücü bu tür düşük statülü işlerde çalışmaya isteksizdir. İşverenler ise işgücü açığını kapatmak ve maliyetleri düşürmek amacıyla göçmen emeğine yönelir. Bu nedenle göç, yalnızca bireylerin daha iyi yaşam koşulları arayışıyla değil, aynı zamanda ekonomik sistemin ucuz, esnek ve kolay erişilebilir işgücüne duyduğu ihtiyaçla da açıklanır. İkili işgücü piyasası teorisi, göçü yalnızca ücret farklılıklarıyla değil, aynı zamanda işin niteliği, statüsü, çalışma koşulları ve yükselme imkânlarıyla ilişkilendirerek açıklar. Bu yönüyle, göçmenlerin neden genellikle düşük gelirli ve geçici işlerde yoğunlaştığını anlamada önemli bir kuramsal çerçeve sunar. Ancak, göçün bireysel yönlerini, aile kararları, sosyal ağlar veya kişisel motivasyonlar gibi, yeterince dikkate almaması teorinin temel sınırlılığı olarak görülmektedir. Buna rağmen, bu yaklaşım göçün arzdan çok talep yönlü bir olgu olduğunu vurgulaması bakımından göç literatüründe güçlü ve etkili bir yere sahiptir (Jennissen, 2006). İkili işgücü piyasası teorisi, Türkiye'deki göçmen istihdamının özellikle hizmet sektörü boyutunu anlamak açısından önemli bir açıklama zemini sunar. 2011 sonrasında Suriye ve Afganistan başta olmak üzere çeşitli ülkelerden gelen göçmenler, Türkiye iş gücü piyasasında yeni bir emek tabakası oluşturmuştur. Hizmet sektörü, göçmenlerin en yoğun biçimde yer aldığı alanlardan biridir. Yeme-içme, perakende, temizlik, lojistik, konaklama ve ev hizmetleri gibi alt sektörlerde göçmen işgücü yaygındır. Bu alanlar düşük ücret, güvencesiz çalışma koşulları ve sınırlı sosyal haklar gibi özellikleriyle ikincil işgücü piyasasının tipik örneklerini oluşturur.

Teoriye göre bu durum, göçmenlerin bireysel tercihlerinden çok ekonomik sistemin ihtiyaçlarıyla ilgilidir. Yerli işgücü, düşük ücretli ve zorlu koşullardaki işlerde çalışmak istemediği için, işverenler bu alanlardaki boşluğu göçmen işçilerle doldurur. Böylece göçmen emeği, piyasanın alt segmentinde istikrarlı biçimde konumlanır ve sistemin sürdürülmesine katkı sağlar. Türkiye'de bu yapı özellikle büyükşehirlerde belirgindir. Suriyeli göçmenler çoğunlukla İstanbul, Gaziantep, Şanlıurfa, Adana ve Mersin gibi illerde hizmet sektöründe yoğunlaşırken; Afgan göçmenler daha çok inşaat ve ev hizmetleri gibi düşük vasıf gerektiren işlerde yer almıştır. Bu tablo, ikili işgücü piyasası teorisinin öngördüğü şekilde, göçmenlerin ikincil piyasada yoğunlaşma eğilimini açıkça göstermektedir.

TCMB'nin (2017) "The Impact of Syrian Refugees on Natives' Labor Market Outcomes in Turkey" raporuna göre, göçmenlerin Türkiye'deki istihdama etkisi çok yönlü bir yapıya sahiptir. 2011 sonrasında gelen Suriyeli sığınmacılar, genel işsizlik oranlarında belirgin bir artışa yol açmamıştır; buna karşın bazı sektörlerde kayıt dışı istihdamın yükselmesine neden olmuştur. Göçmenlerin çoğu, düşük ücretli ve vasıf gerektirmeyen işlerde yer almış, bu durum yerli işçilerin daha nitelikli ve formel sektörlere yönelmesine katkı sağlamıştır. Bununla birlikte, düşük vasıflı kadınlar ve genç çalışanlar, özellikle hizmet sektöründe artan rekabetten olumsuz etkilenmiştir. Bölgesel olarak bakıldığında, göçmen yoğunluğunun yüksek olduğu Güneydoğu illerinde kayıt dışı çalışma oranlarının arttığı, büyük şehirlerde ise etkinin daha sınırlı kaldığı görülmektedir. Ücretler üzerindeki etkisi genel olarak zayıf olmakla birlikte, bazı alt gelir gruplarında kısmi bir ücret düşüşü gözlenmiştir. Tüm bu veriler, göçmenlerin Türkiye'de istihdamı tamamen olumsuz etkilemediğini; aksine işgücü piyasasında tamamlayıcı bir rol oynarken, aynı zamanda kayıt dışılığı ve gelir eşitsizliğini artıran bir dinamik oluşturduğunu göstermektedir. Aynı şekilde ILO'nun 2020 tarihli "Syrian Refugees in the Turkish Labour Market" raporuna göre ise Suriyeli göçmenlerin Türkiye işgücü piyasasındaki konumu hem ekonomik hem de sosyal açıdan çok yönlü bir etki yaratmaktadır. Rapor, göçmenlerin büyük kısmının genç ve düşük eğitim seviyesine sahip olduğunu, dolayısıyla çoğunun niteliklerine uygun işlerde çalışamadığını ortaya koymaktadır. Erkeklerin işgücüne katılım oranı oldukça yüksekken, kadınların katılımı oldukça sınırlıdır ve kadınlar çoğunlukla kayıt dışı, düşük ücretli ve güvencesiz işlerde çalışmaktadır. Çocuk işçiliği de önemli bir sorun olarak belirtilmektedir. Suriyeliler özellikle tekstil, inşaat ve hizmet sektörlerinde yoğunlaşmakta ve büyük çoğunluğu kayıt dışı olarak istihdam edilmektedir. Ortalama gelir düzeyleri asgari ücretin altında kalmakta, çalışma süreleri ise yasal sınırların üzerindedir. Bu durum, yerli işgücüyle doğrudan bir rekabetten çok, göçmenlerin emek piyasasında tamamlayıcı bir rol üstlendiğini göstermektedir. Ancak kayıt dışılığın yaygınlaşması ve ücret eşitsizliklerinin artması, uzun vadede sosyal uyum ve sürdürülebilir istihdam açısından risk oluşturmaktadır.

Ayrıca, Türkiye'de yaşayan Afgan göçmenlerin sayısı son yıllarda belirgin biçimde artmış ve bu grup ülkenin en büyük ikinci yabancı nüfusu haline gelmiştir. Afganların önemli bir kısmının ülkeye düzensiz yollarla giriş yapması, onların kayıt dışı istihdama yönelmesini kaçınılmaz kılmakta; bu nedenle çoğu inşaat, tekstil atölyeleri, tarım, hayvancılık, çobanlık ve günlük yevmiyeli işler gibi düşük ücretli ve güvencesiz çalışma alanlarında yoğunlaşmaktadır. Büyük kentlerde ise temizlik, bakım ve farklı hizmet işlerinde çalışan Afganlara sıkça rastlanmaktadır. Çalışma izni süreçlerindeki belirsizlikler, hukuki statüye ilişkin bilgi eksikliği, dil engeli, ücretin ödenmemesi gibi durumlar ile uzun çalışma saatleri bu grubun en yaygın karşılaştığı sorunları oluşturmaktadır. Afgan kadınlarının işgücüne katılımı ise kültürel yapılar ve ev içi sorumluluklar nedeniyle daha sınırlı olup, dahil olduklarında genellikle düşük gelirli temizlik ve bakım işleriyle kısıtlı kalmaktadır. Ayrıca barınmanın maliyeti, düzensiz gelir, yüksek kira, kalabalık yaşam koşulları ve sosyal korumaya erişimde yaşanan sıkıntılar Afganların Türkiye'deki kırılganlığını artıran diğer etkenlerdir.

Genel görünüm, Afgan göçmenlerin işgücü piyasasında yer bulmalarına karşın çoğunlukla kayıt dışı, düşük ücretli ve riskli işlerde çalışmak zorunda kaldıklarını ve bu süreçte çeşitli yapısal sorunlarla karşı karşıya olduklarını ortaya koymaktadır (MMC, Destination Unkown Afghans on the move in Turkey 2020).

Türkiye'de Kayıt Dışı Göçmen İstihdamı

Yoğun göç hareketleri, toplumların sosyal yapısını derinden etkileyen ve pek çok sorunu beraberinde getiren bir olgudur. Özellikle az gelişmiş ülkelerdeki siyasi istikrarsızlıklar, etnik çatışmalar ve küreselleşmenin beraberinde getirdiği gelir adaletsizliği, düzensiz göçü tetikleyen başlıca faktörler arasında yer almaktadır. 1980'li yıllardan sonra Türkiye, bu düzensiz göç akımlarının önemli geçiş ve hedef noktalarından biri hâline gelmiştir. Ülkeye gelen göçmenlerin yasal çalışma imkânlarının oldukça kısıtlı olması, onların kayıt dışı şekilde istihdama yönelmelerini adeta kaçınılmaz kılmıştır (Özbay, 2020).

Mültecilerin yaşadıkları illerde işgücü piyasalarına katılımları, o illerin ekonomik koşulları ve yerel ihtiyaçları doğrultusunda biçimlenmektedir. Örneğin, Mersin ve Gaziantep'te mülteciler daha çok ticaret ve sanayi sektörlerinde istihdam edilirken, Adana ve Hatay'da mevsimlik tarım işçiliği yapmaktadırlar. İstanbul, İzmir ve Bursa gibi büyükşehirlerde yaşayan mülteciler ise genellikle enformel sektörlerin vazgeçilmez bir parçası hâline gelmiştir. Küçük işletmelerde geçici işlerde çalışan ya da kendi hesabına gündelik işlerle geçimini sağlayan mülteciler bu gruba dâhildir. Ayrıca, gecekondu bölgelerinde veya şehir sokaklarında seyyar satıcılık, boyacılık, simitçilik, balon satıcılığı gibi işlerle kendi istihdamlarını da yaratabilmektedirler. Mültecilerin çalışma alanları, yerleşim yerinin kırsal ya da kentsel olmasına göre de farklılık göstermektedir. Kırsal bölgelerde çiftlik işçisi, çoban, bekçi veya tarım işçisi olarak çalışan mülteciler bulunurken; mevsimlik tarım dönemlerinde fındık, elma, pamuk, kiraz gibi ürünlerin toplandığı bölgelere geçici olarak göç eden işçiler de görülmektedir. Mültecilerin işgücü piyasasında genellikle emek yoğun ve vasıf gerektirmeyen alanlarda istihdam edildiği gözlenmektedir. İnşaat, tarım, tekstil ve imalat gibi sektörlerde geçici veya mevsimlik işlerde çalışan mülteciler; ayrıca ev hizmetleri, seyyar satıcılık, çöp toplama, çiftlik işçiliği, çobanlık ile çocuk ve yaşlı bakımı gibi işlerde de yer almaktadır. Türkiye'de toplumsal cinsiyete dayalı geleneksel rollerin istihdam alanlarını şekillendirdiği görülmekte, bu durum mülteci kadınlar için de benzer biçimde geçerli olmaktadır. Kadın mülteciler çoğunlukla ev hizmetlerinde, bakım işlerinde ya da kadınların yoğunlukta olduğu tekstil gibi sektörlerde çalışmaktadır. Dolayısıyla istihdam alanları, cinsiyet rolleri ve sosyoekonomik koşullara bağlı olarak çeşitlenmektedir. Türkçe dil becerisine sahip mülteciler, daha geniş iş imkânlarına ulaşabilmekte ve daha iyi çalışma koşullarına sahip olabilmektedir. Ayrıca Suriyeli mülteciler özelinde, iş bulma süreçlerinde akrabalık, aşiret dayanışması ve hemşerilik bağlarının belirleyici olduğu görülmektedir. Bu sosyal ağlar sayesinde istihdam alanları, zamanla etnik kimlik temelli bir yapıya dönüşmeye başlamıştır (Aygül, 2018).

2024 yılı itibarıyla geçici koruma statüsündeki Suriyelilere toplam 109.370 çalışma izni verildiği belirtilmekte; bununla birlikte, Türkiye'de 1 milyonu aşkın Suriyelinin herhangi bir yasal koruma ya da iş güvencesi olmaksızın kayıt dışı biçimde çalıştığı tahmin edilmektedir. Kadınların istihdama düşük oranda katılmasına ilişkin çalışmalar, bu durumun birkaç temel nedenden kaynaklandığını göstermektedir: kültürel normların kadınların çalışma hayatına girişini sınırlaması, kayıt dışı sektörlerdeki iş koşullarının ev içi sorumluluklarla uyumsuz olması ve Suriyeli hanelerde çocuk bakım yükünün belirgin biçimde yüksek olması kadınların işgücüne katılımını zorlaştırmaktadır. Türkiye'de geçici koruma kapsamındaki Suriyeli kadınların özellikle gıda üretimi ve tarım gibi sektörlerde yoğunlaştığı görülmektedir.

Öte yandan Suriyelilerin çalışma izni alma sürecinin oldukça karmaşık olması, mesleki birikimi ve uzmanlığı bulunan bireylerin dahi işgücü piyasasına kendi niteliklerine uygun şekilde dâhil olmasını güçleştirmekte; pek çok kişi ya mesleğini icra edememekte ya da sahip oldukları yetkinliklerin oldukça altında işlerde çalışmak zorunda kalmaktadır (ILO,2023).
Türkiye ekonomisinde hizmet sektörü, istihdamın ve ekonomik faaliyetlerin en geniş payını oluşturan alanlardan biri olup, esnek ve emek yoğun yapısı sayesinde göçmen işgücünü hızla bünyesine katabilen bir karaktere sahiptir. Yerli çalışanların düşük ücretli, güvencesiz ve yoğun emek gerektiren hizmet işleri için sınırlı talep göstermesi, göçmenlerin bu pozisyonlarda tamamlayıcı bir rol üstlenmesine zemin hazırlamaktadır. Özellikle büyükşehirlerde temizlik, bakım, perakende ve yeme-içme gibi alt sektörlerde bu durum açık biçimde görülmekte; göçmen işçiler hem işgücü açığının kapanmasına katkı sağlamakta hem de sektörün sürekliliğini desteklemektedir. Bununla birlikte, hizmet sektörünün bu yapısı kayıt dışılığın yaygınlaşması, ücretlerin baskılanması ve iş güvencesinin zayıflaması gibi sorunları da beraberinde getirmekte; bu nedenle sektör, sosyal politika ve çalışma yaşamı açısından hassasiyetle ele alınması gereken bir alan olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye'de Göçmenlerin Hizmet Sektörüne Etkisi

Emek piyasasında tartışılan bir diğer mesele ise ücretler üzerindeki baskıdır. Suriyeli sığınmacıların büyük ölçüde kayıt dışı alanlarda çalışmaları ve düşük ücretleri kabul etmek zorunda kalmaları, yerli işçilerin aleyhine bir rekabet oluştuğu yönündeki algıyı güçlendirmektedir. Çoğu zaman işverenlerin aynı maliyetle bir Türk işçi yerine iki Suriyeli işçiyi çalıştırabildiği ifade edilmektedir. Ancak bu tablo, doğrudan Suriyelilerden kaynaklanan bir durum değildir. Kayıt dışı çalışmak, Suriyelilerin isteğine değil, uzun süre hukuki kısıtlamalara bağlı olarak ortaya çıkan bir zorunluluğa dayanmaktadır. Nitekim Suriyelilere 2016 yılına kadar çalışma izni verilmemiş, sonrasında ise izin süreci belirli şartlara bağlanmıştır. Dolayısıyla ücret baskısının temel nedeni Suriyelilerin tercihleri değil, yasal düzenlemelerin gecikmesi ve kayıt dışı istihdamın yapısal niteliğidir (Duruel, 2017).
Türkiye'deki göçmen nüfusunun, özellikle son dönemde artan Suriyeli işgücünün, hizmet sektöründe önemli bir yer edindiği görülmektedir. Bulgular, göçmenlerin yalnızca tarım veya imalat gibi geleneksel alanlarda değil; ticaret, perakende, konaklama, yeme-içme, temizlik ve bakım hizmetleri gibi birçok hizmet dalında da yoğunlaştığını göstermektedir. Bu durumun arka planında hizmet sektörünün esnek çalışma yapısı, işe giriş için düşük vasıf gerektirmesi, iş devrinin hızlı olması ve göçmenlerin bu işlere daha kolay erişebilmesi gibi etkenler bulunmaktadır. Büyük şehirlerde ve turistik bölgelerde Arapça bilen göçmenlerin müşteri ilişkileri, satış ve otelcilik gibi pozisyonlara yöneldiği; küçük işletmelerde ise daha çok temizlik, servis, mutfak ve tezgâhtarlık gibi görevlerde çalıştıkları görülmektedir.
Hizmet sektöründeki bu yoğunluk, göçmen işçilerin emek piyasasına hızlı bir şekilde dahil olmasını sağlasa da düşük ücret, uzun çalışma saatleri ve kayıt dışı istihdam gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. Sosyal koruma mekanizmalarına erişimde yaşanan güçlükler, çalışma izni süreçlerinin zorlukları ve pazarlık gücünün zayıf olması nedeniyle birçok göçmen güvencesiz işlerde çalışmak zorunda kalmaktadır (Serttaş & Uluöz, 2021). Kadın göçmenlerin istihdama katılımı ise kültürel normlar, ev içi sorumluluklar ve çocuk bakım yükü nedeniyle sınırlı kalmakta; katıldıkları durumlarda ağırlıkla gıda hazırlama, temizlik ve bakım gibi düşük gelirli hizmet alanlarında istihdam edilmektedir. Bu çerçevede hizmet sektörünün, hem göçmenlerin işgücüne katılımını kolaylaştıran hem de sektör içindeki yapısal sorunları görünür kılan bir alan olduğu anlaşılmaktadır. Göçmen emeğinin sektördeki varlığı, işgücü talebinin karşılanmasına katkı sunarken çalışma koşulları, ücret düzeyleri ve sosyal koruma açısından çeşitli tartışmaları da beraberinde getirmektedir (Dikkaya & Dinçer, 2023).

Politika Önerileri

Türkiye'de göçmen işgücünün özellikle hizmet sektöründe yoğunlaşması, kayıt dışılık, ücret baskısı, güvencesiz çalışma ve sosyal koruma eksikliği gibi yapısal sorunların görünürlüğünü artırmaktadır. Bu nedenle politika müdahalelerinin yalnızca göçmenleri değil, tüm işgücü piyasasını kapsayan bütüncül bir yaklaşımla tasarlanması gerekmektedir (Aygül, 2018). Öncelikle çalışma izni süreçlerinin sadeleştirilmesi ve başvuru koşullarının kolaylaştırılması, hem göçmenlerin kayıtlı istihdama yönelmesini sağlayacak hem de işverenlerin göçmen işçileri yasal yollarla istihdam etmesini teşvik edecektir. Bu süreç aynı zamanda ücretlerin baskılanmasını önleyerek yerli işgücünün korunmasına da katkı sunacaktır. Kayıt dışı istihdamın yüksek olduğu hizmet sektöründe, denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi ve cezai yaptırımların etkili biçimde uygulanması, hem işgücü piyasasında adaletin sağlanması hem de haksız rekabetin önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Göçmen işçiler için mesleki eğitim, Türkçe dil desteği ve sektöre yönelik uyum programlarının yaygınlaştırılması, hem işgücünün niteliğini artıracak hem de göçmenlerin en düşük ücretli işlere sıkışmasını önleyecektir (Dikkaya & Dinçer, 2023).

Kadın göçmenlerin istihdama katılımının kültürel normlar ve bakım yükü nedeniyle sınırlı olduğu dikkate alındığında, özellikle bakım hizmetlerine erişimin artırılması, kreş desteği sağlanması ve kadınlara yönelik mesleki beceri eğitimlerinin çeşitlendirilmesi, bu grubun güvenceli işlere geçişini kolaylaştıracaktır (Ozbay, 2020). Genç nüfusun yoğun olduğu Suriyeli ve Afgan toplulukları açısından ise çıraklık programları, işbaşı eğitim projeleri ve sektör bağlantılı staj modelleri geliştirilerek gençlerin kayıtlı işlere yönlendirilmesi mümkündür. Hizmet sektöründe göçmen istihdamının yoğunlaştığı temizlik, bakım, perakende ve yeme-içme gibi alanlarda iş sağlığı ve güvenliği standartlarının uygulanması ve işyerlerinin bu konuda denetlenmesi, hem göçmenlerin hem yerli çalışanların haklarının korunmasına katkı sağlayacaktır.

Göçmen emeğinin yerli işgücüyle rekabet etmekten çok tamamlayıcı bir rol oynadığı göz önünde bulundurularak, bölgesel işgücü planlamalarının yapılması ve göçmenlerin emek talebinin yüksek olduğu sektörlerde kontrollü biçimde istihdam edilmesi, işgücü piyasasında daha dengeli bir yapı oluşturabilir. Belediyeler, meslek odaları ve sivil toplum kuruluşlarıyla işbirliği içinde yürütülecek yerel uyum projeleri, hizmet sektöründe çalışan göçmenlerin hem sosyal uyumunu hem de ekonomik bütünleşmesini güçlendirecektir. Son olarak, uzun vadeli göç yönetiminde şeffaf veri paylaşımı, düzenli etki analizi yapılması ve merkezi–yerel kurumlar arasında koordinasyonun artırılması, istihdam politikalarının daha etkili ve sürdürülebilir biçimde uygulanmasını sağlayacaktır.

SONUÇ

Türkiye'de göç ve istihdam ilişkisi, özellikle son yıllarda artan Suriyeli ve Afgan göçmenlerin işgücü piyasasına katılımıyla daha görünür hâle gelmiştir. Hizmet sektörünün esnek, emek yoğun ve düşük vasıf gerektiren yapısı, göçmen işgücünün bu alana hızla yönelmesini kolaylaştırmakta; temizlik, bakım, yeme-içme ve perakende gibi alt sektörlerde belirgin bir yoğunlaşma ortaya çıkmaktadır. Göçmenlerin büyük ölçüde kayıt dışı, uzun çalışma saatleri gerektiren ve düşük ücretli işlerde istihdam edilmesi, hizmet sektörünün mevcut yapısıyla örtüşmekte; sektörün işgücü açığını giderirken aynı zamanda güvencesizlik, ücret baskısı ve sosyal koruma eksikliğini daha görünür hâle getirmektedir. Bu yapı, hizmet sektörünün göçmen işgücünü hızla absorbe etme kapasitesini ortaya koysa da, bu entegrasyonun sağlıklı ve sürdürülebilir bir istihdam düzeni yaratmadığını göstermektedir.

Küresel rekabetin sertleşmesi ve işgücü piyasalarındaki esnekliğin yaygınlaşması, mülteci emeğinin kapitalist üretim düzeninde giderek daha vazgeçilmez bir unsur hâline gelmesine yol açmaktadır. Düşük maliyetli ve çoğu zaman güvencesiz koşullarda çalıştırılan mülteciler, bir yandan yerli işgücünün ücret ve çalışma ilişkilerini etkilerken, diğer yandan ekonominin bazı alanlarında işgücü açığını kapatarak üretimin devamlılığına katkı sunmaktadır. Buna karşın, çalışma izni bulunmayan ya da düzensiz durumda olan göçmenlerin kayıt dışı istihdama yönelmesi; ücretlerin ödenmemesi, iş güvencesinin olmaması ve sınır dışı edilme riski gibi çok boyutlu kırılganlıkları beraberinde getirmektedir. Ücret farklarının giderek açılması ve göçmenlerin çaresizlik nedeniyle düşük ücretleri kabul etmek zorunda kalması, hem haksız rekabeti artırmakta hem de sosyal adalet açısından daha derin eşitsizlikler yaratmaktadır.

Bu nedenle Türkiye'de göçmen emeğinin hizmet sektöründeki konumunun daha sağlıklı ve adil bir çerçevede yeniden tasarlanması önem taşımaktadır. Çalışma izinlerinin erişilebilir hâle getirilmesi, kayıt dışılığın azaltılması, tüm çalışanlar için güvenceli istihdam koşullarının sağlanması ve yerli–göçmen işçiler arasında ücret eşitliğinin gözetilmesi; hem göçmenlerin korunmasına hem de hizmet sektöründe sürdürülebilir bir işgücü yapısının oluşturulmasına katkı sunacaktır.

KAYNAKÇA

Develi, E. (2017). 21. YÜZYILDA GÖÇ OLGUSU: ULUSLARARASI GÖÇ TEORİLERİNİN EKONOMİ POLİTİĞİ. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 22(Göç Özel Sayısı), 1343-1353.

Göç İdaresi Başkanlığı. (n.d.). Geçici Koruma. T.C. İçişleri Bakanlığı. https://www-goc-gov-tr.translate.goog/gecici-koruma5638?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en&_x_tr_pto=wapp

Kara, E. (2024). Uluslararasi göçlerin ekonomik büyümeye ve istihdama etkisi. Fivezero, 4(1), 72-80.
https://doi.org/10.54486/fivezero.2024.36

Bahar, D., & Bingöl, F. K. (2010). TÜRKİYE'DE İÇ GÖÇ HAREKETLERİNİN İSTİHDAM VE İŞGÜCÜ PİYASALARINA ETKİLERİ. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(2), 43-61.

Del Carpio, X. V. & Wagner, M. C. (2015). The impact of Syrian refugees on the Turkish labor market (Policy Research Working Paper No. 7402). World Bank. https://hdl.handle.net/10986/22659

Mixed Migration Centre. (2020, 23 Haziran). Destination unknown: Afghans on the move in Turkey. https://mixedmigration.org/resource/destination-unknown-afghans-on-the-move-in-turkey/

Mülteciler ve Sığınmacılar Yardımlaşma ve Dayanışma Derneği. (2025, 14 Ocak). Türkiye'deki Suriyeli sayısı Aralık 2024. https://multeciler.org.tr/turkiyedeki-suriyeli-sayisi-aralik-2024/

Dönmez Kara, C. Ö. (2016). Türkiye'de Yabancıların Çalışma Hakkı: Suriyelilerin İşgücü Piyasasındaki Durumu. Üsküdar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi(2), 151-174. https://doi.org/10.32739/uskudarsbd.2.2.5

Aygül, H. H. (2018). MÜLTECİ EMEĞİNİN TÜRKİYE İŞGÜCÜ PİYASALARINDAKİ GÖRÜNÜMÜ VE ETKİLERİ. Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 9(20), 68-82. https://doi.org/10.21076/vizyoner.369358

Asylum Information Database. (2025, July 29). Access to the labour market: Türkiye [AIDA country report webpage]. https://asylumineurope.org/reports/country/turkiye/reception-conditions/employment-and-education/access-labour-market/

Serttaş, F. Ö., & Uluöz, D. (2021). The Impact of Syrian Migration on Unemployment: Evidence from Turkey. Adam Academy Journal of Social Sciences, 11(1), 1-30. https://doi.org/10.31679/adamakademi.796016

Mülteciler ve Sığınmacılar Yardımlaşma ve Dayanışma Derneği. (2025, Mayıs 6). Türkiye'deki Suriyeli sayısı. https://multeciler.org.tr/turkiyedeki-suriyeli-sayisi/

Ozbay, B. (2020). Türkiye'de Çocuk, Kadın ve Göçmenlerin Kayıt Dışı İstihdamı. Atlas Sosyal Bilimler Dergisi, 1(5), 1-6.

Duruel, M. (2017). Suriyeli Sığınmacıların Türk Emek Piyasasına Etkileri Fırsatlar ve Tehditler. Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 3(2), 207-222.

Uluslararası Çalışma Örgütü. (t.y.). Türkiye'de Mülteciler ve Ev Sahibi Topluluklara Destek Programı. https://www.ilo.org/tr/projects-and-partnerships/projects/ilo-turkiye-multeciler-ve-ev-sahibi-topluluklara-destek-programi

İKTİSADİ KARARLARIN SOSYOPSİKOLOJİK BOYUTU: DAVRANIŞSAL EKONOMİ VE İSTİHDAM ARASINDAKİ İLİŞKİ

Başak ÇİM
İzmir Demokrasi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat
ORCID: 0009-0006-6863-6146

Meltem INCE YENILMEZ
Faculty of Economics and Administrative Science, Department of Economics, Izmir Democracy University
ORCID: 0000-0002-4689-3196

ÖZET
Bu çalışma, bireylerin istihdam kararlarını yalnızca rasyonel ekonomik hesaplar açısından değil, daha geniş bir sosyo-psikolojik çerçevede ele almayı amaçlamaktadır. Klasik iktisat modelleri, bireylerin "tam rasyonel" olduklarını ve kararlarını tüm bilgiler ışığında fayda maksimizasyonu doğrultusunda verdiklerini varsayar. Ancak davranışsal ekonomi yaklaşımı, insan kararlarının bilişsel yanılgılar, duygusal tepkiler, geçmiş deneyimler ve sosyal normlar tarafından biçimlendirildiğini ileri sürmektedir. Bu bağlamda, çalışma aidiyet duygusu, toplumsal statü algısı, sosyal karşılaştırma, riskten kaçınma eğilimi ve önyargılar gibi sosyo-psikolojik faktörlerin iş gücü piyasasındaki davranış ve karar süreçleri üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır.
Araştırmanın temel hedefi, istihdam süreçlerinde bireylerin karar alma biçimlerini açıklarken klasik iktisat teorilerinin yetersiz kaldığı noktaları belirlemek ve davranışsal ekonomi çerçevesinde sosyo-psikolojik unsurların rolünü ortaya koymaktır. Hem iş arayanlar hem de işverenler açısından gözlemlenen irrasyonelliklerin altında yatan nedenler; aşırı güven, toplumsal baskı, kayıptan kaçınma ve sosyal etkiler gibi faktörler ışığında analiz edilecektir. Bu yaklaşım, iş gücü piyasasındaki bireysel ve toplumsal davranışların daha bütüncül bir şekilde anlaşılmasını sağlayacaktır.
Çalışma, literatür taraması yöntemiyle yürütülecek olup, davranışsal ekonomi, sosyal psikoloji ve iş gücü ekonomisi alanlarında yapılmış mevcut araştırmalar sistematik olarak incelenecektir. Elde edilen bilgiler doğrultusunda, ekonomik rasyonalitenin sınırlarını aşan ve bireylerin psikolojik ve sosyal dinamiklerini dikkate alan bir istihdam davranışı ilişkisi geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, çalışmanın pratik boyutu, işverenler ve politika yapıcılar için de önem taşımaktadır. İşverenler, çalışan adaylarının karar mekanizmalarını ve davranışlarını anlamak suretiyle daha etkili işe alım ve motivasyon stratejileri geliştirebilir. Politikacılar ise, iş gücü piyasasında verimliliği ve istihdamı artırmak amacıyla sadece maddi teşvikler yerine, sosyal normları dönüştürmeye, bireylerin psikolojik motivasyonlarını anlamaya ve toplumsal farkındalık yaratmaya odaklanan politikalar tasarlayabilirler. Sonuç olarak, davranışsal ekonomi yaklaşımı, istihdam politikalarının yalnızca maddi teşvikler üzerine inşa edilmemesi gerektiğini, bireylerin psikolojik motivasyonları ve sosyal bağlamlarının da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda politika yapıcıların, "dürtme" (nudge) mekanizmalarını uygulamaları, sosyal normları dönüştürmeleri, toplumsal farkındalık programlarını istihdam politikalarına entegre etmeleri ve iş gücü piyasasında daha kapsayıcı ve sürdürülebilir stratejiler geliştirmeleri büyük önem taşımaktadır.
Anahtar Kelimeler: Davranışsal Ekonomi, İstihdam, Sosyo-psikoloji, Rasyonalite, Nudge, Dürtme.

THE SOCIO-PSYCHOLOGICAL DIMENSION OF ECONOMIC DECISIONS: THE RELATIONSHIP BETWEEN BEHAVIOURAL ECONOMICS AND EMPLOYMENT

ABSTRACT

This study aims to examine individuals' employment decisions not only from the perspective of rational economic calculations but also through a broader socio-psychological framework. Classical economic models traditionally assume that individuals are "fully rational" agents who make all their decisions based on complete information to maximise their utility. However, the behavioural economics approach challenges this assumption, suggesting that human decisions are often shaped by cognitive biases, emotional responses, past experiences, and social norms. Accordingly, the study seeks to investigate how socio-psychological factors—such as sense of belonging, perception of social status, social comparison, risk aversion, and prejudice—affect behaviour and decision-making within the labour market.

The primary objective of the research is to identify the limitations of classical economic theories in explaining individuals' employment-related decisions and to reveal the role of behavioural and socio-psychological dynamics in shaping these processes. The study will analyse the underlying causes of irrationalities observed in both job seekers' and employers' decisions, including overconfidence, social pressure, loss aversion, and social influence. This approach allows for a more comprehensive understanding of individual and collective behaviours in the labour market.

The research will be conducted using a literature review method, systematically examining existing studies in the fields of behavioural economics, social psychology, and labour economics. Based on the findings, the study aims to develop a model of employment behaviour that goes beyond the boundaries of traditional economic rationality and incorporates individuals' psychological and social dynamics. Furthermore, the practical implications of this study are significant for both employers and policymakers. Employers can design more effective recruitment and employee motivation strategies by understanding candidates' decision-making processes and behavioural tendencies. Policymakers, on the other hand, can enhance employment outcomes and labour market efficiency by focusing not only on material incentives but also on transforming social norms, understanding psychological motivations, and implementing public awareness initiatives. In conclusion, the behavioural economics perspective demonstrates that employment policies should not rely only on financial incentives. Instead, they must account for individuals' psychological motivations and social context. In this regard, policymakers need to integrate "nudge" mechanisms, transform social norms, and incorporate public awareness programs into employment strategies to create a more inclusive, effective, and sustainable labour market.

Keywords: Behavioural Economics, Employment, Labour Market, Socio-Psychological Factors,

GİRİŞ

İktisadi kararların nasıl alındığı, uzun yıllar boyunca rasyonalite varsayımına dayanan geleneksel iktisat teorileri çerçevesinde ele alınmıştır. Bu yaklaşıma göre bireyler, tam bilgiye sahip, tüm seçenekleri değerlendirebilen ve kendi faydasını maksimize etmeyi hedefleyen rasyonel aktörlerdir. Bu varsayım, emek piyasasından tüketime, tasarruf tercihlerinden yatırım kararlarına kadar pek çok alanda insan davranışlarını açıklamak için temel bir referans noktası olarak kabul edilmiştir. Ancak son yıllarda yapılan deneysel çalışmalar, gözlemsel veriler ve psikolojik araştırmalar, ekonomik davranışların çoğu zaman bu ideal rasyonellik varsayımından uzaklaştığını göstermektedir.

Bireyler iş arama, işe başvurma, ücret pazarlığı yapma veya iş değiştirme kararlarını yalnızca ekonomik değişkenlere göre değil; sosyal normlar, duygusal tepkiler, bilişsel önyargılar, kişisel inançlar ve geçmiş deneyimler gibi çeşitli psikolojik ve sosyokültürel unsurların etkisi altında almaktadır. Bu durum, klasik iktisat modellerinin işgücü piyasasındaki karmaşık insan davranışlarını açıklamakta yetersiz kaldığını ortaya koymakta ve davranışsal iktisadın bu alandaki önemini artırmaktadır. Davranışsal iktisat, bireylerin karar alma süreçlerini gerçekte nasıl yürüttüğünü anlamak amacıyla psikoloji, sosyoloji ve iktisadı bir araya getirerek rasyonellikten sapmaların nedenlerini açıklamayı hedefleyen bir yaklaşımdır.

İstihdam süreçleri, davranışsal iktisat açısından özellikle dikkat çekici bir alandır. İş arayanların iş tercihleri, kariyer hedefleri, risk algıları, ücret beklentileri ve başvuru stratejileri; işverenlerin ise aday değerlendirme, işe alım, ücret belirleme ve motivasyon politikaları sıklıkla sistematik bilişsel yanılgılardan etkilenmektedir. Aşırı güven, kayıptan kaçınma, statüko yanlılığı, çerçeveleme etkisi, onaylama yanlılığı ve çapa etkisi gibi davranışsal eğilimler, hem iş arayanların hem de işverenlerin karar süreçlerinde önemli rol oynamaktadır. Bu durum, işgücü piyasasında yanlış iş eşleşmeleri, verimlilik kayıpları, motivasyon sorunları ve ücret eşitsizlikleri gibi sonuçlar doğurabilmektedir.

Bu çalışma, istihdam kararlarının sosyo-psikolojik boyutunu, davranışsal iktisadın temel kavramları çerçevesinde ele almayı amaçlamaktadır. Literatür taraması yöntemiyle gerçekleştirilen bu araştırmada, bireylerin işgücü piyasasındaki davranışlarının yalnızca ekonomik koşullar üzerinden değil, psikolojik süreçler ve sosyal etkileşimler bağlamında da değerlendirilmesi gerektiği savunulmaktadır. Bu kapsamda bu çalışmada; klasik ve davranışsal iktisat arasındaki temel farklar incelenmiş, bireylerin istihdam kararlarını şekillendiren sosyal ve psikolojik faktörler analiz edilmiş ve işveren kararlarının bilişsel önyargılarla nasıl etkilendiği açıklanmıştır.

Çalışmanın ortaya koyduğu bulgular, istihdam politikalarının ve insan kaynakları uygulamalarının davranışsal iktisat perspektifiyle yeniden düşünülmesi gerektiğine işaret etmektedir. İşgücü piyasasında daha etkin, adil ve sürdürülebilir uygulamaların geliştirilmesi için birey davranışlarının gerçekçi bir şekilde anlaşılması ve karar süreçlerinde ortaya çıkan bilişsel sapmaların dikkate alınması büyük önem taşımaktadır.

ARAŞTIMA VE BULGULAR

1. Kuramsal Çerçeve

1.1. Klasik İktisat Yaklaşımı

Klasik iktisat yaklaşımı, ekonomik sistemin işleyişini açıklarken bireylerin rasyonel davranan aktörler olduğunu temel olarak kabul eder. Adam Smith, David Ricardo ve John Stuart Mill gibi düşünürlerin etkisiyle şekillenen bu yaklaşım, piyasanın kendi iç dinamikleriyle dengeye ulaşacağını ve ekonomik aktörlerin davranışlarının kişisel çıkar maksimizasyonu doğrultusunda belirlenebileceğini ileri sürer. Bu doğrultuda klasik iktisatta bireyler, tam bilgiye sahip, tüm seçenekleri değerlendirebilen ve kendileri için en yüksek faydayı sağlayacak kararı verebilen rasyonel karar vericilerdir.

Smith ve Bentham gibi erken dönem düşünürler ekonomik tercihlerin psikolojik temellerini ele almış olsalar da, Neo-klasik iktisadın yükselişiyle birlikte iktisat ile psikoloji arasındaki bağlantı uzun süre göz ardı edilmiştir. Bu dönemde mantıksal pozitivizmin etkisiyle iktisat giderek matematiksel bir yapıya bürünmüş ve diğer sosyal bilimlerle etkileşimini azaltmıştır; böylece rasyonalite ilkesi daha da güçlenmiştir. (Kitapcı, 2017: 86).

Rasyonalite, günlük anlamıyla akla uygun ve amaçlara ulaşmada en doğru aracın seçilmesi olarak tanımlanırken, iktisadi bağlamda bireyin ne istediğini bildiği ve bu hedefe ulaşmak için bilinçli ve tutarlı seçimler yaptığı varsayımına dayanır.

Neo-klasik yaklaşım, bireyleri her koşulda rasyonel, kendi çıkarlarını maksimize etmeye çalışan ve sınırsız irade gücüne sahip aktörler olarak tanımlar. Bir diğer deyişle, bu yaklaşım duygular, mantıksızlık ve belirsizlik gibi unsurları karar süreçlerinden dışladığı için sınırlı bir çerçeve sunmaktadır.

Klasik iktisat, devlet müdahalesine minimal düzeyde ihtiyaç duyulduğunu, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymaksızın fiyatlar aracılığıyla ekonomide uyum sağlayan düzenleyici güç olduğunu savunur. Bu yaklaşım, , bireylerin karar alma süreçlerinde psikolojik faktörleri, bilişsel yanılgılarını ve sosyal etkileşimlerini dikkate almamaktadır. Bu varsayıma göre rasyonel olarak işçiler, çalışma kararlarını tamamen mantıksal değerlendirmeler üzerinden verir; emek arzını belirlerken ücret düzeyi, çalışma koşulları, alternatif iş fırsatları ve fırsat maliyeti gibi unsurları sistematik biçimde karşılaştırırlar. Ayrıca işverenler de emek talebini oluştururken rasyonel davranır ve işe alım kararlarını kâr maksimizasyonu hedefi doğrultusunda, işçinin verimliliği ile maliyetini kıyaslayarak verirler.

Bu çerçevede, işsizlik çoğunlukla ücretlerin bireylerin beklentilerinin altında kalması nedeniyle ortaya çıkan "gönüllü işsizlik" olarak değerlendirilir; yani birey çalışmayı reddettiği için işsizdir. Klasik İktisat yaklaşımında emek arzı ve emek talebi arasındaki uyumun herhangi bir dış müdahaleye gerek duyulmaksızın, tamamen piyasa güçlerinin doğal işleyişiyle sağlanacağı ileri sürülür.

1.2. Davranışsal İktisat Yaklaşımı

Geleneksel iktisat, bireylerin ekonomik kararlarında temel amacının kendi çıkarlarını maksimize etmek olduğunu ve diğer insanlara yönelik iyi veya kötü niyetli davranışların bu süreçte belirleyici olmadığını varsayar. Ancak yapılan çalışmalar bu varsayımın gerçekliği tam olarak yansıtmadığını ortaya koymuş; psikolojik temelli araştırmalar, ekonomik kararlarda duyguların, bilişsel süreçlerin ve sosyal faktörlerin önemli rol oynadığını göstermiştir. Bu durum, klasik iktisadın ideal olan yaklaşımından uzaklaştırarak bireylerin gerçek hayatta nasıl davrandığını gözlemlemeyi esas alan davranışsal iktisada yönelimi hızlandırmıştır (Thaler & Camerer, 1995).

Davranışsal iktisat, iktisadi analizlerin yalnızca matematiksel modellerle sınırlı kalmamasını, psikoloji, sosyoloji ve diğer sosyal bilimlerden elde edilen bulgularla zenginleştirilmesini savunur. Terimi ilk kullanan George Katona, ekonomik davranışların psikolojik temellerine dikkat çekmiş; Herbert Simon ise "sınırlı rasyonalite" yaklaşımıyla bireylerin karar alma süreçlerinde tam bilgiye ve sınırsız zihinsel kapasiteye sahip olmadığını vurgulayarak alanın gelişimine öncülük etmiştir. Bireylerin ekonomik tercihlerinin yalnızca çıkar maksimizasyonu ile değil, aynı zamanda kimlik, motivasyon, sosyal normlar, duygular ve bilişsel tercihlerle şekillendiğini ortaya koymuştur. Simon'un bu katkıları 1978'de Nobel Ekonomi Ödülü ile de tescillenmiştir.

Davranışsal bulgular, istihdam politikalarının sadece ekonomik teşviklerle şekillendirilemeyeceğini; birey psikolojisi, sosyal normlar ve kurumsal kültürün en az ekonomik değişkenler kadar belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Yani davranışsal iktisat, psikoloji ve iktisadı bir araya getirerek insanların yatırım, harcama ve tasarruf gibi ekonomik kararları alırken neden çoğu zaman mantıksız veya irrasyonel davrandığını açıklamaya çalışan bir disiplindir. Temel amacı, bireylerin ekonomik karar alma süreçlerinin sosyal, bilişsel ve duygusal önyargılardan nasıl etkilendiğini ortaya koymaktır.

Güneş (2021), insan davranışlarının matematiksel modellere tam olarak sığdırılamayacak kadar karmaşık ve belirsiz yapıda olduğunu vurgulayarak iktisadın insan odaklı bir sosyal bilim niteliği taşıdığını ifade etmektedir. Çalışma ayrıca, ekonomik kararların açıklanmasında psikolojik unsurların göz ardı edilemeyeceğini belirterek davranışsal iktisadın literatürdeki önemini güçlendirmektedir.

İktisat ve psikoloji farklı alanlara odaklansa da her iki disiplini ortak bir noktada buluşturan bazı temel kavramlar vardır. Bunlardan ilki fırsat maliyetidir; bireyin bir seçenekten vazgeçerek alternatif bir seçeneği tercih etmesi durumunda kaybettiği değeri ifade eder ve hem ekonomik analizlerde hem de bireyin karar alma süreçlerinde önemli bir rol oynar. İkinci ortak kavram ise azalan marjinal fayda yasasıdır. Bu yasa, tüketim arttıkça elde edilen tatminin belirli bir noktadan sonra giderek azalacağını belirtir. Örneğin aç bir kişinin ilk tabaklardan aldığı yüksek tatmin, doygunluğa ulaştıktan sonra azalır ve tüketim devam ettikçe tatminsizliğe bile dönüşebilir. Bu örnek, fayda düzeyinin tüketim arttıkça nasıl düştüğünü göstermektedir. (Ruben, 2013).

Davranışsal iktisat, yeni bir disiplin olmaktan ziyade psikoloji ile iktisadın birleşmesiyle ortaya çıkan bir yaklaşımdır. 20. yüzyılda iktisadın giderek daha matematiksel ve formüle dayalı bir yapıya bürünmesi, psikoloji ile olan bağın zayıflamasına yol açmıştır. Ancak insan davranışlarının ekonomik kararlar üzerindeki belirleyici rolü, iktisadın davranış psikolojisinden tamamen ayrı düşünülemeyeceğini göstermiştir. Bu nedenle iktisatta, psikolojik unsurları ve gerçek davranış kalıplarını dikkate alan davranışsal iktisat alt alanı ortaya çıkmıştır.

Davranışsal iktisat, neo-klasik yaklaşımı reddetmek yerine, onun eksik bıraktığı insan davranışlarına ilişkin noktaları deneysel ve gözlemsel yöntemlerle tamamlamayı amaçlar. Böylece günümüzde ekonomik analizlere psikolojik faktörler dâhil edilmiş; davranışsal iktisat, deneysel iktisat, nöroekonomi ve oyun teorisi gibi alanlarla birlikte gelişerek iktisada daha bütüncül bir bakış açısı kazandırmıştır.

2. İstihdam Kararlarının Sosyo-Psikolojik Belirleyicileri

Davranışsal iktisat, ekonomik olayları incelerken büyük ölçüde gözlemlere dayansa da, psikolojik süreçlerin bireylerin tercih ve davranışlarını nasıl şekillendirdiğini doğrudan ölçmek mümkün değildir. Kontrollü olmayan gerçek yaşam verileri, bireysel farklılıkların ve psikolojik etkilerin ayrıştırılmasında yetersiz kaldığından, daha sistemli biçimde tasarlanan ve değişkenlerin net şekilde izole edilebildiği deneysel yöntemler çok daha açıklayıcı sonuçlar sunmaktadır. Bu nedenle, davranışsal iktisatta teori ve modellerin geçerliliğini sınamanın en etkili yollarından biri deneysel yaklaşımlardır. (Akın, Urhan,2009:13).

İstihdam kararları, yalnızca ekonomik değişkenler ve rasyonel tercihlerle açıklanamayacak kadar çok boyutlu ve karmaşık süreçlerdir. Bireylerin iş arama, işe başvurma, iş teklifi değerlendirme, iş değiştirme veya mevcut işte kalma kararları; sosyal çevre, psikolojik eğilimler, kimlik algısı ve bilişsel önyargılar gibi çeşitli sosyo-psikolojik faktörlerin etkisi altında şekillenir.

Sosyal normlar ve kültürel yapı, bireylerin meslek seçimlerini ve kariyer yönelimlerini etkileyen temel faktörler arasında yer almaktadır. Ailenin beklentileri, toplumda itibarlı görülen meslek grupları ve cinsiyete ilişkin geleneksel rol algıları, bireyin hangi alanda çalışacağına ya da işgücüne katılıp katılmayacağına ilişkin kararlarını önemli ölçüde şekillendirebilmektedir. Özellikle gençler arasında akran etkisi ve sosyal kıyaslama eğilimleri, iş tercihlerini belirleyen kritik unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

Son olarak, duygusal süreçler de istihdam kararlarını önemli ölçüde biçimlendirmektedir. Bireyin yaşadığı stres, belirsizlik korkusu, başarısızlık kaygısı veya aidiyet ihtiyacı, iş seçimlerinde rasyonel bir değerlendirmeyi zorlaştırabilir. İş yerindeki psikolojik güven ortamı, yöneticinin tutumu veya çalışanlar arasındaki ilişkiler de işte kalma veya iş değiştirme kararlarını etkileyen temel unsurlardandır.

Tablo 1. Bilişsel Süreçler

SİSTEM 1	**SİSTEM 2**
Çaba Gerektirmeyen	Çaba Gerektiren
Kontrolsüz	Kontrollü
Çağrışımsal	Çıkarımsal
Beceriye Dayalı	Kurallara Dayalı
Hızlı ve Bilinçsiz	Yavaş ve Bilinçli

Kaynak: Thaler, Sunstein, 2018.

Tablo 1'de bireylerin nasıl düşündüğü ve karar aldığı incelendiği zaman, iki temel bilişsel süreç ortaya çıkmaktadır: Sistem 1 ve Sistem 2. Sistem 1, hızlı, otomatik, sezgilere ve duygulara dayalı bir düşünme biçimini ifade eder; deneyimlerden beslenir ve çoğu zaman bilinçsiz bir şekilde devreye girer. Örneğin "tiramisu, spagetti, dondurma" dendiğinde akla hemen İtalya'nın gelmesi sistem 1'in tipik bir örneğidir.
Sistem 2 ise, sistem 1 ile paralel çalışan ancak ondan çok daha yavaş, analitik ve bilinçli bir düşünme mekanizmasıdır. Bu sistem otomatik olarak devreye girmez; bireyin dikkatini ve zihinsel çabasını gerektirir. Karar süreçlerinde yeterince düşünülmediğinde, çoğu durumda sistem 1 baskın hâle gelir ve bu da hatalı veya yanıltıcı kararların alınmasına yol açabilir (Soyer, 2018).
Sistem 1 ve Sistem 2 ayrımını açıklayan en bilinen örneklerden biri Stroop Testi'dir. Stroop testi, otomatik düşünme ile bilinçli düşünme arasındaki çatışmayı gösteren ve kişinin dikkatini ne kadar iyi kontrol edebildiğini ölçen basit bir psikoloji deneyidir. Bu test, kelimenin anlamını okumak ile kelimenin yazıldığı rengi söylemek arasında belirgin bir fark olduğunu gösterir. Kelimeyi okumak hızlı ve otomatik çalışan Sistem 1 ile gerçekleşirken, rengi söylemek daha yavaş ve bilinçli bir çaba gerektiren Sistem 2 tarafından yapılır.
Bu durum, karar alma süreçlerinde de benzer bir işleyiş olduğunu gösterir. Ana akım iktisat, bireylerin kararlarında mantıklı ve kontrollü düşünen Sistem 2'yi kullanmalarını varsayar. Ancak gerçekte çoğu kararımız, hızlı ve sezgisel çalışan Sistem 1'in etkisi altında alınır. Bu da ekonomik karar hatalarına, yanlış harcamalara ve bütçe yönetiminde sorunlara yol açabilir. Davranışsal iktisat, bu tür bilişsel yanılgıları azaltmak ve bireylerin daha sağlıklı ekonomik kararlar almasını sağlamak için yeni politika araçlarına ihtiyaç olduğunu vurgular.
Tüm bu faktörler birlikte değerlendirildiğinde, istihdam kararlarının yalnızca ekonomik değişkenlerle açıklanamayacağı; sosyo-psikolojik dinamiklerin bu süreçte belirleyici bir rol oynadığı görülmektedir. Bu nedenle istihdam politikalarının ve insan kaynakları uygulamalarının, davranışsal perspektiften ele alınarak tekrar düzenlenmesi zorunludur.

2.1. İstihdam Kararlarında Bilişsel Yargılar

Karar alma süreçlerini anlamada Sistem 1 ve Sistem 2 ayrımı temel bir çerçeve sunmaktadır. Stroop Testi gibi deneyler, otomatik ve hızlı işleyen Sistem 1 ile daha yavaş ve bilinçli çalışan Sistem 2 arasındaki bilişsel çatışmayı gözler önüne serer. Bu ayrım, bireylerin ekonomik kararlarını nasıl verdiklerini anlamak açısından da önemlidir. Geleneksel iktisat bireylerin her koşulda Sistem 2 ile hareket ettiğini, yani rasyonel ve hesaplayıcı kararlar aldığını varsayarken, davranışsal iktisat gerçekte kararların çoğunun hızlı, sezgisel ve bilinçdışı olarak Sistem 1 tarafından yönlendirildiğini göstermektedir.
Bu davranışsal örüntü, Beklenti Teorisi (Prospect Theory) ile daha somut hâle gelir. Beklenti Teorisi'ne göre bireyler kararlarını mutlak değerlere göre değil, referans noktalarına göre değerlendirirler. Bir başka deyişle, bir sonucu iyi ya da kötü olarak algılamaları, başlangıç noktasını nasıl tanımladıklarına bağlıdır.

Bu durum, Stroop Testi'nin ortaya koyduğu otomatiklik ve müdahale gerektiren süreçlerle benzer şekilde, karar alma sırasında hangi bilişsel sistemin baskın olduğunu ortaya koyar. (Kahneman & Tversky, 1979).

Beklenti Teorisi'nin temel unsurlarından biri olan kayıp karşıtlığı da ekonomik davranışlardaki irrasyonellikleri açıklar. Bireyler aynı büyüklükteki bir kazançtan çok bir kaybı daha ağır hissederler. Bu nedenle, iş değiştirme, yatırım yapma veya harcama kararlarında, gerçekçi olmayan bir ihtiyat davranışı görülebilir. Sistem 1'in hızlı ve duygusal tepkileri, kayıpları abartılı biçimde algılamaya neden olurken, Sistem 2'ye geçiş çoğu zaman gecikir. Sonuç olarak bireyler ekonomik olarak avantajlı kararları bile erteleyebilirler.

Benzer şekilde, Batık Maliyet Yanılgısı bireylerin geçmişte yapmış oldukları harcamaları ve emekleri göz ardı edememeleri nedeniyle mantıksız kararlar almalarına yol açar. (Thaler, 1980). Örneğin verimsiz bir işte çalışmaya devam etmek, zarar eden bir yatırımı sürdürmek veya sonlanması gereken bir projeyi tamamlamaya çalışmak, bu yanılgının tipik örnekleridir. Bu davranış, sınırlı dikkat, duygusal bağlılık ve kayıptan kaçınma gibi Sistem 1 kaynaklı süreçlerin etkisini yansıtır.

Tüm bu eğilimlerin kökeninde Kısıtlı (Sınırlı) Rasyonellik kavramı bulunmaktadır. Herbert Simon'ın ortaya koyduğu bu kavrama göre bireyler tam bilgiye, sınırsız işlem kapasitesine ve yüksek analitik güce sahip değildir. Dolayısıyla ekonomik kararlar, bilgi eksikliği, zaman kısıtı, zihinsel sınırlılıklar ve bilişsel önyargılar çerçevesinde şekillenir. Bu durum, Sistem 2'nin ideal koşullarda devrede olması gerekirken, pratikte çoğunlukla Sistem 1'in yönettiği kararlarla karşı karşıya kalınmasına neden olur.

Bu irrasyonelliklerin azaltılması ve bireylerin daha sağlıklı ekonomik tercihler yapmasının sağlanması için davranışsal iktisadın sunduğu önemli bir yaklaşım da dürtme (nudge) kavramıdır. Dürtme, bireylerin özgür seçimlerini kısıtlamadan, karar verme ortamını daha iyi organize ederek onların daha faydalı sonuçlara yönelmesini sağlar. Örneğin emeklilik tasarruflarının otomatik kayıt sistemiyle artırılması, sağlıksız ürünlerin ulaşılması daha zor raflarda bulunması veya iş başvurusu süreçlerinde tercihleri kolaylaştıran uygulamalar, Sistem 2'nin devreye girmesini teşvik eden davranışsal politika araçlarıdır.

Sonuç olarak Sistem 1–Sistem 2 ayrımı, Stroop Testi'nin ortaya koyduğu bilişsel çatışma, Beklenti Teorisi, referans noktası, kayıp karşıtlığı, batık maliyet yanılgısı ve sınırlı rasyonellik birbirini tamamlayan kavramlardır. Bu unsurların tümü, ekonomik kararların neden her zaman rasyonel çerçevede gerçekleşmediğini açıklamakta ve dürtme gibi politika araçlarına duyulan ihtiyacı somut şekilde ortaya koymaktadır.

İstihdam kararları, geleneksel iktisadın öngördüğü gibi tam bilgiye sahip, rasyonel bireylerin fayda-maliyet hesaplamasına dayalı basit süreçler değildir. Davranışsal iktisat literatürü, gerek iş arayanların gerek işverenlerin karar alma süreçlerinde sistematik bilişsel sapmalara maruz kaldığını ve bu sapmaların işgücü piyasasında önemli sonuçlar yarattığını göstermektedir. İş arama davranışlarının gecikmesi, yanlış iş tercihleri, hatalı işe alım kararları veya çalışan bağlılığının azalması gibi sonuçlar, çoğu zaman bu bilişsel yanılgıların ürünüdür. Bu nedenle, istihdam süreçlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için bilişsel yanılgıların gözönünde bulundurulması gerekmektedir.

1.1.1 Aşırı Güven

Psikoloji literatüründe aşırı güven, bireylerin sahip oldukları bilgi, yetenek ve değerlendirme doğruluğuna olduğundan fazla güven duymaları şeklinde açıklanmaktadır. Davranışsal iktisat bağlamında ise bu kavram, bireylerin yatırım kararları alırken sezgilerine, geçmiş deneyimlerine ve bilişsel kapasitelerine gereğinden fazla itimat etmeleri, dolayısıyla gerçekçi olmayan bir güven düzeyi sergilemeleri olarak tanımlanmaktadır. (Uluçay & Yazıcı, 870).

Aşırı güven yanılgısı, bireylerin sahip oldukları bilgi, beceri ve başarı ihtimallerini olduğundan daha yüksek algılamaları şeklinde ifade edilmektedir. İş arayanlar açısından bu yanılgı, kişinin kendi kapasitesini işgücü piyasasının gerçek koşullarından bağımsız bir şekilde değerlendirmesine neden olabilir. Bu durum, bireyin yalnızca yüksek gelir getiren ya da ileri düzey nitelik gerektiren pozisyonlara yönelmesine, uygun ancak daha düşük seviyedeki iş fırsatlarını görmezden gelmesine veya iş bulma sürecinin zorluklarını küçümseyerek iş aramayı geciktirmesine yol açabilir.
İşverenler açısından bakıldığında aşırı güven, aday değerlendirme sürecinde objektif ölçütlerin geri planda kalmasına neden olabilmektedir. Mülakat yapan kişinin kendi sezgilerine aşırı güvenmesi, değerlendirme araçlarını yeterince dikkate almamasına ve adayların yetkinliklerini yanlış yorumlamasına sebep olabilir. Bu durum, hatalı işe alım kararlarının ortaya çıkmasına zemin hazırlar.

1.1.2 Çerçeveleme Etkisi

Çerçeveleme etkisi, bireylerin kararlarını yalnızca bilginin içeriğine göre değil, bilginin nasıl sunulduğuna göre şekillendirmesi anlamına gelir. Davranışsal iktisadın temel bulgularından biri, aynı bilginin farklı biçimlerde ifade edilmesinin insanların yargı ve tercihlerini anlamlı ölçüde değiştirebilmesidir. Bu etki, özellikle istihdam süreçlerinde iş arayanların ve işverenlerin değerlendirmeleri üzerinde belirgin bir rol oynar.
Bireyin karar alırken kullandığı çerçeve, problemin nasıl tanımlandığına ek olarak kişinin normları, alışkanlıkları ve bireysel özellikleri tarafından şekillenir. Çerçeveleme etkisi, bireylerin aynı olguyu farklı açılardan, farklı biçimlerde değerlendirmesine ve buna bağlı olarak değişen kararlar vermesine neden olan bir bilişsel yanılgıyı ifade eder.
İstihdam açısından değerlendirildiği zaman, bir iş teklifi, “performansa bağlı primlerle gelir artışı sağlanabilir” şeklinde olumlu bir çerçevede sunulduğunda adaylar tarafından daha cazip algılanabilir. Ancak aynı teklif “temel maaş düşüktür; gelirin artması primlere bağlıdır” biçiminde ifade edildiğinde bireyin algısı olumsuz yönde değişebilir. İçerik özünde aynı olmasına rağmen çerçevenin değişmesi, iş arayanın teklifin riskini ve avantajlarını farklı değerlendirmesine yol açar.
Benzer şekilde iş ilanlarında kullanılan ifadeler de adayın başvuru yapma niyetini etkileyebilir. “Esnek çalışma imkânı” gibi olumlu çerçeveler adayın motivasyonunu artırırken, “düzensiz çalışma saatleri” şeklinde olumsuz çerçeveler aynı niteliği daha itici hâle getirebilir.
Çerçeveleme etkisi, bireylerin bilgiyi değerlendirirken rasyonel bir çözümleme yerine, Sistem 1’in hızlı ve sezgisel tepkilerine dayanması sonucu ortaya çıkar. Bu durumda iş arayanlar, işin gerçek nitelikleri veya koşullarından çok, bilginin nasıl sunulduğuna dikkat ederler. Böylece karar süreci, içeriğin mantıksal analizinden ziyade, kullanılan ifadelerin yarattığı algı ve duygular tarafından şekillenir.
Bu nedenle çerçeveleme etkisi, istihdamla ilgili tercihlerde hatalı değerlendirmelere yol açabilen önemli bir bilişsel sapmadır. İşverenlerin iş ilanı veya teklif metinlerini hazırlarken bu etkinin farkında olması, iş arayanların da bilgi sunumunun kendilerinde nasıl bir yönlendirme yarattığını bilmesi, daha bilinçli ve tutarlı kararlar verilmesine katkı sağlayacaktır.

1.1.3 Statüko Yanlılığı

Statüko yanlılığı, bireyin mevcut durumunu sürdürme eğiliminde olmasıdır. İş arayanlar, daha iyi fırsatlar olsa dahi mevcut işlerini kaybetme korkusu veya belirsizlikten kaçınma nedeniyle iş değiştirmekten kaçınabilirler. Bu yanılgı, bireyin kariyer gelişimini olumsuz yönde etkileyebilir. Birçok araştırma, bireylerin yararlı olduğunu düşündükleri uygulamalarda dahi gerekli adımları atmadıklarını göstermektedir.

İnsanlar, alışkanlıklarının verdiği rahatlık, eylemsizlik, geleneksel yapıların etkisi, değişime yönelik kaygılar veya mevcut durumu akla uygun göstermeye çalışma eğilimleri yüzünden statükoyu korumaya eğilimlidir.
Kontrollü deneyler, bireylerin daha avantajlı seçenekler mevcut olsa bile ilk tercihlerini değiştirmekte isteksiz davrandıklarını göstermekte ve statüko yanlılığının karar süreçlerimizi tahmin edilenden çok daha güçlü biçimde şekillendirdiğini ortaya koymaktadır. Aynı şekilde, bireylerin finansal tercihleri de çoğu zaman inançları, aşırı özgüvenleri, kaderci yaklaşımları, geçmiş deneyimlere aşırı bağlılıkları veya kayıp korkusu gibi psikolojik etmenler nedeniyle rasyonel çerçevenin dışına çıkabilmektedir.
Statüko yanlılığı, bireylerin mevcut durumlarını koruma eğiliminde olmalarını ifade eden güçlü bir bilişsel sapmadır. İnsanlar çoğu zaman sahip oldukları koşulları değiştirmekten kaçınır; belirsizlik, risk algısı, alışkanlıklar veya kayıp korkusu nedeniyle mevcut seçenekleri "varsayılan" tercih olarak sürdürürler. Bu eğilim, istihdam ve işgücü piyasası davranışlarında da belirleyici bir rol oynar. Bu yanlılık, işgücü piyasasında hareketliliği azaltarak verimliliği düşürebilir. Bu nedenle istihdam politikalarının tasarımında statüko yanlılığının dikkate alınması ve davranışsal iktisat araçlarıyla bireylerin daha bilinçli karar almalarının desteklenmesi önemlidir.

1.1.4 Kayıptan Kaçınma

1979 yılında Beklenti Teorisi kapsamında Tversky ve Kahneman tarafından ortaya konan bu kavram, kayıpların bireylerin karar verme süreçlerinde aynı miktardaki kazançlara kıyasla daha baskın rol oynadığını belirtmektedir. Thaler (1991), kayıp karşıtlığı yüksek olan yatırımcıların karar alma süreçlerinde daha fazla irrasyonel davranış sergilediğini belirlemiştir.
Psikolojik açıdan bakıldığında, motivasyon düzeyi, risklere yönelik algı, kayıplardan kaçınma eğilimi, öz yeterlik inancı ve bireyin kendine dair değerlendirmeleri, istihdamla ilgili kararları şekillendiren başlıca unsurlardır. Örneğin, bir kişi daha yüksek ücret sunan bir iş olanağıyla karşılaşsa bile, mevcut işini kaybetme ihtimalinin yarattığı endişe nedeniyle bu fırsatı geri çevirebilir. Bu durum, davranışsal ekonomi literatüründe sıkça vurgulanan kayıp karşıtlığının işgücü piyasasındaki somut bir örneğidir.
Aynı şekilde, bireyin yeteneklerine yönelik güveni veya özgüven eksikliği de iş arama ve başvuru sürecini doğrudan etkileyen psikolojik faktörler arasındadır. Örneğin bir kişi, mevcut işyerindeki düşük memnuniyete rağmen "daha kötü bir işe denk gelme" korkusuyla iş değiştirme cesareti gösteremeyebilir. Bu, kazanç ihtimalinden çok kayıp ihtimalinin ağır basmasından kaynaklanır. Yani kişiler daha iyi koşullara rağmen mevcut işlerinde kalmasına neden olur.

1.1.5 Onaylama Yanlılığı (Confirmation Bias)

İnsanlar karar verirken genellikle kendi beklenti ve inançlarını destekleyen bilgilere ağırlık verirken, bu görüşlerle uyuşmayan verileri göz ardı etme eğilimindedir. Davranışsal iktisatta onaylama yanlılığı (confirmation bias) olarak adlandırılan bu eğilim, hem iş arayanların hem de işverenlerin karar alma süreçlerini belirgin şekilde etkileyen sistematik bir bilişsel sapma niteliğindedir.
İş arayanlar açısından bakıldığında, bireyler kendi yetenek ve niteliklerine ilişkin olumsuz geri bildirimleri çoğu zaman dikkate almakta zorlanabilir. Örneğin, eksik becerilere işaret eden eleştiriler, adayın benlik algısıyla çeliştiği için görmezden gelinebilir veya önemsizleştirilebilir.

Mesela bir aday, mülakat sırasında iletişim becerilerinin yetersiz olduğu yönünde aldığı geri bildirimi "mülakatçı yanlıydı" diyerek önemsemeyebilir ve kendini geliştirme fırsatını kaçırabilir.Bu durum, kişinin kendini geliştirmek için ihtiyaç duyduğu bilgileri kaçırmasına ve uygun pozisyonlara yönelmede hatalar yapmasına yol açabilir.
Benzer şekilde işverenler de aday değerlendirme sürecinde bu yanılgının etkisine girebilirler. Bir işveren, bir aday hakkında ilk görüşmede edindiği olumlu ya da olumsuz izlenimi, sonraki değerlendirmelerde aşırı derecede referans alabilir. Önceden olumlu bir kanaat oluşmuşsa işveren, adayın eksik yönlerine ilişkin kanıtları göz ardı edip olumlu özellikleri aşırı vurgulayabilir. Eğer ilk izlenim olumsuzsa, adayın güçlü yanlarını ortaya koyan bilgilere rağmen bu olumsuz bakışı sürdürme eğilimi ortaya çıkabilir.

1.1.6 Çapa Etkisi (Anchoring)

Çapa etkisi, bireylerin karar alma sürecinde karşılaştıkları ilk bilginin, sonraki değerlendirme ve yargılarını güçlü bir şekilde şekillendirmesi olarak tanımlanan önemli bir bilişsel yanılgıdır. Bu ilk bilgi, zihinsel bir "başlangıç noktası" ya da "referans değeri" oluşturur ve kişi farkında olmadan tüm değerlendirmelerini bu noktaya göre yapar. Böylece sonraki bilgiler, çoğu zaman çapanın yarattığı etkiyi tam olarak dengeleyemez; bireyin kararları rasyonel analizden ziyade bu ilk referansa bağımlı hâle gelir.
Başka bir deyişle çapa etkisi, kişinin geçmişte maruz kaldığı bir değerin, daha sonraki yargı ve tercihlerini farkında olmadan yönlendirmesi olarak ifade edilir.
Mesela mülakatın başında adayın gergin gözükmesi işveren için olumsuz bir çapa oluşturabilir veya adayın özgeçmişinde prestijli bir üniversite mezuniyeti işverenin zihninde olumlu çapa yaratabilir; böylece adayın eksik yanları daha az önemsenir.

İş Arayan Davranışlarını Etkileyen Sosyal ve Psikolojik Faktörler

Bu çalışmada daha önce de değinildiği gibi iş arama süreci yalnızca ekonomik parametrelere dayalı bir tercih değil aynı zamanda sosyal çevre, kişisel psikoloji, bilişsel eğilimler ve duygusal süreçlerin belirgin şekilde etkilediği çok boyutlu bir davranış biçimidir. Davranışsal iktisat, iş arama süreçlerinde bireylerin sıklıkla sistematik bilişsel sapmalar ve irrasyonel davranış örüntüleri sergilediğini göstermekte; bu eğilimlerin altında yatan psikolojik ve sosyo-kültürel mekanizmaları analitik biçimde açıklamayı amaçlamaktadır.
Sosyal faktörler, psikolojik faktörler ve hatta davranışsal yanılgılar iş arama davranışlarında kritik rol oynamaktadır. Sosyal faktörler aile beklentileri, toplumsal normlar, referans grupları ve sosyal karşılaştırma dinamikler yer almaktadır. Bireyin dahil olduğu sosyal çevre, hangi mesleklerin "doğru", "saygın" ya da "uygun" kabul edildiğine ilişkin algıların oluşmasında belirleyici bir etkiye sahiptir. Özellikle gençler, arkadaş gruplarının ve yaşadıkları çevrenin tercihlerini dikkate alarak belirli meslek alanlarına yönelme eğilimi gösterebilirler. Bu durum, sosyal ilişkiler ve toplumsal beklentilerin iş arama davranışları üzerinde güçlü bir biçimde şekillendirici rol oynadığını ortaya koymaktadır. Hatta aile, arkadaş grupları ve toplumsal normlar, bireyin hangi meslekleri tercih edeceği, hangi ücret düzeyini makul göreceği ve iş arama motivasyonu üzerinde bile belirleyici bir rol oynayabilmektedir.
Psikolojik etmenler; motivasyon düzeyi, risklere ilişkin algı, öz yeterlik inancı, kayıp karşıtlığı, aşırı özgüven, statüko eğilimi ve bireyin kendine dair değerlendirmeleri gibi kişisel özelliklerden oluşmaktadır. Örneğin kayıptan kaçınma eğilimi yüksek olan bireyler, mevcut konumlarını kaybetme korkusu sebebiyle aslında daha yüksek gelir sunabilecek iş olanaklarına yönelmekte tereddüt edebilirler.

Aynı şekilde öz yeterlik duygusu zayıf olan kişiler, niteliklerine uygun iş ilanlarına başvurmaktan uzak durabilirken; aşırı özgüven sergileyen bireyler gerçekçi olmayan maaş talepleriyle iş arama sürecini gereksiz yere uzatabilmektedir. Öz yeterlik algısı yüksek olan bireyler daha fazla iş başvurusu yapmakta, daha iyi işlere yönelmekte ve başarısızlık karşısında daha dayanıklı davranmaktadır. Aynı şekilde aşırı güven yanılgısı, bireylerin becerilerini abartarak gerçekçi olmayan işlere başvurmalarına yol açabilir. Bu durum iş aramanın etkinliğini düşüren davranışsal sapmalardandır. Statüko yanlılığı açısından incelenirse, çalışanların daha avantajlı iş fırsatları bulsalar bile mevcut işlerinden ayrılmakta tereddüt etmelerine yol açabilir. Bu durumun sebepleri arasında mevcut pozisyonun sağladığı güven, yeni işin getirebileceği riskler, belirsizlikten duyulan kaygı olabilir. Bütün bu sebepler kişileri hareket etmekten alıkoyabilmekte ve birelerim kariyer ilerlemesini yavaşlatabilmektedir veya potansiyellerini tam olarak kullanmalarını engelleyebilmektedir.
Ücret (maaş) olgusundan değerlendirmek gerekirse çalışanlar bazen mevcut ücretlerinin 'normal' olduğu inancıyla daha iyi bir teklif için pazarlık yapmak istemezler. Burada statko yanlılığı çalışanları düşük maaş kabullenmeye, pazarlık gücünün kullanmamalarına neden olur.
Psikolojik etmenler ve davranışlar yanılgılar, iş arama davranışlarında önemlidir. Mesela çapa etkisi iş arayanlar açısından maaş beklentileri üzerinde önemli bir rol oynar. Örneğin bir aday, bir pozisyon için ilk duyduğu ücret aralığını zihinsel bir referans noktası olarak benimser. Daha sonra farklı iş ilanlarından veya mülakatlardan aldığı maaş bilgilerini değerlendirirken bu başlangıç değerinden etkilenir. Bu durum, mevcut maaşını "hak edilen standart" olarak görmesine ve daha düşük bir teklifi kayıp olarak kodlamasına sebep olabilir. Yani adayın gerçek piyasa koşullarını doğru analiz etmesini güçleştirir; kişi ya çok yüksek bir beklentiyle iş aramayı sürdürür ya da düşük bir çapa nedeniyle kendi potansiyelinin altında ücretleri kabul etmeye eğilim gösterir. Onaylama yanlılığı, iş arayanların kendi becerilerine ilişkin olumsuz geri bildirimleri görmezden gelmelerine ve sadece kendi düşüncelerini doğrulayan bilgileri önemsemelerine yol açabilir. Çerçeveleme etkisi ise iş ilanlarının ve fırsatların sunum biçimine bağlı olarak bireyin aynı bilgiyi farklı şekillerde değerlendirmesine neden olur. Kayıp karşıtlığı açısından da istihdam kararlarında bilişsel yanılgılar neden olabilir. Bireylerin kayıpları aynı büyüklükteki kazançlara göre çok daha güçlü hissettikleri için iş değiştirmekten çekinebilirler. Yani mevcut işini kaybetme ihtimali kazanımdan daha ağır gelir.
Başka bir açısından değerlendirildiğinde uzun süredir çalıştığı için mutsuz olduğu hatta ücret açısından tatmin olmayan işten ayrılmayan bir çalışan 'bu kadar yıl emek verdim' diyerek 'batık maliyet yanılgısına yol açabilir. Bir diğer deyişle sınırlı rasyonellikle ilişkilendirilirse eğer Herbert Simon'ın tanımladığı gibi bireyler sınırsız bilgiye ve işlem kapasitesine sahip değildir. Bu nedenle Sistem 2'nin analitik kapasitesine güvenmek yerine, hızlı karar veren Sistem 1 devrede kalır. Bu da ya aşırı güven veya onaylama yanlılığına sebep olur.
Dürtme yaklaşımıyla insanların kararlarını kısıtlamadan, sadece karar ortamını yeniden düzenleyerek daha sağlıklı tercihlere yönlendirmeyi amaçlar. Yine ücret(maaş) açısından değerlendirilirse davranışsal iktisat, klasik iktisat perspektifindeki gibi ücret yalnızca 'çalışanın emeğinin karşılığı' olarak ele almaz. Ücret, statü göstergesi, psikolojik tatmin kaynağı ve adalet algısınn belirleyicisidir. Mesels prestijli bir iş için daha düşük maaşa razı olunabilir. Bu noktada dürtme uygulamaları, maaş bilgisinin karmaşık, belirsiz veya manipülatif biçimlerde sunulmasının önüne geçerek bireylerin daha rasyonel karar vermesini amaçlar. Bu yaklaşımda maaş, yan haklar, prim yapısı ve yıllık toplam gelir gibi unsurlar standart, sade ve karşılaştırılabilir tablolar hâlinde sunulur. Böylece çerçeveleme etkisi azalır; adaylar metindeki ifadelerin yarattığı duygusal yönlendirmeler yerine gerçek sayısal veriler üzerinden değerlendirme yapar.

Sonuç olarak, maaş bilgisi daha şeffaf hâle gelir ve iş arayanlar daha bilinçli tercihlerde bulunur. Bir başka deyişle Dürtme sayesinde Sistem 1'in otomatik tepkileri, bireyin aleyhine değil lehine kullanılabilir.

Sonuç olarak, çalışan ve/veya iş arama davranışları yalnızca ekonomik değişkenlerle açıklanamayacak kadar karmaşık ve çok yönlü bir yapıya sahiptir. Bu süreç; bireyin içinde bulunduğu sosyal ortamın etkileri, psikolojik özellikleri ve çeşitli bilişsel yanılgıları tarafından belirgin biçimde şekillenir. Bu nedenle, istihdam politikalarının ve kariyer rehberliği uygulamalarının davranışsal iktisadın ortaya koyduğu içgörüleri dikkate alması, hem işgücü piyasasında verimliliğin artırılması hem de bireylerin daha bilinçli ve sağlıklı kararlar verebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

İşveren Kararlarında Davranışsal Eğilimler

İşverenler açısından da işe alım ve ücret belirleme süreçleri, geleneksel iktisat modellerinin varsaydığı gibi tamamen rasyonel ve bilgiye dayalı değildir. Davranışsal iktisat literatürü, işverenlerin aday değerlendirme, seçim, performans tahmini ve ücretlendirme gibi kritik karar noktalarında sıkça bilişsel önyargılar, sezgisel kısayollar ve psikolojik etkilerden etkilendiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, işveren davranışları yalnızca firma çıkarları doğrultusunda yapılan matematiksel optimizasyonlarla açıklanamayacak kadar karmaşık bir yapıya sahiptir.

Özellikle işe alım sürecinde ilk izlenim etkisi, çapa yanılgısı, onaylama yanlılığı ve statüko eğilimi gibi bilişsel sapmalar, adayların değerlendirilmesini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. İşverenler, adayla ilk temas sırasında edinilen izlenimleri genelleştirerek tüm mülakat sürecine yayabilir veya adayın belirli bir özelliğine gereğinden fazla ağırlık verebilir. Benzer şekilde önceden oluşturulmuş beklentiler, işverenlerin adaylar hakkındaki bilgileri doğrulayıcı biçimde seçmesine yol açabilir.

İşverenlerin kararlarında davranışsal eğilimlerine ücret (maaş) açısından değerlendirildiğinde ücret adaleti yanılgıları, cinsiyet temelli ücret farkı, reakbet baskısının ücret artırma davranışı, motivasyonla ilgili yanlış anlamalar ve/veya yüksek ücret, yüksek performans anlayışı önyargısı gibi konular ortaya çıkabilir.

İşveren, ücret adaleti yanılgısı olarak çalışanı motive etmek için orantısız yüksek maaş verebilir veya düşük maaşın motivasyonu düşüreceğini fark etmeyebilir. Davranışsal önyargılar, işverenlerin ücret belirleme süreçlerini sistematik biçimde etkileyerek kadın ve erkek arasındaki ücret farkları ile yaşa ve etnik kökene dayalı ücret ayrımcılığı gibi önemli ücret eşitsizliklerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

İşverenlerin kararları çeşitli bilişsel önyargılarla şekillenmektedir. Çapa etkisi kapsamında işverenler çoğunlukla ilk izlenim, adayın sunduğu ilk bilgi veya önceki çalışanların ücretleri üzerinden ortaya çıkar. Mülakatın ilk saniyelerinde aday hakkında edinilen olumlu ya da olumsuz izlenim, sonraki değerlendirmelerin objektifliğini zayıflatabilir. Başka bir örnek işverenler çoğu zaman bir pozisyon için maaşı belirlerken önceki çalışanın aldığı ücreti zihinsel bir başlangıç noktası olarak kullanırlar. Önceki çalışan 30.000 TL maaş alıyorsa, yeni ücret politikasında bu miktardan fazla vermeyi 'gereksiz maliyet artışı' olarak görebilir. Bu durumda kaliteli çalışanların kaybedilmesine neden olabilir. Kayıptan kaçınma eğilimi ise işverenlerin ücret artışını potansiyel bir mali kayıp olarak değerlendirmesine yol açar; çalışan verimliliği artsa bile maaş artışı "bütçeyi zorlayacağı" gerekçesiyle ertelenebilir ve bu durum hem motivasyonun düşmesine hem de çapa etkisinde oldupu gibi personel kaybına neden olabilir.

Statüko eğilimi, işletmelerin yıllardır sürdürdükleri ücret uygulamalarını değiştirmekte isteksiz davranmalarını sebep olur. Örneğin bir kurumda başlangıç ücreti uzun süredir 25.000 TL olarak uygulanıyorsa, piyasada benzer pozisyonların 30.000 TL seviyesine çıkmasına rağmen mevcut ücret yapısını bozma endişesi, gerekli güncellemelerin yapılmasını engelleyebilir. Öte yandan onaylama yanlılığı, işverenlerin önceden sahip oldukları kalıplaşmış düşünceleri doğrulayan maaş teklifleri sunma eğilimini kapsar. Bu çerçevede "genç çalışanlar daha düşük ücreti kabul eder" şeklindeki bir varsayım, adayın gerçek nitelikleri dikkate alınmaksızın düşük maaş teklif edilmesine neden olabilir. Çerçeveleme etkisi açısından bakılırsa maaş teklifinin sunum biçiminin algıyı nasıl değiştirdiğini ortaya koyduğu gözlemlenebilir. Mesela brüt 30.000 TL maaş ifadesi düşük görünürken, aynı ücretin "yıllık toplam 360.000 TL + yan haklar" şeklinde sunulması teklifi daha cazip hâle getirebilir. Tüm bu eğilimler, işveren kararlarının rasyonellikten uzaklaşmasına ve işgücü piyasasında çeşitli verimsizliklerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Aslında davranışsal iktisat, ücret politikalarının daha etkin şekilde tasarlanabileceğini savunur; şeffaf ücret politikaları, kayıptan kaçınmayı azaltan ücret stratejileri, dürtme (nudge) teknikleriyle ücret tasarrufu gibi. İşverenler açısından ücret konusunda en etkili dürtmelerden biri, 'varsayılan seçenek' tasarımlarıdır. Örneğin işverenin ücret paketlerine otomatik olarak bireysel emeklilik katkısı, sağlık sigortası veya ulaşım desteği eklemesi, adayların bu faydaları daha değerli görmesine ve ücret teklifinin bütüncül şekilde değerlendirilmesine yardımcı olur. Varsayılan olarak sunulan yan haklar, çalışanların genel memnuniyetini artırırken, işveren açısından da pozisyonun çekiciliğini yükselten etkili bir davranışsal tasarım niteliği taşır.

Sonuç olarak, işverenlerin karar alma süreçleri; bilişsel önyargılar, psikolojik yönelimler ve sosyal faktörlerin birlikte etkide bulunduğu karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, insan kaynakları uygulamaları, işe alım süreçleri ve ücret belirleme mekanizmalarının davranışsal iktisadın ortaya koyduğu bulgular ışığında yeniden yapılandırılması, işletmelerin daha rasyonel, adil ve etkin kararlar verebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, istihdam kararlarının yalnızca ekonomik değişkenler ve rasyonel tercih modelleriyle açıklanamayacak kadar karmaşık ve çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Geleneksel iktisadın "tam rasyonel birey" varsayımının işgücü piyasasında gözlemlenen davranışları açıklamakta yetersiz kaldığı; bireylerin sosyal normlar, psikolojik süreçler, bilişsel önyargılar ve duygusal tepkiler etrafında şekillenen kararlar aldıkları görülmüştür. Bu çerçevede davranışsal iktisat, istihdam süreçlerinin daha gerçekçi ve insan merkezli bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlayarak ekonomik davranışların sınırlı rasyonellik altında nasıl oluştuğunu anlamaya önemli katkı sunmaktadır.

Çalışma boyunca ele alınan aşırı güven, kayıptan kaçınma, statüko yanlılığı, çapa etkisi, onaylama yanlılığı ve çerçeveleme gibi bilişsel önyargılar hem iş arayanların hem işverenlerin karar alma süreçlerini doğrudan etkilemekte, işgücü piyasasında verimsizlik, yanlış işe alım kararları, ücret adaletsizlikleri ve iş-çalışan uyumsuzluğu gibi sorunlara yol açabilmektedir. Aynı şekilde sosyal normlar, mesleki statü algısı, aile beklentileri ve toplumsal roller, bireylerin iş tercihlerini, iş arama motivasyonlarını ve kariyer yönelimlerini belirleyici bir biçimde şekillendirmektedir.

Bu bulgular, istihdam politikalarının yalnızca ekonomik teşviklere dayandırılmaması gerektiğini; bireylerin psikolojik motivasyonları, sosyal bağlamları ve davranışsal eğilimlerinin dikkate alınarak tasarlanmasının zorunlu olduğunu göstermektedir. Davranışsal iktisat perspektifi, işgücü politikalarının daha kapsayıcı, etkili ve sürdürülebilir hâle getirilmesinde önemli bir araç sunmaktadır.

Sonuç olarak, istihdam piyasasının etkinliği ve adaleti, birey davranışlarını yönlendiren bilişsel ve sosyal dinamiklerin anlaşılmasıyla artırılabilir. Bu nedenle politika yapıcıların, işverenlerin ve insan kaynakları profesyonellerinin, karar süreçlerindeki irrasyonellikleri azaltacak ve davranışsal önyargıları dikkate alacak politika ve uygulamalar geliştirmeleri büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Akın, Zafer & Barış Urhan. "İktisat Deneysel Bir Bilim Olmaya mı Başlıyor?", TOBB Üniversitesi Working Paper, 09:04, Ağustos 2009, 1-24.

Angner, E. & LoewensteinG. (2006).Behavioral Economics. http://sds.hss.cmu.edu/media/pdfs/loewenstein/BehavioralEconomics.pdf.

Bakırcı F., Sarıkaya M. & Bayraktar A. (2021). Bireysel Kararların Davranışsal İktisat Açısından Değerlendirilmesi, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 35(4), 1223-124.

Can Kamber, S. (2018). Davranışsal İktisat ve Rasyonellik Varsayımı: Literatür İncelemesi. Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 7(1), 168-199.

Can, Y. (2012). İktisatta Psikolojik İnsan Faktörü: Davranışsal İktisat. Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi, 4(2), 91-98.

Cengiz, S., & Tekin, B. (2020). Kendine Aşırı Güven ve Kayıptan Kaçınma Önyargıları Yatırım Kararlarında Önemli Bir Faktör Mü? Global Journal of Economics and Business Studies, 9(17), 38-54.

Çetin, E. (2023). İktisadi Davranışların Psikolojik Temelleri: Davranışsal İktisat. Premium E-Journal of Social Sciences (PEJOSS), 7(29 Ekim 100. Yıl Özel Sayısı), 156–161.

Çetin, E. (2023). İktisadi Davranışların Psikolojik Temelleri: Davranışsal İktisat. Premium E-Journal of Social Sciences (PEJOSS), 7(29 Ekim 100. Yıl Özel Sayısı), 156–161. https://doi.org/10.5281/zenodo.10056060

Güneş İ. (2021). İktisat Ve Psikoloji İlişkisi: Davranışsal İktisat. International Journal of Disciplines Economics & Administrative Sciences Studies, 7(30), 450-455. http://dx.doi.org/10.26728/ideas.433

Kanlıoğlu, M. B. (2019). İktisatta Yeni Bir Yaklaşım: Davranışsal İktisat. Uluslararası Bankacılık Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 2(1), 103-116.

Kanlıoğlu, M. B. (2019). İktisatta Yeni Bir Yaklaşım: Davranışsal İktisat. Uluslararası Bankacılık Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 2(1), 103-116.

Kitapcı, İ. (2017). Rasyonaliteden İrrasyonaliteye: Davranışsal İktisat Yaklaşımı ve Bilişsel Önyargılar. Maliye Araştırmaları Dergisi, 3(1), 85-102.

Ruben, E. B. (2013). İktisadın Unuttuğu İnsan. Bağlam Yayıncılık.Ruben, E. & Dumludağ, D. (2015). Davranışsal İktisadın Gelişimi. İktisat ve Toplum Dergisi, (58), 4-9.

Soyer, E. (2018). Davranışsal İktisat ve Politika Geliştirme. İktisatta Davranışsal Yaklaşımlar, Ankara: İmge Yayınevi.

Şeker, M. (2023). Tüketici Davranışlarının Davranışsal İktisat Özelinde Kavramsal Açıdan İnclenmesi. Uluslararası Finansal Ekonomi Ve Bankacılık Uygulamaları Dergisi, 4(2), 34-53. https://doi.org/10.57085/ufebud.1359862

Thaler, R. H. & Camerer, C. (1995). Anomalies: Ultimatums, Dictators and Manners. The Journal of Economic Perspective, 2(9),210. DOI:10.1257/jep.9.2.209

Thaler, R. & Sunstein, C. (2018), Dürtme: Sağlık, Zenginlik ve Mutluluk İçin Alınan Kararları Geliştirmek Üzere. Çev. Enver Günsel, Pegasus yayınları.

Tversky, A. ve Kahneman, D. (1991). Loss Aversion in Riskless Choice: A Reference-Dependent Model. The Quarterly Journal of Economics, 106(4), 1039-1061.

Uluçay, A. P., & Yazıcı, S. (2023). Z Kuşağının Finansal Kararlarını Etkileyen Bilişsel Yanılgılara Yönelik Ölçek Geliştirme ve Geçerlik Çalışması. Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 8(4), 867-884. https://doi.org/10.29106/fesa.1339236

Ünsal, E. (2010). Mikro İktisat, (8. Baskı), İmaj Yayınevi.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

YÖNETSEL DEĞERLER VE YÖNETİCİ PROFİLİ ÜZERİNE BİR KAMU KURUMUNDA ARAŞTIRMA*

İlknur PAKSOY
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İşletme Anabilim Dalı, İşletme Bilim Dalı
ORCID: 0009-0005-2108-0091

*Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (2019)'nden üretilmiştir.

ÖZET
Bu çalışma, kamu kurumlarında görev yapan alt ve orta düzey yöneticilerin iş yapma biçimlerini şekillendiren yönetsel değerleri belirlemek ve bu değerlerin yöneticilerin profilleri ile olan ilişkiyi ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür. Teorik çerçeve; değerler kuramı, değerlerin sınıflandırılması, değerlerin kültür, inanç ve kişilik ile ilişkisi, kültür ve kurum kültürü kavramı başlıkları altında yapılandırılmıştır. Araştırmada yönetsel değerler iki ana eksende ele alınmıştır: birincisi rasyonellik, bireysel başarı, adil olmak, akılcılık, ayrıntılara önem vermek, bilgi paylaşımı, bireyin hak ve özgürlüklerine önem vermek, bilimsellik, yenilikçilik ve performans odaklılık gibi 'Batı kaynaklı' değerler; ikincisi ise, aile bağları, bağımlılık, baskıcılık, bugünü yaşamak, çıkarcılık, dostluk, duygusallık ve gelenekçilik gibi 'yerel' değerlerdir. Bu çalışma; ikili yapı temelinde, demografik (cinsiyet, yaş, eğitim düzeyi, kıdem) ve kurumsal (pozisyon düzeyi, birim, görev süresi) değişkenlere göre değer tercihlerinde anlamlı farklılıklar bulunduğunu öngörmektedir. Nicel araştırma kapsamında; Doğan, Aşkun ve Yozgat (2007) tarafından gerçekleştirilen "Türkiye'de Yönetsel Değerler ve Yönetici Profili Üzerine Bir Araştırma" adlı proje, bu çalışmanın çıkış noktası olarak belirlenmiştir. Söz konusu araştırmanın özel sektörde gerçekleştirilmiş olması ve bu çalışmada kamu kesiminden bir örneklemle karşılaştırma yapılmasına olanak tanınması, araştırmanın özgün yönlerinden birini oluşturmaktadır. İş görme anlayışının boyutlarını belirlemek amacıyla ise Aldemir, Arbak ve Özmen tarafından geliştirilen 58 maddelik "İş Görme Anlayışı Ölçeği" kullanılmıştır. İstanbul'da bir kamu kurumunda görev yapan 145 orta ve alt kademe yönetici ankete katılmıştır. Veri seti; güvenilirlik analizleri, açıklayıcı faktör analizi ve ilişki örüntülerini test etmek üzere korelasyon ve çoklu regresyon yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Bulgular, yöneticilerin genel eğiliminin Batı kaynaklı değerler yönünde yoğunlaştığını, bununla birlikte yerel değerlerin belirli alt gruplarda (örneğin kıdem ve görev süresi yüksek olanlarda) görece daha güçlü temsil edildiğini ortaya koymaktadır. Cinsiyet ve eğitim düzeyi gibi değişkenlerin bazı değer boyutlarında anlamlı farklılıkların gözlemlendiği görülmüştür. Bu sonucun ortaya çıkmasında yerel kaynaklı değerlerin bazılarının olumsuz bir çağrışıma sahip olması, bununla birlikte batı kaynaklı değerlerin daha olumlu çağrışım yapması bu farklılığa neden olduğunu düşündürmüştür. Çalışma, uygulayıcılara yönetsel değer- yönetici profili uyumunu gözeten insan kaynakları politikaları ve performans yönetimi sistemlerinin tasarımında yol gösterici öngörüler sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: yönetsel değerler, yönetici profili, kamu kurumu, Batı kaynaklı değer, yerel değerler, liderlik, örgütsel davranış

A STUDY ON MANAGERIAL VALUES AND MANAGER PROFILE IN A PUBLIC INSTITUTION

ABSTRACT

This study aimed to identify the managerial values that shape the working styles of lower- and mid-level managers in public institutions and to investigate the relationship between these values and their corresponding managerial profiles. The theoretical framework was structured under the headings of value theory, classification of values, the relationship of values with culture, belief, and personality, and the concepts of culture and corporate culture. Managerial values were examined in two main dimensions: the first includes "Western-oriented" values such as rationality, individual achievement, fairness, rational thinking, attention to detail, knowledge sharing, respect for individual rights and freedoms, scientific thinking, innovativeness, and performance orientation; the second includes "local" values such as family ties, dependency, authoritarianism, living for the moment, self-interest, friendship, emotionality, and traditionalism. Based on this dual structure, the study hypothesizes that there are significant differences in value preferences according to demographic (gender, age, education level, seniority) and institutional (position level, department, length of service) variables. Within the quantitative research design, the study by Doğan, Aşkun, and Yozgat (2007) titled "A Study on Managerial Values and Manager Profile in Turkey" was used as a reference point. To determine the dimensions of work understanding, the 58-item "Work Understanding Scale" developed by Aldemir, Arbak, and Özmen was employed. A total of 145 middle- and lower-level managers working in a public institution in Istanbul participated in the survey. The dataset was analyzed using reliability tests, exploratory factor analysis, correlation, and multiple regression methods to examine relationship patterns. The findings indicate that managers predominantly favor Western-oriented values, while local values are more strongly represented among certain subgroups, such as those with higher seniority and longer tenure. It was also observed that variables such as gender and education level led to significant differences in some value dimensions. The fact that some locally derived values carry negative connotations, while Western-oriented values evoke more positive associations, is thought to have contributed to these differences. The study provides guiding insights for practitioners in designing human resource policies and performance management systems that consider the alignment between managerial values and manager profiles.

Keywords: managerial values, manager profile, public institution, Western values, local values, leadership, organizational behavior

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

İŞ YERİ STRESİNİN DEPRESYONA ETKİSİNDE İŞ-AİLE ÇATIŞMASININ ARACI ROLÜ

İlknur PAKSOY
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İşletme Anabilim Dalı, İşletme Bilim Dalı
ORCID: 0009-0005-2108-0091

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, işyeri stresinin depresyon üzerindeki etkisinde iş-aile çatışmasının aracı rolünü incelemektir. Araştırma, kamu çalışanlarının iş yerinde maruz kaldıkları stresin iş ve aile yaşam dengesini nasıl bozduğunu ve bu durumun bireylerin psikolojik sağlıkları üzerindeki etkilerini ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, işyeri stresinin bireyler üzerinde yarattığı baskının, iş-aile çatışması ve depresyon gibi olumsuz sonuçlara nasıl zemin hazırladığını analiz etmektedir. Depresyon, bireyin duygu durumu, düşünceleri ve davranışlarında olumsuz değişimlere yol açarak yaşam doyumunu azaltan, iş performansını düşüren ve sosyal ilişkileri zedeleyen yaygın bir ruhsal bozukluktur. Diğer yandan, işyeri stresi çalışanların karşılaştıkları talepler ile bu talepleri karşılama kapasiteleri arasındaki dengesizlikten kaynaklanan psikolojik bir baskı olarak tanımlanır. Bu baskı yalnızca bireyin ruhsal sağlığını değil, aynı zamanda örgütsel verimliliği ve aile ilişkilerini de olumsuz yönde etkileyebilmektedir. İş-aile çatışması ise, iş yaşamında yaşanan gerilimlerin aile yaşamına taşınması ya da ailevi sorumlulukların iş performansını olumsuz etkilemesi sonucu ortaya çıkan iki yönlü bir süreçtir. Araştırmanın evrenini İstanbul'daki yerel yönetimlerde görev yapan kamu personeli oluşturmaktadır. Basit olasılıklı örnekleme yöntemiyle seçilen 310 katılımcıdan anket yöntemiyle veriler toplanmıştır. Kullanılan Genel İş Yeri Stresi Ölçeği; De Bruin (2018) tarafından geliştirilmiş, Türkçe uyarlaması Teleş (2021) tarafından yapılmıştır. Ölçek toplam 10 maddeden oluşmaktadır ve tek boyutlu bir yapıya sahiptir. Beck Depresyon Ölçeği; Beck, Ward, Mendelson, Mock ve Erbaugh (1961) tarafından geliştirilen ve Türkçe geçerlik-güvenirlik çalışması Hisli (1989) tarafından yapılan Beck Depresyon Ölçeği (BDI), toplam 21 maddeden oluşmakta olup depresyonun farklı belirtilerini ölçen tek boyutlu bir yapıya sahiptir. İş-Aile Yaşam Çatışması Ölçeği; Netemeyer, Boles ve McMurrian (1996) tarafından geliştirilen ve Türkçeye uyarlaması yapılmış olan İş-Aile Yaşam Çatışması Ölçeği, iş yaşamından kaynaklanan taleplerin aile yaşamına olumsuz yansımalarını ve aile yaşamının iş yaşamını olumsuz etkilemesini ölçmektedir. Bulgular, işyeri stresinin çalışanların depresyon düzeyini anlamlı biçimde artırdığını ve bu etkinin kısmen iş-aile çatışması aracılığıyla gerçekleştiğini göstermiştir. Sonuç olarak, işyeri stresinin depresyon üzerindeki etkisinin yalnızca doğrudan değil, dolaylı olarak da ortaya çıktığı; iş-aile çatışmasının bu süreçte önemli bir aracı değişken rolü üstlendiği belirlenmiştir. Bu bulgular, örgütlerin çalışan destek programlarını geliştirmesi, iş-aile dengesi politikalarını güçlendirmesi ve psikolojik dayanıklılığı artırmaya yönelik eğitimlerin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: işyeri stresi, iş-aile çatışması, depresyon, aracı değişken, kamu çalışanları

THE MEDIATING ROLE OF WORK-FAMILY CONFLICT IN THE EFFECT OF WORKPLACE STRESS ON DEPRESSION

ABSTRACT

The purpose of this research is to examine the mediating role of work-family conflict in the effect of workplace stress on depression. It aims to show how workplace stress experienced by public employees disrupts the work-family balance and how this affects their mental health. Specifically, it analyzes how the pressure from workplace stress leads to negative outcomes such as work-family conflict and depression. Depression is a common mental disorder that causes negative changes in mood, thoughts, and behavior, reducing life satisfaction, impairing work performance, and damaging social relationships. Workplace stress is defined as the psychological pressure resulting from an imbalance between job demands and employees' ability to meet those demands. This pressure can negatively affect not only mental health but also organizational productivity and family life. Work-family conflict is a two-way process that occurs when stress from work spills over into family life or when family responsibilities negatively influence work performance. The research sample consists of public employees working in local governments in Istanbul. Data were collected through a survey from 310 participants selected by simple random sampling. The General Workplace Stress Scale, developed by De Bruin (2018) and adapted into Turkish by Teleş (2021), includes 10 items and has a one-factor structure. The Beck Depression Inventory (BDI), developed by Beck, Ward, Mendelson, Mock, and Erbaugh (1961) and validated in Turkish by Hisli (1989), comprises 21 items that measure various symptoms of depression. The Work-Family Life Conflict Scale, developed by Netemeyer, Boles, and McMurrian (1996) and adapted into Turkish, evaluates the negative influence of work demands on family life and vice versa. The findings show that workplace stress significantly increases depression levels among employees, and this effect is partly mediated by work-family conflict. Therefore, workplace stress has both a direct and an indirect impact on depression, with work-family conflict playing a key mediating role. These results underscore the importance of organizations to develop employee support programs, strengthen work-family balance policies, and provide training to improve psychological resilience.

Keywords: workplace stress, work-family conflict, depression, mediator variable, public employees

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ İLE KİŞİŞELLEŞTİRİLMİŞ PAZARLAMA İLİŞKİSİ

Kerim TANIŞ
Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme
ORCID: 0000-0001- 5111-1139

Hilal UYGURTÜRK
Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Bölümü
ORCID: 0000-0002-6925-0150

ÖZET
Son yıllarda önemli gelişmeler kaydeden Artırılmış Gerçeklik teknolojisi hemen hemen her alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada gerçek dünya üzerine dijital öğeler yerleştirip etkileşimli bir deneyim sunan Artırılmış Gerçeklik (AR) teknolojilerinin, veriye dayalı kişiselleştirilmiş pazarlama ile olan ilişkisi ve tüketici üzerindeki önemi incelenmektedir. İlgili literatür taraması yapılarak AR'ın yükselişi, kişiselleştirilmiş pazarlamanın günümüzdeki önemi, tüketici memnuniyeti, güven duygusu, uzun vadeli müşteri ilişkileri, müşteri yaşam boyu değerleri, şeffaflık ve kişisel verilerin kullanımı konularına değinilmiştir. İnternet donanımlı cihazların yaygın hale gelmesi ile AR, pazarlama alanında kullanılmaya başlanmış ve kullanıcı davranışlarının incelenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Son yıllarda tüketicilerin beklentilerinin farklılaşması ile şirketlerin rekabet ortamından kolayca sıyrılabilmeleri için büyük verilerin analiz gerekliliği doğmuş ve teknolojik uygulamalardan yardım alınarak veri analizinin yapılması mümkün olmuştur. Büyük verilerin analizinin önemi ise kişiselleştirmenin gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. AR'ın sunduğu kişiselleştirilmiş deneyim ile müşteri memnuniyetindeki artış doğru bir orantıda ilerlemektedir. Ancak bu durum kişiselleştirilmiş deneyimden memnun olmanın yanı sıra güvenlik ve etik kurallar ihlali endişesini de beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak AR, tüketicinin isteklerini genellemek yerine her bireyi kendine has olarak değerlendirmektedir. Bu nedenle de kişiye özel eşsiz bir deneyim sunabilmek için kullanıcı verilerine ulaşılması gerekmektedir. Kişiselleştirme stratejileri teknolojik yeniliklerle gerçekleştirilirken kullanıcıların verilerinin gizli tutulması, etik kurallara uygunluğu tüketicinin güven duygusunu zedelememesi açısından göz ardı edilmemesi gereken konulardır.
Anahtar Sözcükler: Artırılmış Gerçeklik, Kişiselleştirme, Kişiselleştirilmiş Pazarlama, Müşteri Memnuniyeti, Gizlilik

THE RELATIONSHIP BETWEEN AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY AND PERSONALIZED MARKETING

ABSTRACT
Augmented Reality technology, which has made significant advances in recent years, has begun to be used in almost every field. This study examines the relationship between Augmented Reality (AR) technologies, which overlay digital elements onto the real world and offer an interactive experience, and their impact on consumers. A review of relevant literature explores the rise of AR, the current importance of personalized marketing, consumer satisfaction, trust, long-term customer relationships, customer lifetime values, transparency, and the use of personal data. With the widespread adoption of internet-enabled devices, AR has become increasingly popular in marketing, necessitating the analysis of user behavior.

In recent years, with the evolving expectations of consumers, the need for big data analysis has emerged to allow companies to easily stand out from the competition, making it possible to conduct data analysis with the help of technological applications. The importance of big data analysis stems from the necessity of personalization. The personalized experience offered by AR is directly proportional to the increase in customer satisfaction. However, this situation not only leads to satisfaction with the personalized experience but also raises concerns about security and ethical violations. Consequently, AR evaluates each individual uniquely rather than generalizing consumer desires. Therefore, accessing user data is necessary to deliver a unique, personalized experience. While personalization strategies are implemented through technological innovations, maintaining user data confidentiality and adhering to ethical principles are crucial to avoid undermining consumer trust.
Keywords: Augmented Reality, Personalization, Personalized Marketing, Customer Satisfaction, Privacy

GİRİŞ

Dünya Çapında Ağ'ın ortaya çıkması ve benimsenmesi ile geniş bant internet, akıllı telefonlar, kripto paralar gibi pek çok yeni teknoloji gelişmiştir. Bu teknolojiler pazarlama alanında e-ticarete farklı bir boyut kazandırarak işletmelere maliyet ve iş gücü açısından pek çok fayda sağlamış, aynı zamanda alışılmış rekabet ortamını küresel ve yoğun bir hale getirmiştir. Tüketici davranışlarının dijital temas ile doğrudan etkilendiği bir dönem başlamış, bu yeniliklere uyum sağlayamayan işletmeler cazibesini yitirmeye başlamıştır (Verhoef, ve diğerleri, 2021). Bu bağlamda dijital dönüşüm; bilgi, bilişim, iletişim ve bağlantı teknolojilerinin bir araya gelip işletmeleri köklü değişikliler yapmaya teşvik ederek geliştirmeyi amaçlayan bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır (Vial, 2019). Bu süreç; öncüller, dijital teknolojilerden yararlanma, değer yaratımı ve performans olmak üzere 4 bileşenden yararlanılarak açıklanmaktadır. Artırılmış gerçeklik (AR), üç boyutlu yazıcılar, bulut bilişim, makine öğrenmesi gibi dijital teknolojiler işletmeleri değişime zorunlu kılmaktadır. Dijital dönüşümün ilk unsuru olan öncüller bu değişimi tetikleyen unsurlardır. Dönüşümün ikinci unsuru olan dijital teknolojilerden yararlanma ise bu dönüşümün gerçekleşmesi için uygulanacak stratejilerin geliştirilmesini ortaya koymaktadır. Geliştirilen bu stratejiler pazarlamaya yönelik yeni fırsatlar sunarken işletmelerin kendi aralarındaki iş birliğinin ve iletişiminin gelişmesi de hedeflenmekte böylelikle yeni değer biçimleri oluşmaktadır. Dijital teknolojilerin etkisini değerlendirmek için performans nihai çıktı olarak değerlendirilmektedir. Performansın artması sadece finansal sonuçları değil aynı zamanda müşteri memnuniyetini, marka itibarını ve yenilik kapasitesini de içermektedir (Mikalef & Parmiggiani, 2022).

Gerçekten de dijital dönüşüm işletmenin yapısını özellikle de pazarlama alanını büyük ölçüde değiştirmektedir. Çünkü rekabet ortamının olduğu işletmelerde pazarlama, dijital dönüşüme uyum sağladığı takdirde işlevini tam olarak yerine getirebilmektedir. Bu sayede sadece pazarlama araçları değil aynı zamanda tüketici davranış biçimi de etkilenmektedir. Böylece pazarlama, dönüşümün merkezinde yer alan stratejik bir rol oynamaktadır (Cioppi, Curina, Francioni, & Savelli, 2023).

Günümüzde pazarlama artık müşteri ile ilişkilerini sosyal medya, veri analitiği gibi dijital araçlar üzerinden kurarak kişiselleştirilmiş ve ölçülebilir deneyimler sunmaktadır, bunun sonucunda da müşteri odaklılık ve sürdürülebilir büyüme kapasitesi ön plana çıkmaktadır (Ziółkowska, 2021). Geleneksel pazarlamadaki iletişim ve tanıtım ana unsurları yerini dijital platformlar tasarlamaya ve veri odaklı etkileşimlere bırakmaktadır (Storbacka & Moser, 2020).

Bu çalışmada, Artırılmış Gerçeklik (AR) teknolojilerinin, veriye dayalı kişiselleştirilmiş pazarlama ile olan ilişkisi ve tüketici üzerindeki öneminin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda ilgili literatür taraması yapılarak ilk olarak AR'ın yükselişi, kişiselleştirilmiş pazarlamanın günümüzdeki önemine yer verilmiş, daha sonra tüketici memnuniyeti, güven duygusu, uzun vadeli müşteri ilişkileri, müşteri yaşam boyu değerleri, şeffaflık ve kişisel verilerin kullanımı kapsamında AR ile kişiselleştirilmiş pazarlama arasındaki potansiyel ilişkiye değinilmiştir. Çalışmada son olarak değerlendirme yapılmıştır.

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK (AR) TEKNOLOJİSİNİN YÜKSELİŞİ

Dijital dönüşümün giderek karmaşık bir hal alması bu dönüşümün sadece teknolojik anlamda ele alınmaması gerektiğini göstermektedir. İşletmelerin rakipleriyle yarışabilmesi için teknolojik gelişimi destekleyen ve uygulayan personellerin olması, yönetim biçimlerinin köklü değişimlerden geçmesi gerekmektedir. Bu yönetim becerilerinin gelişebilmesi için yapay zekâ (AI) gibi modern teknolojiler kullanılmaktadır. Dijitalleşme sadece teknolojik değil aynı zamanda insan merkezli bir değişim stratejisi olarak da karşımıza çıkmaktadır (Chatterjee, Chaudhuri, Vrontis, & Jabeen, 2022). Bu durum AR gibi gelişen teknolojilerin sadece dijitalleşme değil, aynı zamanda liderlik desteği, çalışan adaptasyonu, kurumsal kültür gibi konularla da doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

1990 yılında Thomsa P. Caudell tarafından ortaya atılan Artırılmış Gerçeklik (AR) terimi, Boeing firmasında çalışan işçilerin montaj sırasında başlarına taktıkları ekranı tanımlamak için kullanılmıştır. Sanal Gerçeklikten (VR) farklı olarak AR, gerçek dünyanın üstüne dijital öğeleri yerleştirmekten sorumludur. VR ise kullanıcının gördüğü tüm ortamı sanal bir hale dönüştürmektedir. Dolayısıyla VR'ye alternatif olarak çıkarılmış olan AR, daha tasarruflu ve pratik bir modeli ortaya koymaktadır (Caudell & D. W. Mizell, 1992). Carmigniani ve arkadaşları (2011) ise AR'ın sadece başa takılan ekranlarla ya da sadece görme duyusu ile sınırlı olmadığını dokunma, koku ve işitme gibi diğer duyulara da uygulanabileceğini öne sürmektedir. Ayrıca AR, gerçek dünyayı doğrudan ya da dolaylı olarak gerçek zamanlı göstermekte ve gerçek ortama bilgisayarla ekleme yaparak bu ortamı zenginleştirmektedir. VR teknolojisi, kullanıcıyı tamamen sanal bir ortama sokmakta AR ise sanal nesneleri gerçek dünya üzerine gerçek zamanlı yerleştirmektedir (Carmigniani & Furht, 2011). Başarılı bir AR sistemi kullanıcının asıl odak noktasını uygulamaya çekmekte, kişisel bilgilerin güvenliğini sağlamakta ve hafif taşınabilir/ giyilebilir cihazlarla izlemeyi gerçekleştirmektedir (Carmigniani, ve diğerleri, 2011).

İnternet donanımlı mobil cihazların gelişimi ile AR teknolojisi pazarlama alanında da kullanılmaya başlanmıştır. İşletmelerin AR teknolojisini pazarlama faaliyetlerine uyarlamaları ile artırılmış gerçeklik pazarlaması kavramı ortaya çıkmıştır. AR pazarlaması; reklam, hikaye anlatıcılığı, içerik pazarlaması gibi geleneksel pazarlama unsurlarının yanı sıra şirket teknolojisine ya da kullanıcı cihazlarına da uygulanabilmektedir. Sadece ticari faaliyetleri amaç edinmeyen bu pazarlama kâr amacı gütmeyen pazarlamayı da desteklemektedir. Aynı zamanda kullanıcı davranışlarının analizinin gerekliliğini de vurgulamaktadır. AR pazarlaması, markalaşma, satın alma eylemini tetikleme veya satış sonrası hizmeti iyileştirme gibi birden fazla hedefe hizmet etmektedir (Rauschnabela, Felix, & Hinsch, 2019).

2000'li yıllarda IKEA mobil katalog uygulaması ile mobilyaları kullanıcının ev ortamlarına yerleştirip, kullanıcının satın alma kararlarında etkin bir rol oynamıştır. Sonrasında Loreal ve Sephora'nın tüketicilerin ürünleri yüzlerine sanal olarak uygulayabilecekleri makyaj sanal deneme uygulamaları ortaya çıkmıştır. 2016 yılında piyasaya sürülen Pokemon Go oyunu da markaların etkinliklerinde tüketici kullanımını artırmıştır. Bu örnekler AR'ın pazarlama alanındaki kullanımına dair ilk örneklerini oluşturur.

2024 yılında Tokopediabeauty online satış platformu üzerinden tüketicilerin satın alma kararlarını, teknoloji modelini ne kadar benimsediklerini ve marka imajının tüketici algısı üzerindeki etkisini ölçme amaçlı bir araştırma yapılmıştır. AR, müşterilerin ciltlerinde kozmetik ürünlerinin nasıl göründüğüne dair gerçekçi bir ön izleme sunmuş, belirsizlik ve risk algısını azaltarak müşteri memnuniyetini artırmıştır. Kullanıcıların geri bildirimlerine göre AR'ın satın alma kararlarında olumlu bir etki bıraktığı gözlemlenmiştir (Maulana, Campakararang, & Wicaksono, 2024).

AR'ın pazarlamadaki rolü ve pazarlamaya katkısını ölçmek için yapılan bir diğer araştırmada ise 2000-2021 yılları arasında pazarlama alanında AR'ın kullanımı ile ilgili yazılan makaleler taranmış ve pazarlamada AR kullanımı ile ilgili makalelerin son yıllarda artış gösterdiği sonucuna varılmış ancak AR uygulama türlerinin ve işitsel, dokunsal gibi duyusal deneyimlerin etkilerinin daha çok araştırılması gerektiği önerilmiştir (Du, Liu, & Wang, 2022).

AR teknolojisindeki yenilikler ile giyilebilir cihazların ortaya çıkışı pazarlama alanında AR'ın kullanım etkililiğini artırmakta buna bağlı olarak tüketiciye gerçekçi deneyimler sunmaktadır. Bu durum AR'ın endüstriyel alanda uygulama çeşitliliğini zenginleştirmektedir (Du, Liu, & Wang, 2022). Son zamanlarda AR'ın kullanımı, farklı işletim sistemleri arasında deneyim sunan çapraz platformlar sayesinde her ortamda erişilebilir hale gelmektedir. Örneğin kullanıcı AR deneyimini için akıllı telefonunu kullanabilirken, aynı deneyimi web sayfasından da yapabilmekte, ya da fiziksel mağazalarda AR aynaları kullanabilmektedir. Farklı platformlar üzerinden AR deneyimi kullanıcı katılımını ve marka etkileşimini artırırken, kullanıcı davranışlarının takibi gerçekleşmekte ve kişiselleştirilmiş deneyim sunmak kolaylaşmaktadır (Rauschnabela, Felix, & Hinsch, 2019).

KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ PAZARLAMANIN GÜNÜMÜZDEKİ ÖNEMİ

Don Peppers ve Martha Rogers 90'lı yıllarda kişiselleştirilmiş pazarlamanın temeli olan *birebir pazarlama* kavramını literatüre kazandırmışlardır. Peppers ve Rogers gelecek yıllarda pazarlamanın kitlesel değil bireysel olacağını, şirketlerin her bir müşteri ile özel iletişim kurması gerektiğini aksi takdirde rekabet ortamında geri planda kalacaklarını savunmuşlardır (Peppers & Rogers, 1993). 2000'li yıllarda dijitalleşme ile ortaya çıkan kişiselleştirilmiş pazarlama; big data, yapay zekâ ve makine öğrenimi ile veri kullanımını gerçekleştirmiştir (Chandra, Verma, Lim, Kumar, & Donthu, 2022). Birebir pazarlamanın teknolojik olarak evrimleşmesi kişiselleştirilmiş pazarlamayı doğurmuştur. Birebir pazarlamada müşteri temsilcisi ya da e posta gibi araçlar kullanılırken günümüzde algoritmalar, AR filtreleri gibi daha teknolojik araçlar kullanılarak kişiselleştirme sağlanmaktadır.

İşletmelerin pazarlama alanındaki ana hedeflerinden biri müşteri ilişkilerini uzun vadede sürdürebilmektir. Bunun için her müşterinin yaşam boyu değerinin (Customer Lifetime Value) tahmin edilmesi önemlidir. Yaşam boyu değerinin tahmin edilmesi her müşteriyi bireysel olarak analiz etmekten geçmektedir. Bu analizlerin sonucunda geleceğe yönelik tahminler yapılmakta böylelikle müşteriye kişisel imkanlar sunularak daha uzun vadeli iletişim kurulmaktadır. Müşteri yaşam boyu değerinin hesaplanması kesin olarak mümkün olmamakla birlikte gerçekçi bir tahminin yapılabilmesi olasıdır. Müşteri ilişkileri olan kuvvetli işletmelerde, teşvik sunularak müşteri gelecek planlarının belirlenmesi ileriye dönük müşteri potansiyelini belirlemede yardımcı olmaktadır (Peppers & Rogers, 1993). Örneğin, bankaların müşterilere sunduğu otomatik ödeme talimatı müşteri yaşam boyu değerinin tahmin edilmesinde kullanılabilir. Müşterilerin 6 ay, bir sene gibi ileriye dönük verdikleri talimat bankayla düzenli işlem kılınmasını zorunlu hale getirir. Müşterinin başka bir bankaya geçme olasılığı düşer, müşteri sadakati artmış olur. Ayrıca banka bu müşterilerine kredi kartı, nakit avans gibi kişiselleştirilmiş kampanyalar sunabilir.

Müşteri yaşam boyu değerinin tahmin edilebilmesinin bir diğer yolu ise mevcut bilgiler eşliğinde müşterinin geçmiş davranışlarını izlemektir. Müşteri işlem geçmişini kaydeden veri tabanlarına sahip işletmeler, geçmiş işlemleri yaş, cinsiyet gibi demografik özellikler ya da müşterinin ilgi alanları gibi psikografik özellikler ile bağdaştırarak yaşam boyu değeri tahmin etmektedirler (Peppers & Rogers, 1993).

Geçmişten bu yana müşteri beklentileri kaliteli hizmet, adil fiyatlandırma gibi ana unsurlardan oluşmaktadır ancak günümüzde bu beklentiler, proaktif hizmet (öngörülü hizmet), kişiselleştirilmiş etkileşimler, dijital kanallar üzerinden bağlantılı deneyimler gibi özellikler taşımaktadır. Dünya çapında 14.300 tüketici ile yapılan bir araştırma müşterilerin güncel beklentilerinin karşılanmasının işletmeler arası rekabet edebilmenin ön koşulu olduğunu gösterirken, değişen beklentileri de şu şekilde sıralamaktadır (Salesforce Research, 2023):

1. Şirketler arası bölümlerin birbirleri ile iletişim halinde olmaları müşterilerin bilgilerini tekrarlamak zorunda kalmamalarını sağlar.
2. Teknoloji ile kişiselleştirmelerin daha uygulanabilir hale gelmesi ile müşteriler özel bir deneyim imkanına erişebilir.
3. Yapay zekâ kullanımda etik uygulamaların varlığı müşterilerin güveni sağlayabilir.
4. Müşteri verilerinin şeffaf ve güvenli kullanımı müşteriler için önem arz etmektedir.

Tüketiciler kitlesel pazarlama anlayışından uzaklaşarak algoritmaların da dahil olduğu bireylere özgü pazarlama anlayışını benimsemeye başlamışlardır. Excel, SPSS gibi basit istatiksel analizler ya da veri ambarları gibi geleneksel veri yöntemleri, günümüz hızlı ve karmaşık olan büyük verilerin analizinde yetersiz kalmıştır. Dough Laney (2001) büyük veriyi hacim, hız ve çeşitlilik özellikleri ile tanımlamıştır:

Veri hacmi: E-ticaret kanalları, sosyal medya ve diğer dijital sistemler vasıtasıyla büyük miktarda veriler üretilip, depolanmaktadır. Bu verilerin depolanması, analizi ve yönetilmesi oldukça zorlu bir süreçtir. Bu yüzden büyük veri denilen teknoloji ile sürekli artış gösteren bilgiler analiz edilebilmektedir.

Veri hızı: E ticaret aynı zamanda müşteri temas noktaları hızını, sonuç olarak da etkileşimleri desteklemek için kullanılan ve etkileşimlerden üretilen veri hızını artırmıştır. Veri hızını yönetmek temas noktalarının artış hızı ile doğru orantılı hale gelmiştir.

Veri çeşitliliği: Verilerin günümüzde çok farklı kaynaklardan gelmesi bunların bir araya getirilerek bütüncül bir şekilde analiz edilmesi gerekliliğini doğurmuştur.

Dolayısıyla büyük veriler kişiselleştirilmiş deneyimler için birçok olanak sunmaktadır. Yukarıda da bahsedildiği gibi büyük veriler çok farklı kanallardan, hızlı ve çeşitli bir veri akışı sunar. Bu verilerin analitiği, google analytics gibi araçlarla sağlanmakta böylelikle kullanıcının çevrimiçi etkinliklerinin izini sürmek, satın alma davranışlarını tespit etmek kolaylaşmaktadır. Aynı zamanda müşterilerden zamanında geri bildirim almak ve görüş toplamak da mümkün hale gelmektedir (Chen, Chiang, & Storey, 2012).

Ancak kişiselleştirme kişisel verilerin toplanıp analizi ile mümkün olduğundan bu durum veri gizliliği endişelerini de beraberinde getirmiştir. Toplumsal ve ekonomik boyutları olan gizlilik sadece bireysel bir olgu değildir. Pazarlama alanında gizlilik, tüketicinin tutum ve davranışlarını, psikolojisini ve ekonomik etkileri göz önünde bulundurmalıdır. Çünkü gizlilik uygulamaları; satın alma niyeti,bilgilerini paylaşma rızası, yanlış bilgi paylaşma ya da işletme ile ilgili olmusuz yorumlarda bulunma gibi müşteri davranışlarını etkiler. Şirketler açısından veri gizliliği ise müşterinin güvenini kazanmakta önemli bir rol oynamakta bu da performans ve karlılığa etki etmektedir. Gizlilik ihlali durumunda veri sızıntıları ya da kimlik hırsızlığı gibi risklerin ortaya çıkmasından endişe duyan tüketicinin güvenini sağlanması için şirketler bu konuya özen göstermelidir. Ayrıca gönüllü ve devlet düzenlemeleri, gizlilik ihlaline karşı yapılan yaptırımlar da bu süreci desteklemektedir (Martin & Murphy, 2017).

Örneğin, siyasi bir danışmanlık firması olan Cambridge Analytica, kişilik testi uygulaması aracılığıyla milyonlarca facebook kullanıcılarının kişisel bilgilerini kullanıcıların açık rızaları olmadan ele geçirmiş ve algoritmalar kullanarak kişilerin kişisel özelliklerini ve politik tercihlerini saptamıştır. Facebook-Cambridge Analytica Skandalı olarak anılan bu olay küresel kongrelerin yapılmasına, Avrupa Birliği'nin Genel Veri Koruma Yönetmeliği'nin hızlanmasına sebep olurken Facebook'un piyasa değeri bu skandalla 100 milyar dolar düşmüş ayrıca Federal Ticaret Komisyonu'ndan 5 milyon dolardan fazla ceza almıştır. (Raychaudhuri, 2025). Dolayısıyla işletmeler, hem yasal önlemlerle hem de şeffaf veri politikalarıyla kişiselleştirme ve gizlilik arasındaki dengeyi kurmuş olacaklardır.

AR İLE KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ PAZARLAMA ARASINDAKİ POTANSİYEL İLİŞKİYE GENEL BAKIŞ

AR'ın pazarlama sektöründe kullanılması ile tüketicinin markalarla olan etkileşimi önemli ölçüde artmıştır. AR, gerçek fiziksel ortama dijital bir nesne ekleyerek farklı bir etkileşim ortamı sunmakta bu vesile ile tüketicinin marka deneyimini geliştirmektedir. AR sayesinde kullanıcı etkileşimi artmakta ve ürünlerin AR ile reklamlarının yapılması sonucunda tüketicilerin bu ürünlere olumlu davranışlar sergilediği gözlemlenmektedir (Abbas, 2024). Kişisel pazarlamada kişisel verilere dayanılarak bireysel zevklerin ön plana çıkartılması amaçlanmakta böylelikle müşteri memnuniyeti ve bağlılığı sağlanmaktadır (Kaushik & Sharma, 2023). AR ile kişiselleştirilmiş pazarlamanın birlikte kullanımı müşteri deneyimlerini daha etkileşimli ve özgün hale getirmektedir. Bu bölümde, AR teknolojisinin kişiselleştirilmiş pazarlama stratejileriyle nasıl bütünleşebileceği ve tüketici deneyimine olası katkıları genel hatlarıyla incelenecektir.

Ürünün, tüketicinin kendi alanında görselleştirilmesi AR ile mümkün olmakta böylelikle geleneksel etkileşim yerini kişiselleştirilmiş bir etkileşime bırakmaktadır. Yapay zekâ ile desteklenen bu etkileşimler kullanıcılar hakkında bilgi toplamaktadır. Nike'ın AR deneme deneyimi, kullanıcılara mağazaya gitmeden telefonları aracılığıyla ayakkabı denemelerine olanak tanımaktadır. Ayrıca kullanıcının geçmiş satın alımlarına göre ayakkabı numarası veya model önermektedir. Bu durum kişiselleştirmeyi iyileştirirken aynı zamanda iade olasılığını düşürdüğü için sadakati ve memnuniyeti de artırır (Rose, 2024). AR, kullanıcının satın alma geçmişini, kişisel tercihlerini veya konum bilgisini kullanarak kişiye özel bir alışveriş deneyimi sunmaktadır (Poushneh & Vasquez-Parraga, 2017). Endonezya'da AR ve yapay zekanın entegrasyonu ile kişiselleştirilmiş alışveriş deneyimi üzerine yapılan bir araştırmada AR ile kişiselleştirilmiş önerilerin sunulması alışveriş deneyimini geliştirdiği, gerçek zamanlı yapay zekâ desteği ise müşteri hizmetlerini iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca araştırma AR ile sunulan kişiselleştirilmiş ürünleri müşterinin tekrar satın alma olasılığını %20'ye kadar artırabileceğini göstermiştir (Adawiyah, Purwandari, Eitiveni, & Purwaningsih, 2024).

Günümüzde AR ile kişiselleştirme birbirlerini tamamlayıcı unsur olarak görülmektedir. AR'ın sunduğu etkileşim ve canlılık özellikleri kişiselleştirilmiş bir deneyim ortaya çıkarmaktadır. AR sayesinde gerçeklik algısını yüksek boyutta yaşayan tüketicilerin memnuniyet ve satın alma tutumları olumlu bir değişkenlik göstermekte bu durum tüketicinin AR ile bireysel kontrol bir tutum sergilediğini göstermektedir. Örneğin, gözlük alırken AR kullanımı, saat alırken AR kullanımına göre daha tatmin edici olmaktadır (Yim, Chu, & Sauer, 2017).

Diğer yandan yapay zekâ ile desteklenen kişiselleştirilmiş programların AR'a entegresi ile artan etkileşim sayesinde geçmiş davranışlar, bireysel tercihler, tüketici alışkanlıkları gibi özellikler de tespit edilmekte bu durum duygusal bağlılık ve marka sadakati gibi konulara olumlu bir ivme kazandırmaktadır.

Abdelrehim Awad'ın (2025) yaptığı bir araştırmada kişiselleştirme ile AR'ın etkileşimi arasında anlamlı bir bağ bulunmuş, kişiselleştirilmiş deneyim sunan AR ile müşteri etkileşiminde ciddi bir artış gözlemlenmiştir. Kişiselleştirme ile markalar AR deneyimini bireye özgü hale getirebilmekte böylece alışveriş süreci sıradanlıktan çıkmaktadır. Eşsiz bir deneyim yaşayan tüketicinin markaya olan sadakati de artmaktadır. Philip Rauschnabel ve arkadaşlarının AR teknolojisinin tüketici davranışları üzerindeki etkisini ve kişiselleştirilmiş deneyimlerle sunulan AR'ın bu davranışları ne ölçüde güçlendirdiğini ölçmek için yapığı çalışmaya (2019) göre AR, etkileyici ve sürükleyici bir deneyim yaratmakta buna bağlı olarak da müşteri memnuniyeti, tutumsal bağlılığı ve marka aidiyeti artış göstermektedir. Kişiselleştirilmiş öneriler ise belirtilen özellikleri daha da güçlü kılmaktadır. Fakat bazı tüketiciler gizlilik ihlalinin olabileceğinden endişe etmekte bu yüzden AR kullanımından kaçınmaktadır.

Sürükleyici ve eşsiz bir deneyim sunmayı amaçlayan AR, kişiselleştirme özelliklerinden faydalanarak etkileşimi artırmaktadır, fakat bunu yaparken biyometrik, yüz veya konum gibi bilgileri toplamaktadır. Bu durum tüketiciler arasında verilerin kötüye kullanımı endişesini doğurmaktadır. Diğer yandan kişiselleştirme düzeyinin artması müşteri memnuniyeti ile doğru orantılıyken gizlilik söz konusu olduğunda kişiselleştirmenin müdahaleci olduğu düşünülmektedir. Bu çelişki güven kaybına sebep olmaktadır (Sambyal, 2025). Dolayısıyla AR'ın kişiselleştirme boyutunda açık rıza, etik çerçeve, şeffar veri gibi noktalar göz önünde bulundurulmalıdır.

SONUÇ

Bu çalışmada günümüzdeki pazarlama türlerinin teknoloji vasıtasıyla iler bir düzeyde seyrettiği ve bu teknolojilerin özellikle de AR'ın kullanımının pazarlamaya olan katkısı el alınmıştır. Sadece ürün tanıtımında değil aynı zamanda müşteri yolculuğunun birçok aşamasında kullanılan AR, çok yönlü işlevsel bir mekanizma olarak karşımıza çıkmaktadır. AR'ın gerçek ortamla sanal ürünlerin birleşimini sunması ile pazarlama alanında yenilikçi yaklaşımlar benimsenmiştir. AR'ın pazarlamada kullanılması ile rekabetçi ortam daha da yoğun hale gelmiş, markaların uzun soluklu olabilmesi için yenilikleri takip etmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu yüzden AR'ın kişiselleştirilmiş şekilde piyasaya sürülmesi alışveriş deneyimini de daha özel kılmaya başlamıştır. Kişiselleştirmenin olabilmesi için AR uygulamalarının cihaz sensörleri üzerinden topladığı coğrafi veriler, kullanıcı hesabı geçmişi, ziyaret edilen sitelerden edinilen bilgiler kullanılmıştır. Bu bilgiler, tüketici ile mark arasında duygusal bir bağın kurulmasını sağlamıştır. Tüketici, kişiselleştirilmiş AR ile sunulan tekliflere karşı daha olumlu bir tepki göstermiştir.

Kişiselleştirmenin AR'e entegre edilmesi ile müşteri memnuniyeti, marka sadakati, güven duygusu artmış ancak kişisel bilgilerin, konum ya da biyometrik bilgilerin kullanımı tüketicilerde güven duygusunun azalmasına neden olmuştur. AR'ın bu gibi hasssas verileri toplaması veri kullanımının etik boyut sorununu gündeme taşımaktadır. Gelecek çalışmalarda tüketicinin güvenini sağlayacak olan veri gizliliği konularına dair çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Genel olarak bakıldığında AR teknolojisinin kişiselleştirme ile birleşmesi pazarlamada yeni bir devrin başlamasını sağlamış, böylelikle müşteriler satın alım öncesi, satın alım aşaması ve sonrasında AR desteğinden faydalanmışlardır. Ancak tüketicinin AR'ın potansiyelinden tamamen faydalanması etik kurallarının benimsenmesi ve gizlilik ihlallerinin olmamasına bağlıdır. Ayrıca kullancı verilerin toplanmasının amacı açık bir şekilde belirtilmeli, bu verilerin hiçbir şekilde 3. şahıslarca paylaşılmayacağının güveni müşteriye verilmelidir.

KAYNAKÇA

Abbas, Q. (2024, Ocak/Şubat). The Effectiveness of Augmented Reality in Digital Marketing Campaigns. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, s. 49-58.

Adawiyah, S. R., Purwandari, B., Eitiveni, I., & Purwaningsih, E. H. (2024). The Influence of AI and AR Technology in Personalized Recommendations on Customer Usage Intention: A Case Study of Cosmetic Products on Shopee. *Applied Sciences*, s. 5786.

Awad, A. (2025, Ağustos). Augmented Reality as a Tool for Customer Engagement: Impact on Brand Perception in Retail. *TEM Journal*, s. 2111-2123.

Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. *Handbook of Augmented Reality* (s. 3-46). içinde

Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented Reality Technologies, Systems and Applications. *Multimed Tools Appl*, s. 341-377.

Caudell, T. P., & D. W. Mizell. (1992). Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences* (s. 659-669). Kauai: IEEE.

Chandra, S., Verma, S., Lim, W. M., Kumar, S., & Donthu, N. (2022). Personalization in Personalized Marketing: Trends and Ways. *Psychology Marketing*, s. 1529-1562.

Chatterjee, S., Chaudhuri, R., Vrontis, D., & Jabeen, F. (2022). Digital Transformation of Organization Using AI-CRM: From microfoundational perspective with leadership support. *Journal of Business Research*, s. 46-58.

Chen, H., Chiang, R. H., & Storey, V. C. (2012, Aralık). Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly*, s. 1165-1188.

Cioppi, M., Curina, I., Francioni, B., & Savelli, E. (2023, Mart 15). Digital Transformation and Marketing: A systematic and thematic literature review. *Ital. J. Mark.*, s. 207-288.

Du, Z., Liu, J., & Wang, T. (2022, Haziran 16). Augmented Reality Marketing: A Systematic Literature Review and an Agenda for Future Inquiry. *Frontiers in Psychology*.

Kaushik, M., & Sharma, M. (2023). Personalization in Marketing: Customizing the Customer Experience for Greater Engagement. *International Journal for Multidisciplinary Research*, s. 1-10.

Laney, D. (2001). *3D Data Management: Controlling Data Volume, velocity and Variety.* Stamford: Meta Group.

Martin, K. D., & Murphy, P. E. (2017). The Role of Data Privacy in Marketing. *J. of the Acad. Mark. Sci.* , s. 135-155.

Maulana, I., Campakararang, A., & Wicaksono, F. D. (2024, Temmuz). The Effect Of The Use Of Augmented Reality (Ar) On Purchase Decision Of L'oreal Cosmetic Products At Tokopedia Beauty. *Journal Eduvest*, s. 1767-1779.

Mikalef, P., & Parmiggiani, E. (2022). An Introduction to Digital Transformation. *Digital Transformation in Norwegian Enterprises* (s. 1-10). içinde Springer.

Peppers, D., & Rogers, M. (1993). *The One to One Future: Building relationships one customer at a time.* New York: Currency Double Day.

Poushneh, A., & Vasquez-Parraga, A. Z. (2017). Discernible impact of augmented reality on retail customer's experience, satisfaction and willingness to buy. *Journal of Retailing and Consumer Services*, s. 229-234.

Rauschnabel, P. A., Felix, R., & Hinsch, C. (2019). Augmented Reality Marketing: How mobile AR-apps can improve brands through inspiration. *Journal of Retailing and Consumer Services*, s. 43-53.

Rauschnabela, P. A., Felix, R., & Hinsch, C. (2019). Augmented Reality Marketing: How mobile AR-apps can improve brands. *Journal of Retailing and Consumer Services*, s. 43-53.

Raychaudhuri, A. (2025, Ekim). The Facebook-Cambridge Analytica Data Scandal: A Case Study in Ethical AI Failures and Data Privacy Violation. *IRE Journals*, s. 1531-1535.

Rose, E. M. (2024, Haziran 8). *How to Create Personalized AR Marketing Content That Drives Engagement.* builtbyrose: https://builtbyrose.co adresinden alındı

Salesforce Research. (2023). *What Are Customer Expectations, and How Have They Changed?* salesforce: https://www.salesforce.com/small-business/what-are-customer-expectations/ adresinden alındı

Sambyal, R. (2025, Eylül). The Personalization-Privacy Paradox in AR: Consumer Trade-offs Between Hyper-Relevant Experiences and Data Vulnerability. *Advances in Consumer Research*, s. 3934-3943.

Storbacka, K., & Moser, T. (2020, Ekim 26). The Changing Role of Marketing: transformed propositions, processes and partnerships. *AMS Review*, s. 299-310. doi:https://doi.org/10.1007/s13162-020-00179-4

Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021, Kasım). Digital Transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, s. 889-901.

Vial, G. (2019, Mayıs). Understanding Digital Transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems* , s. 118-144.

Yim, M. Y.-C., Chu, S.-C., & Sauer, P. L. (2017, Ağustos). Is Augmented Reality Technology an Effective Tool for E-commerce? An Interactivity and Vividness Perspective. *Journal of Interactive Marketing*, s. 89-103.

Ziółkowska, M. J. (2021, Şubat 26). Digital Transformation and Marketing Activities in Small and Medium-Sized Enterprises. *Sustainability*, s. 1-16. doi:https://doi.org/10.3390/su13052512

E-GÜMRÜK UYGULAMALARININ VERGİ GELİRLERİ ÜZERİNDE ETKİSİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

Meral BAY
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü
ORCID: 0009-0008-9105-9695

Doç. Dr. Aytül BİŞGİN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü
ORCID: 0000-0003-2488-3541

ÖZET
Devletin kamu hizmetlerini sürdürebilmesi için ihtiyaç duyduğu temel gelir kaynaklarından biri vergilerdir. Vergi gelirlerinin etkin şekilde toplanması, kamu açıklarının azaltılması ve vergi adaletinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Dijitalleşme ve bilgi teknolojilerindeki gelişmeler sonucunda, vergi idaresi süreçleri elektronik ortama taşınmış ve e-gümrük uygulamaları önemli bir dönüşüm yaratmıştır. E-gümrük sistemi; işlemlerin hızlandırılması, denetimin güçlendirilmesi ve beyana dayalı vergi sisteminin daha şeffaf hale gelmesini sağlamaktadır. Ancak özellikle e-ticaretin büyümesi ile dijital ürünlerin vergilendirilmesinde farklılıklar ortaya çıkmış, bu da uygulamada çeşitli sorunlara yol açmıştır. Bu sorunların çözümü için hem teknolojik altyapının güçlendirilmesi hem de süreci yönetecek nitelikli uzman personelin artırılması gerekmektedir. Bu çalışma, e-gümrük uygulamalarının vergi gelirleri üzerindeki etkisini incelemekte ve sistemin vergi uyumu ile denetim kapasitesine katkılarını değerlendirmektedir.
Anahtar Kelimeler: E-ticaret, E-vergi, E-gümrük, Vergi Gelirleri, Dijitalleşme

AN EVALUATION OF THE EFFECT OF E-CUSTOMS APPLICATIONS ON TAX REVENUES

ABSTRACT
One of the main sources of income required for the state to sustain public services is taxation. The effective collection of tax revenues is of great importance for reducing public deficits and ensuring tax justice. As a result of digitalization and advances in information technologies, tax administration processes have been transferred to electronic platforms, and e-customs applications have created a significant transformation. The e-customs system accelerates transactions, strengthens supervision, and ensures greater transparency in the declaration-based tax system. However, with the rapid growth of e-commerce, differences have emerged in the taxation of digital products, leading to various practical problems. To address these issues, it is necessary to strengthen technological infrastructure and increase the number of qualified expert personnel to manage the process. This study examines the impact of e-customs applications on tax revenues and evaluates their contributions to tax compliance and audit capacity.
Keywords: E-commerce, E-tax, E-customs, Tax Revenues, Digitalization

GİRİŞ

Küreselleşmenin hız kazandığı 21. yüzyılda dijital teknolojiler, ekonomik faaliyetlerin yapısını köklü biçimde dönüştürmüş ve özellikle ticaret, üretim, lojistik ve kamu maliyesi alanlarında yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Manuel Castells'in (1996) "ağ toplumu" yaklaşımıyla ifade ettiği üzere, bilgi ve iletişim teknolojileri yalnızca ekonomik süreçleri kolaylaştıran araçlar olmaktan çıkmış; toplumsal ve kurumsal yapının yeniden şekillenmesinde belirleyici bir güç haline gelmiştir. İnternetin yaygınlaşmasıyla birlikte ticari faaliyetlerin zaman ve mekân sınırlarından bağımsız bir hâle gelmesi, Don Tapscott'un (1995) "dijital ekonomi" kavramsallaştırmasında vurguladığı gibi, ekonomik örgütlenmenin temel dinamiklerini kökten değiştirmiştir. Bu dönüşümün en görünür etkilerinden biri, elektronik ticaretin küresel düzeyde hızla yaygınlaşmasıdır. UNCTAD (2021) ve OECD (2022) verilerine göre e-ticaret hacmi dünya ticaretinin en dinamik bileşenlerinden biri haline gelmiş; hem mal hem de hizmet ticaretinde dijital kanallar başat bir rol oynamaya başlamıştır. Ancak e-ticaretin bu hızlı yükselişi, özellikle vergi idaresi ve gümrük işlemleri açısından geleneksel denetim ve vergilendirme mekanizmalarını zorlayan yeni bir yapıyı beraberinde getirmiştir. Dijital ürünlerin fiziki varlığının olmaması, işlemlerin uluslararası platformlar üzerinden gerçekleşmesi ve firmaların çoklu ülkelerde eş zamanlı faaliyet yürütebilmesi, "nerede, ne zaman ve nasıl vergilendirileceği" sorusunu mali idareler açısından kritik bir sorun hâline getirmiştir (OECD, 1998; IMF, 2019).

Bu bağlamda devletler, gelir kayıplarını önlemek, vergi uyumunu artırmak ve dış ticarette şeffaflığı sağlamak amacıyla gümrük işlemlerini dijital ortama taşıma yönünde kapsamlı adımlar atmıştır. Elektronik beyan, elektronik arşivleme, anlık veri paylaşımı ve risk analizine dayalı kontrolleri içeren e-gümrük uygulamaları, sadece işlem sürelerini azaltmakla kalmamış; vergi gelirlerinin doğru, hızlı ve eksiksiz tahsil edilmesine yönelik bir dönüştürücü etki yaratmıştır. Dünya Gümrük Örgütü'nün (WCO) SAFE Framework (2005) belgesinde vurguladığı gibi, dijital gümrük sistemleri modern ticaretin ayrılmaz bir unsuru hâline gelmiş; sınır yönetiminde güvenlik, izlenebilirlik ve hesap verebilirlik standartlarını yükseltmiştir.

Türkiye'de de dijital dönüşümün kamu mali yönetimine yansıması çerçevesinde e-devlet, e-fatura, e-arşiv, e-tebligat ve e-gümrük gibi uygulamalar hızla yaygınlaşmıştır. Gümrük işlemlerinin elektronik ortama taşınmasıyla birlikte hem işlem maliyetleri azalmış hem de vergi kayıp ve kaçaklarının önlenmesine yönelik denetim kapasitesi güçlenmiştir. Özellikle düşük değerli gönderilere yönelik muafiyetlerin kaldırılması, sınırda dijital doğrulama mekanizmalarının devreye alınması ve risk yönetimi modellerinin iyileştirilmesi, vergi gelirleri üzerinde doğrudan etkiler yaratmıştır. Öte yandan e-ticaretin doğası gereği ortaya çıkan izlenebilirlik sorunları, dijital ürünlerin vergilendirilmesinde yaşanan hukuki boşluklar ve çok uluslu platformların vergisel yükümlülüklerinin tespitindeki güçlükler, mali idarelerin karşılaştığı temel zorluklar arasında yer almaktadır. Bu noktada, blockchain teknolojisi gibi yenilikçi çözümler, gümrük süreçlerinde şeffaflığı artırması, işlemleri geri döndürülemez biçimde kaydetmesi ve sahteciliğin önlenmesine katkı sağlaması nedeniyle uluslararası literatürde giderek önem kazanmaktadır (Nakamoto, 2008; Yang et al., 2021).

Bu çalışma, dijital dönüşüm sürecinin gümrük işlemlerine yansıması sonucunda ortaya çıkan **e**-gümrük uygulamalarının vergi gelirleri üzerindeki etkisini analiz etmektedir. Çalışmada e-gümrüğün işlem hızına, maliyetlere, denetim etkinliğine ve vergi uyumuna sağladığı katkılar değerlendirilmekte; bunun yanında dijital ticaretin vergilendirilmesinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri ele alınmaktadır. Böylece çalışma, hem kamu maliyesinde dijitalleşmenin rolünü tartışmakta hem de modern vergi idaresinin geleceğine ilişkin bütüncül bir değerlendirme sunmaktadır.

İNTERNET, DİJİTALLEŞME VE TİCARETİN E-DÖNÜŞÜMÜ

Türkiye'de internetle ilgili ilk çalışmalar, 1991 yılında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ile Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) iş birliğiyle başlatılmıştır. Ülkemizin ilk internet bağlantısı ise 1993 yılında gerçekleştirilmiş ve bu bağlantıyı ilk olarak ODTÜ kullanmıştır. Ardından, Boğaziçi, Bilkent, İstanbul ve Ege Üniversiteleri de internet erişimini kullanmaya başlamıştır (Demirdöğmez vd., 2018).

E-ticaret kavramı, yalnızca mal ve hizmetlerin internet, e-posta, televizyon, telefon ya da faks gibi araçlar aracılığıyla alım satımını değil; aynı zamanda bu araçlar üzerinden üretim, dağıtım, depolama ve tanıtım gibi faaliyetlerin yürütülmesini de içermektedir. Başka bir ifadeyle e-ticaret; yazı, ses ve görüntü biçimindeki dijital ürünler ile eğitim, finans, muhasebe gibi dijital hizmetlerin internet ve diğer iletişim araçları üzerinden ticaretinin gerçekleştirilmesi sürecidir (Organ ve Çavdar, 2012).

Dijitalleşme kavramı ise, analog bilginin dijital teknoloji aracılığıyla işlenebilir dijital verilere dönüştürülmesini ifade eden teknik bir süreçtir. Bu süreç, bilginin yapılandırılarak dijital kanallar üzerinden erişilebilir bir biçime getirilmesi anlamına gelmektedir.

Bununla birlikte dijitalleşme, yalnızca teknik bir dönüşüm değil; bireysel, toplumsal ve kurumsal düzeylerde yeni teknolojilerin benimsenmesiyle ortaya çıkan sosyo-teknik bir olgu olarak da değerlendirilmektedir (Eriksson ve Puetzold, 2019). Dijitalleşme, normalde bir araya gelme olasılığı düşük olan potansiyel satıcı ve alıcıların iletişim kurmasını kolaylaştırmakta, bilgi asimetrisinden kaynaklanabilecek sorunların şeffaflık yoluyla azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu süreç, yeni pazar alanlarının ve iş modellerinin ortaya çıkmasına da zemin hazırlamaktadır (World Bank, 2016). Dijital dönüşüm ise sanayi merkezli üretim anlayışından farklı olarak, bilgi paylaşımı ve iş birliğine dayalı, teknoloji odaklı bir yapı oluşturmayı ve yüksek katma değer yaratmayı hedeflemektedir. Bilgi ve İletişim Teknolojilerindeki (BİT) hızlı gelişmeler sonucu ortaya çıkan dijital dönüşüm, aynı zamanda "Endüstri 4.0" olarak adlandırılan Dördüncü Sanayi Devrimi'ne geçiş sürecini temsil etmektedir. Endüstri 4.0; üç boyutlu yazıcılar, yapay zekâ, robotik sistemler ve bulut bilişim gibi teknolojilerdeki yeniliklerle birlikte, ekonomik değere sahip nesnelerin BİT aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurduğu "akıllı üretim" dönemine işaret etmektedir (Şekkeli ve Bakan, 2018).

E-VERGİLENDİRME SİSTEMİ

Elektronik ticaretin vergilendirilmesine ilişkin ilk sistematik çalışmaların, 8 Ekim 1998 tarihinde OECD Mali İşler Komitesi tarafından düzenlenen Ottowa Konferansı'nda ele alındığı görülmektedir. Bu konferansta, e-ticaretin vergilendirilmesine yönelik temel ilkeler tartışılmış ve mevcut vergilendirme prensiplerinin dijital ticaret faaliyetleri için de geçerli olması gerektiği karara bağlanmıştır.

Belirlenen bu ilkeler arasında; yeni vergilerin ihdas edilmemesi, uluslararası düzeyde ortak bir yaklaşım benimsenmesi, çifte vergilendirmenin önlenmesi, uygulanan vergi sisteminin sade, şeffaf ve uygulanabilir olması, vergilemede tarafsızlık ilkesine uyulması, ayrıca adalet, etkinlik ve verimlilik gibi temel değerlerin gözetilmesi yer almaktadır. Bunun yanında, vergi sisteminin dinamik ve esnek bir yapıya sahip olması gerektiği de vurgulanmıştır (Ortakarpuz, 2022).

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde (BİT) yaşanan hızlı gelişmeler, e-ticaretin kısa sürede yaygınlaşmasına ve toplam ticaret hacminde önemli bir paya ulaşmasına yol açmıştır. Ancak bu büyüme beraberinde çeşitli sorunları da gündeme getirmiştir. E-ticaretin en önemli zorluklarından biri, gerçekleştirilen işlemlerin izlenmesinin ve takibinin güç olmasıdır. Bu durum, vergi denetiminin etkin biçimde yürütülmesini zorlaştırmakta ve geleneksel ticaretle karşılaştırıldığında önemli bir fark yaratmaktadır.

E-ticaret faaliyetlerinin belirlenmesi ve denetlenmesi sürecinde ülkeler ciddi güçlüklerle karşı karşıya kalmaktadır. Dolayısıyla, e-ticaretin sunduğu kolaylıkların yanında, vergi denetimi açısından önemli riskler de söz konusudur. Bu bağlamda, elektronik ortamda gerçekleştirilen işlemlerde ürün ve hizmet akışının izlenmesindeki zorluk, vergi denetiminin etkinliğini azaltan temel sorunlardan biri olarak öne çıkmaktadır (Çavdar, 2017).

E-ticaret kapsamında "iş yeri" kavramının tanımı da büyük önem taşımaktadır. E-ticaret faaliyetleri genellikle bir web sunucusuna (server) bağlı internet siteleri üzerinden yürütülmektedir. Bu sunucular istenilen ülkede konumlandırılabildiği gibi, farklı ülkelerdeki "ayna (mirror) web siteleri" üzerinden yönlendirme yapılması da mümkündür. Bu durum, web sitelerinin bir "iş yeri" olarak kabul edilip edilmeyeceği tartışmasını gündeme getirmektedir. OECD'ye göre, e-ticaret işlemini gerçekleştiren tarafın bulunduğu ülke ile sunucunun yer aldığı ülke arasında bir çifte vergilendirmeyi önleme anlaşması mevcutsa, sunucunun varlığı, satıştan doğan gelirlerin vergilendirilmesi için yeterli kabul edilmektedir. Ancak satış yapan tarafın web sitesi, satışın gerçekleştiği ülkede kendisine ait olmayan bir sunucu üzerinden barındırılıyorsa, bu durumda "sabit iş yeri" şartı oluşmadığından, bu tür işlemler vergilendirilememektedir (Pehlivan ve Öz, 2011).

Öte yandan, e-ticaretin vergi denetimi açısından bazı avantajları da bulunmaktadır. Elektronik ortamda gerçekleştirilen işlemlerin büyük hacmine rağmen, tüm işlemlerin dijital ortamda kayıt altına alınması, denetim süreçlerinde önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Ancak bu avantajlar daha çok fiziksel ürünlerin ticareti ve vergiye uyumlu mükellefler için geçerlidir. E-ticarette gerçekleştirilen işlemlerin dijital olarak kaydedilmesi ve çoğunlukla aracı platformlar üzerinden yürütülmesi, vergi denetiminin şeffaflığını ve etkinliğini artıran unsurlar arasında yer almaktadır (Çavdar, 2017).

E-GÜMRÜK KAPSAMI

Gümrük vergileri, tanımı gereği dış ticaret işlemleri kapsamında alım ve satıma konu olan malların ithalatı veya ihracatı sırasında tahsil edilmesi öngörülen vergileri ifade etmektedir. Uluslararası ticarette işlem gören malların ithali ya da ihracına bağlı olarak alınan bu vergiler, genel olarak "gümrük vergileri" kavramı altında değerlendirilmekle birlikte, söz konusu vergilerin her biri kaynaklarını farklı yasal düzenlemelerden veya kanunlardan almaktadır. Dolayısıyla, gümrük vergileri ortak bir tanım çerçevesinde yer alsa da uygulama esasları ve yasal dayanakları bakımından çeşitli mevzuatlarda ayrı ayrı ele alınmıştır. Bununla birlikte, dış ticaret ve gümrük işlemlerinin kendine özgü yapısı, bu işlemler kapsamında tahsil edilmesi öngörülen vergilerin usul ve esaslarının, dahili vergilere uygulanan 213 sayılı Vergi Usul Kanunu hükümlerinden ayrı olarak düzenlenmesini zorunlu kılmıştır (VUK, md. 2). Bu nedenle, eşyanın ithalatı veya ihracatı durumunda gümrük vergileri tanımı altında toplanan söz konusu vergilerin her biri, 4458 sayılı Gümrük Kanunu (GK) çerçevesinde gümrük vergisine ilişkin usul ve esaslara tabi tutulmaktadır (GK, md. 3/8, 3/9, 3/10). Günlük kullanımda çoğunlukla ithalat ve ihracat işlemlerine uygulanan bir vergi türü olarak tanımlanan gümrük vergisi, gümrük yükümlülüğünün başladığı tarihte yürürlükte bulunan gümrük tarifesinde belirtilen esaslar ve oranlar dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu vergi, eşyanın ithalatı veya ihracatı durumunda tahsili öngörülen çeşitli gümrük vergilerinden yalnızca birini oluşturmaktadır (Kaya ve Doğan, 2020).

E-ticaretin vergilendirilmesi açısından bakıldığında, Gümrük Vergisi Kanunu çerçevesinde karşılaşılan temel sorun, dijital ürünler ile fiziksel mallar arasındaki yapısal farktan kaynaklanmaktadır. Mevcut kanun yalnızca fiziksel nitelikteki malları kapsamakta; internet üzerinden indirilebilen dijital ürünler veya sanal hizmetler bu kapsama dahil edilmemektedir. Bu durum, dijital ürünlerin gümrük mevzuatında açık şekilde tanımlanmamış olması nedeniyle yasal boşlukların oluşmasına yol açmaktadır (Organ ve Çavdar, 2012).

Türkiye, OECD'nin düşük değerli mallar üzerindeki "gümrük muafiyetinin kaldırılması" yönündeki önerisi doğrultusunda, bu kapsamdaki muafiyetleri sıfırlamıştır. Bu düzenleme sayesinde hem yurt içi üretici ve satıcılar aleyhine ortaya çıkan haksız rekabetin önüne geçilmesi, hem de devletin vergi gelirlerindeki kayıpların azaltılması amaçlanmıştır (Mert ve Bayar, 2020).

BLOCKCHAIN TEKNOLOJİSİNİN GÜMRÜK İŞLEMLERİNDE ETKİSİ

Günümüzde blokzincir (blockchain) teknolojisi, özellikle Bitcoin ve diğer kripto para birimleri ile yakından ilişkilendirilmekte ve çoğu zaman bu kavramlarla özdeş bir biçimde kullanılmaktadır. Bunun temel nedeni, Bitcoin ve benzeri kripto paraların işleyişinin esasen blockchain altyapısına dayanmasıdır. Bu kapsamda, blockchain teknolojisinin ilk somut uygulaması Bitcoin dijital para birimi olmuştur. Söz konusu teknoloji, kimliği hâlâ bilinmeyen Satoshi Nakamoto tarafından 2008 yılında yayımlanan "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" adlı makalede tanımlanmıştır. Nakamoto bu çalışmada hem Bitcoin sistemini açıklamış hem de blockchain teknolojisinin çalışma prensipleri ile sağlayacağı avantajlardan söz etmiştir. Nakamoto'ya göre blockchain, blokların bir zincir yapısı aracılığıyla birbirine bağlandığı bir veri organizasyonu sistemidir (Öztürk ve Sülüngür, 2021).
Yang ve arkadaşları (2021), blockchain teknolojisini geleceğin internet kullanım alışkanlıklarını kökten değiştirme potansiyeline sahip yıkıcı (disruptive) bir teknoloji olarak değerlendirmektedir. Blockchain temelde bir şifreleme protokolü olarak işlev görmekte olup, belirli yazılım kuralları aracılığıyla verilerin güvenli bir biçimde saklanmasını, izlenmesini ve doğrulanmasını sağlamaktadır (Carda & Biyan, 2021).
Blockchain sistemini güvenli kılan en önemli unsurlardan biri, yapısının değiştirilemez (immutability) özelliğidir. Sisteme kaydedilen her veri geçmişe dönük olarak blok zincirinde yer almakta; bir kez eklendikten sonra silinmesi veya değiştirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu durum, sistemin geri döndürülemez kayıt yapısını oluşturmakta ve kullanıcı açısından güven unsuru yaratmaktadır. Ayrıca ağ üzerinde herhangi bir hata meydana gelse dahi, sistemin dağıtık yapısı sayesinde verilerin güvenliği korunmakta ve işlemler kesintisiz şekilde sürdürülebilmektedir. Blockchain teknolojisi, zaman ve mekân sınırlaması olmaksızın hızlı işlem yapma olanağı sunarken aynı zamanda işlem maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Ağ üzerindeki tüm katılımcıların aynı bilgilere erişebilmesi ve herhangi bir değişikliğin tüm kullanıcıların onayı olmadan gerçekleştirilememesi, sistemin şeffaflık ve güvenilirlik özelliklerini pekiştirmektedir (Özsomuncu, 2021).
Bununla birlikte, blockchain teknolojisinin hızlı gelişimi bazı hukuksal ve yönetsel zorlukları da beraberinde getirmiştir. Teknolojinin getirdiği yeniliklerin mevcut ulusal yasalarla uyumlu hale getirilmesinde yaşanan güçlükler, hem yerel hem de uluslararası düzeyde önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca blockchain sisteminin zaman zaman yasa dışı faaliyetlerde veya kara para aklama gibi işlemlerde kullanılması, devletler açısından ciddi bir endişe kaynağıdır. Bunun yanında, sistemin sürekli büyüyen kayıt defteri yapısı veri depolama kapasitesi açısından uzun vadede teknik zorluklar yaratmaktadır. Merkezi bir otoriteye bağlı olmayan bu yapı, diğer bir ifadeyle merkezsiz (decentralized) doğası nedeniyle, bazı ülkelerde vergi kayıplarına yol açma potansiyeline de sahiptir (Kaplanhan, 2018).

SONUÇ

Bilgi işlem teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, kamu yönetiminden özel sektöre kadar tüm alanlarda köklü bir dijital dönüşümü beraberinde getirmiştir. Bu dönüşümün dış ticaret süreçlerine yansıması ise özellikle gümrük işlemlerinde önemli bir modernizasyon ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Dijitalleşme süreci bir yandan üretici–tüketici etkileşimini kolaylaştırmış, ticaretin mekânsal sınırlarını ortadan kaldırmış ve işlem hızını artırmış; diğer yandan ise vergi kayıp ve kaçaklarına ilişkin yeni risk alanları doğurmuştur. Bu nedenle, e-ticaret hacminin hızla büyümesiyle birlikte ülkeler açısından temel sorunlardan biri, uluslararası dijital işlemlerin hangi ülke tarafından ve hangi yöntemle vergilendirileceği sorusu haline gelmiştir. Gümrük kıymetinin doğru belirlenmesi, dış ticarete konu eşyanın tespiti, belgelerin elektronik ortamda doğrulanması ve beyan süreçlerinin tutarlılığı, gümrük vergilerinin doğru tahsilatı açısından kritik öneme sahiptir. Gümrük kıymetinin tespitine ilişkin süreçler, mevzuatın teknik yapısı nedeniyle hem uzmanlık hem de gelişmiş bir örgütsel kapasite gerektirmektedir. Bu bağlamda gümrük idarelerinin yalnızca işlem yapan bir birim olmaktan çıkıp, risk yönetimi, veri analizi ve elektronik denetim yetkinliğine sahip modern kurumlara dönüşmesi gerekmektedir. Nitekim uluslararası standartlar da (OECD, WCO, UNCTAD) dijital gümrük uygulamalarının; kayıt dışılığın azaltılması, belge düzeninin güvence altına alınması ve ticaretin daha şeffaf yürütülmesi açısından belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu dönüşüm içerisinde blockchain teknolojisi, hem gümrük hem de vergi idaresi açısından yenilikçi ve güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. Blockchain'in değiştirilemez kayıt yapısı, dağıtık doğrulama mekanizması ve yüksek şeffaflık düzeyi; özellikle belge sahteciliğinin azaltılması, işlem zincirinin izlenebilirliğinin artırılması ve gümrük süreçlerinin hızlandırılmasında önemli avantajlar sunmaktadır. Ulusal ve uluslararası ticarette dijital veri akışının tek bir ağ üzerinden güvenli biçimde yönetilebilmesi, vergi gelirlerindeki kayıpların azaltılması ve denetim kapasitesinin güçlendirilmesine katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, e-gümrük uygulamaları ve blokzincir tabanlı çözümler; dış ticaret işlemlerinde şeffaflık, doğruluk ve etkinlik sağlayarak vergi gelirlerinin korunması ve artırılması yönünde önemli imkânlar sunmaktadır. Dijitalleşmenin beraberinde getirdiği risklerin yönetilebilmesi ve vergi kayıplarının önlenebilmesi için gümrük idarelerinin teknolojik altyapısını güçlendirmesi, insan kaynağını nitelikli uzmanlarla desteklemesi ve uluslararası standartlarla uyumlu bir dijital denetim mimarisi oluşturması gerekmektedir. Bu çerçevede, dijital dönüşümün sunduğu olanaklar doğru yönlendirildiğinde hem Türkiye'de hem de küresel düzeyde dış ticaretin daha güvenli, hızlı ve verimli bir yapıya kavuşacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Carda, H., & Biyan, Ö. (2021). Blok zincir teknolojinin vergi hukuku açısından değerlendirilmesi [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. T.C. Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Anabilim Dalı, Bandırma.

Castells, M. (1996). *The rise of the network society*. Oxford: Blackwell.

Çavdar, F. (2017). Elektronik ticaretin vergi denetimi üzerinde etkileri. Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi, 9(1).

Demirdöğmez, M., Gültekin, N., & Taş, H. Y. (2018). Türkiye'de e-ticaret sektörünün yıllara göre gelişimi. Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 2216–2236.

Eriksson, Y., & Puetzold, K. (2019). Human behaviour in design. Proceedings of the 2nd SIG Conference, 130–174.

International Monetary Fund (IMF). (2019). *Corporate taxation in the global economy*. Washington,DC: IMF.

Kaplanhan, F. (2018) Kripto Paranın Türk Mevzuatı Açısından Değerlendirilmesi: Bitcoin Örneği. Vergi Mevzuatı ve Maliye Teorisi dergisi, 41(353): 105-123.

Kaya, M., & Doğan, A. (2020). Dış ticarete konu eşyanın vergilendirilmesinde gümrük kıymetinin rolü, beyanı ve kontrolü. Gümrük Ticaret Dergisi, 7(19), 10–24.

Mert, H., & Bayar, E. (2020). Digital economy, taxation and problems encountered. Press Academia Procedia Global Business Research Congress, 11(6), 28–33.

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

Organ, İ., & Çavdar, F. (2012). Elektronik ticaretin vergilendirilmesinde uluslararası alanda yaşanan sorunlar. İnternet Uygulamaları ve Yönetim Dergisi, 3(1), 64–84.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (1998). *Electronic commerce: Taxation framework conditions*. Ottawa Ministerial Conference. https://www.oecd.org/ctp/consumption/1923256.pdf

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). *OECD digital economy outlook 2022*. Paris: OECD Publishing.

Ortakarpuz, M. (2022). Sınır ötesi elektronik ticarette vergilendirme sorunları ve sorunların çözümüne yönelik uygulamalar. Vergi Raporu, 274, 11–32.

Özsomuncu, C. (2021). Tedarik zincirinde blokzincir teknolojisinin kullanımı: Gümrük sektörü üzerine bir uygulama [Yüksek lisans tezi]. İstanbul Arel Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Öztürk, L., & Sülüngür, E. (2021). Uluslararası ticarette akıllı sözleşmeler. In P. D. Kutlu & A. G. Karabacak (Eds.), Uluslararası ticaret ve lojistikte güncel yaklaşımlar ve değerlendirmeler (ss. 109–129). Efe Akademik Yayınevi.

Pehlivan, O., & Öz, E. (2011). Uluslararası vergilendirme. Trabzon: Derya Kitabevi.

Şekkeli, H., & Bakan, İ. (2018). Endüstri 4.0'ın etkisiyle lojistik 4.0. Journal of Life Economics, 5, 17–36.

Tapscott, D. (1995). *The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence*. New York: McGraw-Hill.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2021). *Digital economy report 2021: Cross-border data flows and development*. Geneva: UNCTAD. https://unctad.org/publication/digital-economy-report-2021

World Bank. (2016). World development report 2016: Digital dividends (pp. 1–136). http://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016

World Customs Organization (WCO). (2005). *SAFE framework of standards to secure and facilitate global trade*. Brussels: WCO.

Yang, R., Yu, Q., Xu, Q., Li, Z., & Xie, H. (2021). Blockchain-based innovations for supply chain and logistics management. *IEEE Access*, 9, 24202–24221. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056258

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

KÜRESEL TICARETTE YÜKSELEN EĞILIM: TARIFE DIŞI ENGELLER

Mirhan AYDINALP
Selçuk Üniversitesi, SBE, İktisat Ana Bilimdalı
ORCID: 0009-0009-0938-7751

Prof. Dr. Mehmet ALAGÖZ
Selçuk Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü
ORCID: 0000-0001-9961-4616

Özet
Küreselleşme ile artan iletişim ve ulaşım olanakları, ülkeler arasında mal ve hizmet akışını kolaylaştırarak dış ticaretin önemini artırmıştır. Ancak uluslararası rekabetin yarattığı ekonomik dengesizlikler ve küresel ekonomideki ekonomik bloklaşmalar ülkelerin korumacılık politikalarını yeniden gözden geçirmesine neden olmuştur.
Günümüzde dış ticarette korumacılık, yerli üreticiyi dış rekabete karşı korumak ve ödemeler dengesini iyileştirmek amacıyla uygulanan bir politika olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle 2008 mortgage krizi ve 2019 pandemisi ile birlikte küresel ekonomideki yaygın kullanımı daha belirgin hale gelmiştir. Teorik literatürde bu politikalar iki ana başlık altında incelenir: tarifeler ve tarife dışı engeller. Tarife dışı engeller, gümrük tarifeleri dışında mal ve hizmet akımlarını etkileyen her türlü idari, mali veya miktar kısıtlamalarıdır. Bu uygulamalar, genellikle ithalatın miktarını, fiyatını veya her ikisini birden kontrol etmeyi amaçlamaktadır. Ancak bunun yanında dış ticareti engellemeye yönelik politikalar sadece ithalatı değil, ihracatı da engellemeye yönelik politikalarda olabilmektedir. Bu tür tarife dışı engellerin en fazla karşı karşıya kalındığı alan ise tarım sektörüdür
Tarife dışı engeller üç ana grupta toplanabilir: miktar kısıtlamaları, mali engeller ve idari-teknik engeller. Miktar kısıtlamaları arasında kotalar, gönüllü ihracat kısıtlamaları ve ithalat yasakları yer alır. Mali engeller kapsamında anti-damping vergileri, ihracat sübvansiyonları ve ek gümrük vergileri uygulanmaktadır. İdari ve teknik engeller ise ithalat lisansları, menşe kuralları, gümrük değerleme prosedürleri gibi bürokratik önlemleri içermektedir.
Küresel ekonomide özellikle tarım ürünleri, Türkiye'de ise tarım ürünleri, tekstil ve çelik sektörlerinde çeşitli tarife dışı araçlar kullanmaktadır. Örneğin, canlı hayvan ithalatında dönemsel kısıtlamalar, dampingli ürünlere yönelik ek vergiler ve ithalat gözetim uygulamaları bu araçlar arasında yer alır. Tarife dışı engellerin temel amacı, yerli üretimi ve ulusal pazarları dış rekabete karşı korumak, istihdamı sürdürmek ve dış ticaret dengesini sağlıklı bir seviyede tutmaktır.
Anahtar Kelimeler: Dış Ticaret, Tarife Dışı Engeller, Korumacılık Politikası

NON-TARIFF BARRIERS AS A FORM OF INTERVENTION IN INTERNATIONAL TRADE

Abstract
The rapid advancement of globalization and the resulting increase in communication and transportation capabilities have significantly strengthened cross-border trade. While international trade fosters economic growth, improves product quality, and enhances competition, it has also created imbalances that encourage some countries to adopt protectionist trade policies. Protectionism aims to protect domestic industries from foreign competition, improve the balance of payments, and maintain employment levels. These policies are examined under two main categories: tariffs and non-tariff barriers.

Non-tariff barriers include all administrative, financial, and quantitative measures that affect the flow of goods and services without directly applying customs taxes. These measures generally aim to control the quantity, price, or both regarding imported goods. Non-tariff barriers may be classified into three main categories: quantitative restrictions, financial barriers, and administrative-technical measures. Quantitative restrictions include quotas, voluntary export restraints, and import bans. Financial barriers consist of anti-dumping duties, export subsidies, and additional customs taxes. Administrative and technical barriers include import licensing, rules of origin, customs valuation procedures, and various standardization and compliance regulations.
Türkiye actively applies non-tariff measures in several sectors such as agriculture, textiles, and the iron-steel industry. Examples include seasonal restrictions on livestock imports, anti-dumping duties imposed on low-priced goods from East Asian countries, and surveillance measures to monitor import volumes and price levels. In conclusion, non-tariff barriers represent essential policy instruments for countries seeking to protect domestic producers, maintain employment, and secure balanced external trade.
Keywords: Foreign trade, non-tariff barriers, protectionism, import policies

1.GİRİŞ

Küresel ticarette tarifelerin uzun yıllar boyunca düşmesiyle beraber ülkeler, korumacılık politikalarını doğrudan tarifeler yerine giderek daha görünmez ve ölçülmesi güç araçlar üzerinden yürütmeye başlamıştır. Küreselleşme sürecinin hızlanması, ulaşım ve iletişim imkânlarının gelişmesi uluslararası ticaret hacmini artırmış; artan rekabet baskısı ise pek çok ülkeyi yerli üreticiyi korumaya yönelik yeni politika araçları geliştirmeye yöneltmiştir. Özellikle 2008 küresel finans krizi ve COVID-19 pandemisi sonrasında arz zincirlerinde yaşanan kırılmalar, gıda güvenliği kaygıları ve stratejik sektörleri koruma ihtiyacı, tarife dışı engellerin korumacılık aracı olarak daha yoğun kullanılmasına yol açmıştır.

Teorik literatürde ticaret politikaları iki ana başlık altında incelenmektedir: tarifeler ve tarife dışı engeller. Tarife dışı engeller, gümrük vergileri dışında mal ve hizmet akımlarını kısıtlayan, geciktiren, maliyetini artıran veya düzenleyici baskı yaratarak ticareti dolaylı biçimde sınırlandıran tüm idari, teknik ve mali uygulamaları kapsamaktadır. Bu araçların şeffaf olmaması, etkilerinin ölçülmesinin güç olması ve çoğu durumda tarife indirimlerinin etkisini gizlice tersine çevirebilmesi, tarife dışı engelleri günümüz uluslararası ticaretinde daha sık başvurulan bir korumacılık aracı hâline getirmiştir. Tarife dışı önlemler sadece ithalatı değil, stratejik ürünlere yönelik ihracat kotaları gibi uygulamalarla ihracatı da sınırlandırabilmektedir. Bu tür uygulamalara en yoğun olarak tarım sektöründe rastlanmakta; gıda güvenliği, yerli üretimin korunması ve fiyat istikrarı gibi gerekçeler bu politikaların temelini oluşturmaktadır.

Tarife dışı engeller genel olarak üç ana grupta sınıflandırılmaktadır: miktar kısıtlamaları (kotalar, ithalat yasakları, gönüllü ihracat kısıtlamaları), mali önlemler (anti-damping vergileri, ek mali yükümlülükler) ve idari-teknik engeller (ithalat lisansları, menşe kuralları, teknik düzenlemeler, gümrük değerleme prosedürleri). Türkiye'de ise özellikle tarım, hayvancılık, tekstil ve çelik sektörlerinde yerli üreticiyi korumak, fiyat dalgalanmalarını sınırlamak ve dış ticaret dengesini istikrarlı bir seviyede sürdürmek amacıyla çeşitli tarife dışı araçlar uygulanmaktadır. Canlı hayvan ithalatında dönemsel kısıtlamalar, belirli tarım ürünlerine yönelik kota uygulamaları ve dampingli ürünlere karşı ek vergiler bu politikalara örnek teşkil etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, uluslararası ticarette giderek daha kritik bir rol üstlenen tarife dışı engelleri kavramsal ve sınıfsal açıdan incelemek, bu engellerin Türkiye'deki uygulamalarını değerlendirmek ve söz konusu politikaların ticaret üzerindeki etkilerini analitik bir çerçevede ortaya koymaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI:

Uluslararası ticaret literatüründe tarife dışı engellerin kapsamı, işlevi ve ticaret üzerindeki etkileri geniş bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Tarife Dışı Engeller üzerine yapılan çalışmalar temelde kavramsal çerçeve, sınıflandırma yaklaşımları, düzenleyici boyutlar ve ekonomik etkiler olmak üzere dört ana dalda eksende yoğunlaşmaktadır. Literatür, Tarife Dışı Engeller ticaret politikalarının giderek daha belirleyici bir aracı haline geldiğini ve şeffaflık eksikliği nedeniyle etkilerinin tarifelere kıyasla daha karmaşık bir yapıya sahip olduğu ortaya koymaktadır.(WTO,2012; OECD, 2019)

UNCTAD'ın (2019) geliştirdiği uluslararası sınıflandırma sistemi, tarife dışı engellere ilişkin en kapsamlı referans çerçevesi olarak kabul edilir. Bu sınıflandırma, Tarife Dışı Engelleri sekiz ana kategoride toplayarak hem ülkeler arası karşılaştırmayı kolaylaştırmakta hem de deneysel çalışmalar için metodolojik tutarlılık sağlamaktadır. UNCTAD'ın bir diğer çalışması (2012), özellikle gelişmekte olan ekonomilerin tarım ve düşük teknolojili sanayi ürünlerinde Tarife dışı engellere daha yoğun karşılaştığını göstermekte; bu durumun piyasa erişimi, rekabet gücü ve uyum maliyetleri üzerinde önemli etkiler yarattığını vurgulamaktadır(UNCTAD, 2012; UNCTAD,2019)

WTO'nun tarife dışı engellere ilişkin teknik raporları ise kavramsal çerçeveyi daha ayrıntılı biçimde ele almaktadır. WTO(2012) tarife dışı engellerin ölçülmesini zorlaştıran şeffaflık sorunlarını ortaya koyarken, düzenlemelerin ticaret maliyetleri üzerindeki dolaylı etkilerine dikkat çekmektedir. TBT ve SPS anlaşmaları, teknik düzenlemelerin ayrımcı olmaması gerektiğini vurgularken; SPS anlaşması, gıda güvenliği ve sağlık temelli düzenlemelerin kapsamını belirlemektedir. Bu çalışmalar tarife dışı engellerin yalnızca korumacılık aracı olmadığı, aynı zamanda tüketici güvenliği ve kalite standartlarını düzenleyen politika araçları olduğunu göstermektedir. (WTO, 2012; WTO- TBT, 1995; WTO-SPS, 1995)

Ekonomik etkiler üzerine yapılan araştırmalar, tarife dışı engellerin ticaret akımları üzerindeki sonuçlarının karmaşık ve heterojen olduğunu ortaya koymuştur. OECD (2019) tarife dışı engellerin bazı sektörlerde maliyet artırıcı etkiler yarattığını, bazı sektörlerde ise piyasa istikrarını güçlendirdiğini ifade etmektedir. Dünya Bankası (2013) tarife dışı engellerin şeffaflık eksikliği nedeniyle ölçülmesini güçleştiren veri problemlerine dikkat çekerek yeni veri tabanları geliştirmiş; bu sayede politika analizlerinin karşılaştırılabilirliğini artırmıştır. Tarım sektörüne yönelik çalışmalar (FAO,2020 ve meta-analizler) , SPS ve TBT düzenlemelerinin tarım ticaretinde belirleyici tarife dışı engellerinin olduğunu; etkilerin ürün yapısı, ülke grubu ve düzenleme biçimine göre değiştiğini göstermektedir. (OECD, 2019; World Bank, 2013; FAO, 2020; Meta - analysis, 2018)

Türkiye üzerine yapılan çalışmalar ise tarife dışı engellerin özellikle tarım, tekstil ve sanayi sektörlerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Türkiye'de uygulanan anti-damping önlemleri, teknik düzenlemeler ve kota uygulamalarının ithalatı sınırlayıcı etkiler yarattığı bulunmuştur. Literatürde, Türkiye'nin düzenleyici kapasitesinin tarife dışı engeller uygulamaların şeffaflığı ve etkinliği üzerinde belirleyici olduğu sıkça vurgulanmaktadır. Bu durum tarife dışı engellerin Türkiye ekonomisinde hem korumacılık aracı hem de ticaret politikası unsuru olarak önemli bir rol oynadığını göstermektedir(Dergipark, 2018; World Bank, 2013)

Genel olarak literatür, tarife dışı engellerin modern ticaret sisteminin en önemli politika araçlarından biri haline geldiğini; ancak etkilerinin ülke, sektör ve düzenleme türüne göre farklılaştığını ortaya koymaktadır.

Mevcut çalışmaların büyük bir kısmı belirli sektörlere veya belirli tarife dışı araçlar kategorilerine odaklanmakta; ülkelerin tarife dışı araçlar kullanım motivasyonlarını bütüncül bir çerçevede ele alan araştırmalar sınırlı kalmaktadır. Bu durum, tarife dışı engellerin hem düzenleyici hem de korumacı boyutlarını birlikte inceleyen çalışmalara duyulan ihtiyacı göstermektedir. (UNCTAD, 2019; OECD,2019)

3.TARİFE DIŞI ENGELLERİN TÜRLERİ:

Tarife dışı engeller, ülkelerin ticaret akımlarını düzenleyici, sınırlandırıcı veya yönlendirici amaçlarla kullandığı ve doğrudan gümrük vergisi niteliği taşımayan tüm politika araçlarını kapsamaktadır. Literatürde tarife dışı engelleri genellikle üç ana başlık altında sınıflandırılmaktadır: miktar kısıtlamaları, mali önlemler ve idari-teknik engeller. Her bir kategori ticaret hacmi, fiyat oluşumu ve piyasa erişimi üzerinde farklı etkiler yaratmaktadır.

3.1. Miktar Kısıtlamaları

Miktar kısıtlamaları, belirli malların ithalat veya ihracatına doğrudan fiziksel sınır getiren politika araçlarıdır. Bu kategoride kotalar, ithalat yasakları ve gönüllü ihracat kısıtlamaları yer almaktadır.

Kotalar

Kotalar, ithal edilebilecek mal miktarının belirli bir üst sınırla sınırlandırılmasıdır. Kotalar genellikle yerli üreticileri dış rekabete karşı korumak, ödemeler dengesi açıklarını sınırlamak veya tarım sektöründe fiyat istikrarını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Literatürde global kota, belirli bir ülke ayrımı yapılmadan toplam ithalat hacmine getirilen sınırlamaları ifade ederken; tahsisli kota belirli ülkeler veya ithalatçılar arasında kota hakkının dağıtılmasını ifade eder. Gümrük tarife kotaları ise belirli miktara kadar düşük tarife uygulanmasını, miktarın aşılması durumunda daha yüksek tarifenin devreye girmesini öngören karma bir uygulamadır.

Gönüllü İhracat Kısıtlamaları

Gönüllü ihracat kısıtlamaları, ihracatçı ülkenin belirli ürünlerde ihracatını kendi isteğiyle sınırlaması şeklinde görünse de, uygulamada genellikle ithalatçı ülkenin baskısıyla ortaya çıkar. Tarihsel olarak ABD'nin Japonya otomotiv sektörü üzerindeki baskısı bu uygulamanın klasik örneğidir. gönüllü ihracat kısıtlamalarının temel amacı ithalatçı ülkenin yerli üreticisini korumak, ihracatçı ülke açısından ise daha ağır yaptırımların önüne geçmektir. Bu tür uygulamalar çoğunlukla emek-yoğun sektörlerde görülmektedir.

İthalat Yasakları

İthalat yasakları, belirli mal veya hizmetlerin ülkeye girişinin tamamen engellenmesidir. Ekonomik, siyasi, sağlık, çevre ve ahlaki gerekçelerle uygulanabilen bu yasaklar, gönüllü ihracat kısıtlamalarının en katı biçimidir. Özellikle sağlık riskleri taşıyan gıda ürünlerinde ve güvenlik gerekçeli stratejik sektörlerde sıkça kullanılmaktadır.

3.2. Mali Önlemler

Mali önlemler, ticaret maliyetlerini artırarak ithalatın ekonomik cazibesini azaltan uygulamalardır. Bu kategoriye anti-damping vergileri, telafi edici vergiler ve ek mali yükümlülükler dâhildir.

Anti-Damping Önlemleri
Damping, bir ürünün dış pazarda iç piyasadaki fiyatından daha düşük fiyatla satılmasıdır. Bu durum, ihracatçı ülkenin rekabet avantajı sağlamasına, ithalatçı ülkedeki firmaların ise pazar kaybına uğramasına yol açabilmektedir. Anti-damping vergileri, dampingli satışın yerli üretici üzerinde zarara yol açtığı tespit edildiğinde uygulanan düzeltici bir önlemdir. DTÖ kuralları, damping marjı tespit edildiğinde üye ülkelere anti-damping vergisi uygulama hakkı tanımaktadır.

İhracat Sübvansiyonları
İhracat sübvansiyonları, devletin ihracatı teşvik etmek amacıyla ihracatçı firmalara sağladığı mali desteklerdir. Sübvansiyonlar doğrudan tarife dışı engeller kategorisine girmese de, ticaret akımları üzerinde dolaylı etkiler yarattığından bazı sınıflandırmalarda tarife dışı engeller çerçevesi içinde değerlendirilmektedir. Bu destekler arasında vergi iadeleri, düşük faizli krediler ve finansman kolaylıkları yer almaktadır.

İthalatta Ek Vergi Uygulamaları
Bazı dönemlerde belirli ürün gruplarına ek gümrük vergileri uygulanarak yerli üreticinin korunması veya bütçe gelirlerinin artırılması amaçlanmaktadır. Ek vergiler çoğunlukla dış rekabet baskısının yoğun olduğu sektörlerde geçici koruma sağlamak için tercih edilmektedir.

3.3. İdari ve Teknik Engeller
İdari ve teknik engeller, ticaretin gerçekleşebilmesi için yerine getirilmesi gereken standardizasyon, sertifikasyon, belge ve uygunluk değerlendirme süreçlerini kapsamaktadır.

Gümrük Değerleme ve Sevk Öncesi İnceleme
Bu uygulamalar numune alma, laboratuvar testi, ürün değerlendirmesi, denetim ve uygunluk onayı gibi süreçleri içermektedir. Uygulamanın amacı ürün güvenliğini ve standartlara uygunluğu sağlamak olsa da, karmaşık prosedürler yüksek uyum maliyetlerine yol açarak ticareti dolaylı biçimde sınırlayabilmektedir.

İthalat Lisansları ve Menşe Kuralları
İthalat lisansları belirli ürünlerin ithalatının ön izin mekanizmasına bağlanmasıdır. Menşe kuralları ise bir ürünün hangi ülkede üretildiğinin belirlenmesi amacıyla kullanılan düzenlemelerdir. Bu kurallar gümrük vergilerinin hesaplanması, kota haklarının dağıtılması ve anti-damping uygulamalarının takibi gibi birçok ticaret politikasının temelini oluşturmaktadır.

4.TÜRKİYE'DE TARİFE DIŞI ENGELLERİN UYGULAMALARI:
Türkiye, dış ticaret politikasında tarife dışı engelleri özellikle yerli üretimi koruma, fiyat istikrarını sağlama, haksız rekabeti önleme ve stratejik sektörlerde arz güvenliğini garanti altına alma amacıyla yoğun biçimde kullanmaktadır. Türkiye'nin kullandığı tarife dışı engeller literatürdeki sınıflandırmaya paralel olarak miktar kısıtlamaları, mali önlemler ve idari-teknik engeller çerçevesinde incelenebilmektedir.

4.1. Tarım Ürünlerinde Kontrol Belgeleri ve Miktar Kısıtlamaları
Tarım sektörü, Türkiye'de tarife dışı engellerin en yoğun uygulandığı alanlardan biridir. Meyve, sebze, tahıl ve canlı hayvan gibi ürünlerde kotalar, içe dönük ithalat lisansları, zorunlu kontrol belgesi uygulamaları ve dönemsel ithalat yasakları uygulanabilmektedir.

Bu tür düzenlemeler özellikle fiyat istikrarını sağlamak, arz güvenliğini korumak ve yerli üreticiyi aşırı fiyat dalgalanmalarından korumak amacıyla kullanılmaktadır. Sağlık ve bitki sağlığı önlemleri kapsamında yapılan denetimler de tarım ithalatında önemli bir idari-teknik engel niteliği taşımaktadır.

4.2. Tekstil ve Konfeksiyon Ürünlerinde Teknik Düzenlemeler ve Mali Önlemler

Tekstil ve konfeksiyon sektörü, Türkiye'nin dış ticaretinde yüksek rekabet baskısına maruz kalan alanlardan biridir. Bu nedenle ithal tekstil ürünlerinde ticarete teknik engeller çerçevesinde kalite standartları, etiketleme zorunlulukları, uygunluk değerlendirme prosedürleri ve laboratuvar testleri yaygın biçimde uygulanmaktadır. Ayrıca özellikle Uzak Doğu kaynaklı ürünlerde anti-damping vergileri ve ek gümrük vergileri devreye alınarak yerli üreticinin fiyat rekabeti karşısında korunması amaçlanmaktadır.

4.3. Anti-Damping Önlemleri ve Ek Vergi Uygulamaları

Türkiye, özellikle çelik, kimyasal ürünler, ayakkabı, beyaz eşya ve otomotiv yan sanayi gibi sektörlerde dampingli ithalatın artmasına karşı düzenli olarak anti-damping soruşturmaları yürütmektedir. Çoğu durumda Çin menşeli ürünlere yönelik ek gümrük vergileri veya telafi edici mali yükümlülükler uygulanmaktadır. Bu politikalar yerli sanayinin haksız rekabetten korunması ve stratejik sektörlerde üretim kapasitesinin sürdürülmesi amacı taşımaktadır.

4.4. İthalat Gözetim Uygulamaları

Belirli ürünlerin ithalatında birim fiyat gözetimi veya miktar gözetimi uygulanarak ithalatın belirli bir eşik değerin altında gerçekleştirilmesi engellenmektedir. Bu uygulama düşük fiyatlı ithalatı sınırlamak ve yerli üreticinin zarar görmesini önlemek amacıyla kullanılan bir idari araçtır. Gözetim uygulamaları özellikle çelik, plastik, makine aksamı ve bazı tüketim mallarında yaygındır.

4.5. Genel Değerlendirme

Literatür, Türkiye'nin tarife dışı engelleri özellikle yüksek rekabet baskısına maruz kalan sektörlerde ve fiyat istikrarı açısından kritik ürünlerde yoğun olarak kullandığını göstermektedir. Anti-damping önlemleri, ek vergiler, teknik düzenlemeler ve kontrol belgesi uygulamaları Türkiye'nin dış ticaret politikasında düzenleyici ve koruyucu araçların birlikte kullanıldığını ortaya koymaktadır.

5.SONUÇ

Tarife dışı engeller, modern uluslararası ticaret sisteminde ülkelerin yalnızca yerli üreticiyi dış rekabetten korumak için değil, aynı zamanda fiyat istikrarını sağlamak, stratejik sektörlerde arz güvenliğini korumak, tüketici sağlığını gözetmek ve haksız rekabeti önlemek gibi düzenleyici amaçlarla başvurduğu önemli politika araçları hâline gelmiştir. Çalışmada ele alınan miktar kısıtlamaları, mali önlemler ve idari-teknik düzenlemeler; ticaret hacmini doğrudan sınırlayan, fiyat mekanizmasını etkileyen veya uyum maliyetleri yaratarak piyasa erişimini zorlaştıran farklı işlevlere sahiptir. Türkiye örneğinde ise tarım, tekstil ve sanayi gibi yoğun rekabete maruz kalan sektörlerde tarife dışı engellerin hem korumacı hem de düzenleyici bir araç olarak kullanıldığı görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, tarife dışı engellerin ülkeler açısından ekonomik, teknik ve ekonomi-politik gerekçelere dayandığı; bu nedenle küresel ticaret düzeninin şekillenmesinde tarifelerden çok daha belirleyici bir rol üstlendiği söylenebilir.

KAYNAKÇA

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD). (2012). *Non-Tariff Measures to Trade: Economic and Policy Issues for Developing Countries*. UNCTAD Publications.

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD). (2019). *International Classification of Non-Tariff Measures*. UNCTAD Publications.

Dünya Bankası (World Bank). (2013). *Making Trade Policy More Transparent: A New Database of Non-Tariff Measures*. World Bank Working Paper.

Dünya Ticaret Örgütü (WTO). (2012). *A Practical Guide to Non-Tariff Measures*. WTO Publications.

Dünya Ticaret Örgütü (WTO). (1995). Agreement on Technical Barriers to Trade (TBT Agreement). WTO Legal Texts.

Dünya Ticaret Örgütü (WTO). (1995). *Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures (SPS Agreement)*. WTO Legal Texts.

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD). (2019). *Non-Tariff Measures: Economic and Policy Issues*. OECD Trade Policy Paper.

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (2020). *Non-Tariff Measures Affecting Agri-Food Trade*. FAO Studies.

Meta-analysis Project. (2018). *The Effects of Non-Tariff Measures on Agri-Food Trade: A Meta-Analysis*. ArXiv Working Paper.

Dergipark Makalesi. (Doç. Dr. Bilge Leyli ELİTAŞ, Arş. Gör. Ayberk ŞEKER) (2018). *Uluslararası Ticarette Tarife Dışı Önlemlerin Rolü*. Dergipark Akademik.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

TÜRKİYE'DEKİ FİNANSAL PİYASALARDA YAPAY ZEKA KULLANIMININ ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Yahya SÖNMEZ
Kastamonu Üniversitesi
ORCID: 0000-0003-1486-2456

ÖZET
Finansal süreçler veri girişi, veri toplama, doğrulama, konsolidasyon ve raporlama gibi geçmişte ağırlıklı olarak manuel olarak yürütülüyordu. Bu manuel süreçler, finans departmanlarının yüksek maliyetli, zaman alan ve değişime yavaş adapte olan yapılar haline gelmesine yol açıyordu. Ancak, finansal süreçler genellikle iyi tanımlanmış ve tekrarlanabilir olduğundan, yapay zeka destekli otomasyon için ideal adaylardır. ERP sistemlerinin devreye girmesiyle, şirketler finans işlevlerini merkezi ve standart hale getirebilmiştir. Başlangıçta otomasyon sistemleri kural tabanlı çalışıyordu; yani işlemler, belirlenen kurallara göre yürütülüyordu. Fakat bu sistemler sık bakım gerektiriyor, yavaş güncelleniyor ve yapay zeka tabanlı otomasyonun sunduğu çeviklikten yoksundu. Yapay zeka, sadece tekrarlayan görevleri değil, daha karmaşık iş akışlarını da tam otomasyonla yönetebilir. Üstelik otomasyonun artması, finansal süreçlerdeki doğruluğu önemli ölçüde artırır. Örneğin, fatura girişi gibi yüksek hacimli ve rutin işler, insan kaynaklı hatalara ve tükenmişliğe yol açabilirken, bilgisayarlar bu sınırlamalardan etkilenmez ve çok daha yüksek işlem hacimlerine ulaşabilir. Böylece, finans ekipleri daha kaliteli verilere erişebilir ve stratejik analizlere odaklanmak için daha fazla zamana sahip olur. Finans alanında yapay zekanın kullanımının çeşitli avantaajları bulunmaktadır. Bunlar; daha hızlı analiz/içgörüler , anlatıma dayalı/durum raporları daha kısa sürede oluşturulur, çalışan üretkenliğinde artış, finansal tablo oluşturma ve denetleme işlemleri daha kısa sürer , aylık finansal kapanışı tamamlama süresi daha kısadır, otomatik görevlerde daha az hata görülür, tahmin planlama ve modelleme doğruluğu (örneğin, satış tahmini) artar, daha az risk/güvenlik olayı, işletmenin neden mevcut performans düzeyini gösterdiğini daha iyi anlar, kuruluşun daha çok/daha az kâr eden alanlarını belirleyerek kârlılığı artırır, geliştirilmiş iş gücü planlaması (örneğin, yetenek açıklarını değerlendirir, maaş maliyetlerini tahmin etme vb.), rakiplerinize karşı avantaj/fark oluşturur.
Anahtar Kelimeler: Piyasalar, yapay zeka, finansal piyasa.

EFFECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE USE IN FINANCIAL MARKETS IN TURKEY

ABSTRACT
In the past, financial processes such as data entry, data collection, validation, consolidation, and reporting were carried out manually. These manual processes made finance departments costly, time-consuming, and slow to adapt to change. However, financial processes are often well-defined and repeatable, making them ideal candidates for AI-driven automation. With the introduction of ERP systems, companies have been able to centralize and standardize their finance functions. Initially, automation systems were rules-based, meaning transactions were executed according to set rules. However, these systems required frequent maintenance, were slow to update, and lacked the agility offered by AI-based automation. AI can manage not only repetitive tasks but also more complex workflows with full automation. Moreover, increased automation dramatically improves accuracy in financial processes.

For example, while high-volume and routine tasks such as invoice entry can lead to human error and burnout, computers are immune to these limitations and can handle much higher transaction volumes. This gives finance teams access to higher-quality data and more time to focus on strategic analysis. The use of artificial intelligence in finance has several advantages. These include; faster analysis/insights, narrative/status reports generated in less time, increased employee productivity, financial statement generation, and auditing takes less time, shorter time to complete monthly financial close, fewer errors in automated tasks, forecast planning and modeling accuracy (e.g, sales forecasting) increase, fewer risk/security incidents, a better understanding of why the business is performing at its current level, increased profitability by identifying more/less profitable areas of the organization, improved workforce planning (e.g. assessing talent gaps, forecasting salary costs, etc.), advantage/differentiation against your competitors.), creating an advantage/difference against your competitors.
Keywords: Markets, artificial intelligence, financial market.

GİRİŞ

21. yüzyılda, COVID-19 pandemisinin de etkisiyle dijitalleşme finans sektöründe önemli dönüşümlere yol açmış ve yapay zekâ ile veri analitiği gibi ileri düzey teknolojilerin entegrasyon sürecini hızlandırmıştır. Finansal hizmetlerde yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşması hem hizmetlerin etkinliğini artırmış hem de müşteri deneyimlerini yeniden şekillendirmiştir. Ayrıca FinTech alanında ortaya çıkan yapay zekâ ve veri analitiği uygulamalarının yaygın kullanımı, diğer sektörlerde olduğu gibi finans sektöründe de etik meselelerin önemini gündeme taşımıştır (Topuzoğlu & Tekin, 2024). Etik, şeffaflık, veri güvenliği ve regülasyon gibi birçok disiplin alanında sorunları da meydana getirmiştir. Bu sorunlar ile baş edebilmek için yapay zeka uygulamalarının yaygınlaşması ile sorunların bir kısmının çözülebileceği ön görülmüştür. Bu yüzden disiplinler arası çalışmalar artmış ve bu alandaki çalışmaların önemi daha çok artmıştır.

Yapay zekânın finans sektöründe uygulanmasının, hizmet ve ürünlerin verimliliğini artırarak finansal kurumlara rekabet avantajı sağlaması ve sunulan ürün ve hizmetlerin kalitesini yükseltmesi beklenmektedir. Bu bağlamda, finansal tüketiciler, daha yüksek kalitede ve kişiselleştirilmiş ürünlerden, yatırım stratejilerine ilişkin tutarlı önerilerden ve genişleyen finansal katılım olanaklarından fayda sağlamaktadır. Bununla birlikte, yapay zekânın finans sektöründeki kullanımının yalnızca olumlu etkilerle sınırlı olmadığı, aynı zamanda çeşitli riskler ve olumsuz sonuçlar doğurabileceği de vurgulanmaktadır. Söz konusu uygulamalar, yeni finansal ve finansal olmayan risklerin ortaya çıkmasına veya mevcut risklerin artmasına yol açabilmekte; finansal tüketicilerin ve yatırımcıların haklarının korunması açısından önyargılı, taraflı, adaletsiz ve ayrımcı kararlar ile adil olmayan veri yönetimi ve kullanımına zemin hazırlayabilmektedir (Şahin, 2024). YP finans alanında kullanılarak hizmetlerin ve ürünlerin kalitesinin artırılması amaçlanmaktadır. Bu yüksek kalite ile finansal kullanıcılar daha kolay erişilebilir hizmetler almakta ve hizmetlerin kalitesi artmaktadır. Artan kalite ile birlikte rahat ve konforlu yaşam olanaklarına sahip olabilmektedir.

LİTERATÜR TARAMASI

Xie (2019) çalışmada, yapay zekâ ve makine öğrenmesinin finansal sistemde geliştirilmesi ve uygulanmasına ilişkin süreçlerin yanı sıra, bu teknolojilerin makroekonomik ve mikroekonomik düzeydeki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Araştırmada, kapsamlı bir yapay zekâ sisteminin oluşturulabilmesi için geliştirme, tasarım, kullanım, yönetim ve denetim aşamalarının tamamına yön verecek ilkelerin belirlenmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır.

Ayrıca, finansal risk yönetimi bağlamında yapay zekânın bilgi toplama süreçlerinde kullanımı ele alınmış; bu kullanımın meşruiyetinin sağlanması ve bilgi kaynaklarına zarar vermeden ilgili tarafların çıkarlarının korunabilmesi için belirli etik ve teknik kriterlere uyulması gerektiği ifade edilmiştir.

Mhlanga (2020) çalışmada yapay zekânın dijital finansal kapsayıcılık üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, söz konusu etkinin değerlendirilmesi için yapay zekâ ve dijital finansal kapsayıcılık alanındaki hakemli dergiler, kurumsal raporlar ve diğer yetkin kaynaklar üzerinden kavramsal ve doküman incelemesine dayalı bir yöntem benimsenmiştir. Elde edilen bulgular, yapay zekânın riskin tespiti, ölçülmesi ve yönetilmesi; bilgi asimetrisinin azaltılması; sohbet robotları ve dolandırıcılık tespit sistemleri aracılığıyla müşteri desteğinin iyileştirilmesi ile siber güvenliğin güçlendirilmesi gibi alanlarda dijital finansal kapsayıcılık üzerinde önemli ve belirgin bir etki yarattığını ortaya koymuştur.

Milana & Ashta (2021), 19 Aralık 2020 tarihinde gerçekleştirilen EBSCO veri tabanı taraması sonucunda, 4.777 hakemli çalışmanın özetinde 'AI' teriminin yer aldığı tespit edilmiştir. Yazarlar, yapay zekânın mevcut gelişim aşamasında yüz ve ses tanıma sistemleri, insan-makine etkileşimini mümkün kılan sesli komut teknolojileri, veri toplama ve piyasa bilgisi organizasyonu, doğal dil işleme uygulamaları, finansal danışmanlık hizmetleri, dolandırıcılık ve risk analizleri, kredi yönetimi, fiyatlama süreçleri ile fintech alanına zemin hazırlayan çeşitli uygulamaların yaygın biçimde kullanıldığını ifade etmektedirler. Ayrıca kripto para birimleri ve blok zinciri gibi diğer gelişmekte olan teknolojilerle entegrasyonun, yapay zekânın ortalama bir tüketicinin günlük yaşamı üzerindeki etkisini giderek artırdığını ileri sürmektedirler.

Cohen (2022) Çalışmada, yapay zekâ temelli algoritmik ticaret sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılan yöntemlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Finansal piyasaların doğasında bulunan karmaşıklığın ve bu karmaşıklığın yapay zekâ modellerinin işleyişini etkileyen düzensiz ekonomik yapıyı yansıtmasının, çeşitli finansal varlıkların fiyatlarının öngörülmesinde gelişmiş modellere duyulan gereksinimi artırdığını ifade etmektedir.

Azeema vd. (2023) çalışmalarında, kuruluşların faaliyetlerine ilişkin güvenilir ve bütüncül bir görünüm elde edebilmek için finansal ve finansal olmayan verilerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini; yıllık raporların ise finans piyasasında yer alan paydaşların karar alma süreçlerindeki değişken yapıyı anlamada temel bir araç olduğunu vurgulamışlardır. Bu bağlamda araştırma, 2014–2022 döneminde faaliyet gösteren ve borsada kayıtlı 15 Ürdün bankasına ait toplam 130 yıllık raporun incelenmesine dayanmaktadır. Çalışmada ayrıca yapay zekânın finansal piyasalarda algoritmik ticaretin dönüşümünde belirleyici bir rol üstlendiği ifade edilmiştir. Algoritmik ticaretin, yüksek frekanslı ve karmaşık işlem stratejilerinin yürütülmesini mümkün kılan otomatik ve bilgisayar tabanlı işlem sistemlerine dayandığı belirtilmiştir.

Topuzoğlu & Tekin (2024), çalışmada Türkiye finans sektöründe yapay zekâ etiği ile veri etiği konuları kapsamlı biçimde ele alınmıştır. Yazarlar, sektör özelinde yapay zekâ ve veri etiği standartlarının oluşturulmasının, uygulamalarda ortaya çıkabilecek potansiyel risk ve olumsuzlukların önlenmesinde önemli bir rol üstleneceğini belirtmektedirler. Araştırma sonucunda, Türkiye finans sektörüne özgü yapay zekâ algoritmaları ile ilgili uygulamaların etik boyut ve veri güvenliği açısından ayrıntılı şekilde değerlendirilmesi gerektiği yönünde bir kanaate ulaşılmışlardır.

Chang (2025) çalışma, yapay zekânın Çin'deki finansal işgücü piyasaları üzerindeki dönüştürücü etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, 2010–2022 dönemine ilişkin 31 il, belediye ve özerk bölgeden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Bulgular, bölgesel yapay zekâ gelişiminin finans sektöründe istihdamı ve gelir düzeylerini anlamlı biçimde yükselttiğini göstermektedir.

Ayrıca gerçekleştirilen heterojenlik analizi, söz konusu olumlu etkinin özellikle doğu kıyısındaki illerde ve piyasa odaklı ekonomik yapıya sahip bölgelerde daha belirgin olduğunu ortaya koymuştur.
Olanrewaju (2025) çalışmada, yapay zekânın finansal piyasalardaki dönüştürücü etkisi incelenerek, daha etkin ve dayanıklı bir finansal ekosistemin oluşturulmasına yönelik katkıları, karşılaşılan güçlükler ve geleceğe dönük araştırma alanları ortaya konulmuştur. Finansal piyasalarında yapay zekânın geleceğinin makine öğrenimi, kuantum hesaplama ve merkeziyetsiz finans gibi teknolojik gelişmeler doğrultusunda şekilleneceğini ileri sürmektedir. Ayrıca yapay zekâ temelli öngörücü analizlerin yatırım stratejilerinin geliştirilmesine, portföy performansının artırılmasına ve riske göre düzeltilmiş getiri düzeylerinin iyileştirilmesine katkı sunmaya devam edeceği belirtilmiştir. Yapay zekânın blok zinciri teknolojisiyle entegrasyonunun ise finansal işlemlerde şeffaflığı güçlendireceği ve daha güvenli, verimli finansal hizmetlerin sunulmasına imkan sağlayacağı ifade edilmektedir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Çalışmanın temel amacı, Türkiye'de finansal piyasalarda yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin kullanımının piyasa etkinliği, yatırımcı davranışları, risk yönetimi süreçleri ve finansal kurumların performansı üzerindeki etkilerini kapsamlı bir biçimde incelemektir. Son yıllarda ülkede hızla ilerleyen dijital dönüşüm ve finansal teknolojilerdeki yenilikler, YZ uygulamalarının finansal piyasa yapısını ve işleyiş mekanizmalarını dönüştürme potansiyelini önemli ölçüde artırmıştır. Bu doğrultuda araştırma, YZ kullanımının finansal piyasalar üzerindeki olumlu katkıları ile beraber ortaya çıkarabileceği riskleri bütüncül ve analitik bir çerçevede değerlendirmeyi amaçlamaktadır.
Bu genel amaç kapsamında çalışma şu alt hedefleri gözetmektedir:
• Yapay zekâ temelli algoritmaların fiyat oluşumu, piyasa likiditesi ve volatilite üzerindeki etkilerini değerlendirmek.
• Bankalar, aracı kurumlar ve portföy yönetim şirketlerinin YZ kullanım düzeyi ile söz konusu kurumların operasyonel ve finansal performansları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak.
• YZ destekli robo-danışmanlık ve algoritmik işlem uygulamalarının bireysel yatırımcıların karar alma süreçleri ve davranışsal eğilimleri üzerindeki etkilerini analiz etmek.
• Yapay zekâ teknolojilerinin kredi, piyasa ve operasyonel risk yönetimi süreçlerine sağladığı katkıları incelemek.
• Türkiye'deki mevcut düzenleyici çerçevenin YZ kullanımını nasıl şekillendirdiğini ve hangi yönlerden sınırlandırdığını belirlemek.
• Elde edilen bulgular doğrultusunda, YZ uygulamalarının finansal piyasalarda daha etkin, güvenli ve sürdürülebilir biçimde kullanılmasına yönelik politika önerileri geliştirmek.
Araştırmanın yöntemi, disiplinlerarası bir perspektif benimseyerek finans, bilişim teknolojileri, hukuk, etik ve sosyoloji alanlarından elde edilen bilgileri sentezlemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda literatür incelemesi, vaka analizleri, uzman görüşmeleri ve SWOT analizi gibi yöntemler temel metodolojik araçlar olarak kullanılacaktır. Böylece Türkiye'deki finansal piyasalarda YZ kullanımının etkileri, hem teorik hem de uygulamalı boyutlarıyla kapsamlı ve derinlemesine bir analize tabi tutulacaktır.

SONUÇ

Çalışma, Türkiye'de finansal piyasalarda yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin kullanımının piyasa dinamikleri, finansal kurum performansları, yatırımcı davranışları ve risk yönetimi süreçleri üzerindeki etkilerini kapsamlı bir perspektifle değerlendirmiştir.

Analiz sonuçları, YZ tabanlı uygulamaların Türkiye finans piyasalarında giderek daha belirgin bir dönüşüm yarattığını ve hem piyasa etkinliği hem de finansal kurumların rekabetçilik düzeyi açısından önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır.

Nicel bulgular, Borsa İstanbul'da YZ destekli algoritmik işlem hacmindeki artışın fiyat keşfi mekanizmasını hızlandırdığını, piyasa likiditesini güçlendirdiğini ve belirli piyasa koşullarında volatiliteyi azaltıcı bir rol üstlendiğini göstermektedir. YZ'nin yüksek frekanslı veri analizi, anomali tespiti ve kısa vadeli fiyat hareketlerinin tahmini gibi alanlarda piyasaların daha etkin işlemesine katkıda bulunduğu anlaşılmıştır. Bununla birlikte, özellikle ani bilgi akışlarının yoğunlaştığı dönemlerde algoritmik işlemlerin kısa süreli dalgalanmaları tetikleyebileceği, bu nedenle YZ tabanlı sistemlerin güçlü bir düzenleyici gözetimle desteklenmesinin kritik olduğu belirlenmiştir.

Finansal kurumlara yönelik değerlendirmeler, YZ kullanımının artmasının operasyonel süreçlerde verimliliği yükselttiğini, maliyetlerin azaltılmasına katkı sağladığını ve risk yönetimi uygulamalarının doğruluk düzeyini geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Bankalar ve aracı kurumlar tarafından kullanılan kredi skorlama modelleri, sahtekârlık tespit sistemleri ve portföy optimizasyon araçları, YZ ile bütünleştirildiğinde performans göstergelerinde kayda değer iyileşmeler sağlamaktadır. Nitel analiz kapsamında görüşülen sektör uzmanları da YZ'nin operasyonel hata payını düşürdüğünü, müşteri odaklı hizmetlerin daha kişiselleştirilmiş şekilde sunulmasına olanak tanıdığını ve stratejik karar mekanizmalarını güçlendirdiğini ifade etmektedir.

Bireysel yatırımcılar açısından bakıldığında, YZ destekli robo-danışmanlık uygulamalarının bilgi asimetrisini azaltarak daha bilinçli ve rasyonel yatırım kararlarının alınmasına katkı sağladığı bulgulanmıştır. Bununla birlikte, yatırımcıların YZ sistemlerine aşırı güven duyma eğilimi, belirli davranışsal riskler doğurabilmekte; bu nedenle finansal okuryazarlığın geliştirilmesinin sürecin sağlıklı işleyişi açısından kritik bir unsur olduğu görülmektedir.

Düzenleyici çerçeve açısından değerlendirildiğinde, Türkiye'de YZ kullanımına ilişkin politikaların henüz geliştirilme aşamasında olduğu ve özellikle veri koruma, algoritmik şeffaflık, etik kullanım ve sistem güvenliği gibi alanlarda kapsamlı düzenlemelere ihtiyaç bulunduğu tespit edilmiştir. Piyasa istikrarının güçlendirilmesi ve yatırımcı güveninin korunması için düzenleyici çerçevenin YZ uygulamalarının yaygınlaşma hızına paralel biçimde güçlendirilmesi önem arz etmektedir.

Genel değerlendirme olarak, YZ teknolojilerinin Türkiye finansal piyasalarında etkinlik, güvenlik ve verimlilik açısından çok yönlü katkılar sunduğu, ancak bu katkıların uzun vadeli ve sürdürülebilir olabilmesi için düzenleyici yapıların iyileştirilmesi, sektörler arası entegrasyonun artırılması ve kullanıcıların teknoloji okuryazarlığının geliştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın bulguları, YZ uygulamalarının Türkiye'nin finansal ekosisteminde stratejik bir dönüşüm potansiyeli barındırdığını ve bu alanda daha kapsamlı akademik ve pratik araştırmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

Azeema, N., Nawaz, H., Gill, M. A., Khan, M. A., Miraj, J., & Lodhi, K. (2023). Impact of artificial intelligence on financial markets: Possibilities & challenges. *Journal of Computing & Biomedical Informatics*, *6*(01), 287-299.

Chang, Z. (2025). Influence of artificial intelligence on the financial labor market. *Finance Research Letters*, *80*, 107039.

Cohen, G. (2022). Artificial intelligence in trading the financial markets. *International Journal of Economics & Business Administration (IJEBA)*, *10*(1), 101-110.

Mhlanga, D. (2020). Industry 4.0 in finance: The impact of artificial intelligence (AI) on digital financial inclusion. *International Journal of Financial Studies*, *8*(3), 45.

Milana, C., & Ashta, A. (2021). Artificial intelligence techniques in finance and financial markets: a survey of the literature. *Strategic Change*, *30*(3), 189-209.

Olanrewaju, A. G. (2025). Artificial Intelligence in Financial Markets: Optimizing Risk Management, Portfolio Allocation, and Algorithmic Trading. *International Journal of Research Publication and Reviews*, *6*, 8855-8870.

Şahin, S. (2024). Finans Sektöründe Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi Ve Büyük Veri Kullanımı: Fırsatlar, Zorluklar ve Politika Yapıcılar için Çıkarımlar. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *9*(4), 364-381.

Topuzoğlu, T., & Tekin, İ. Ç. (2024). Türkiye Finans Sektöründe Yapay Zekâ Etiği ve Veri Etiği. *Firat University International Journal of Economics and Administrative Sciences*, *8*(2), 151-164.

Xie, M. (2019, April). Development of artificial intelligence and effects on financial system. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1187, No. 3, p. 032084). IOP Publishing.

MÜKEMMELİYETÇİLİĞİN AKADEMİSYENLERİN İŞ DOYUMU ÜZERİNDEKİ ROLÜ

Selincan ÖZKURT AVCI
Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Psikoloji ABD
ORCID: 0009-0006-2988-792X

Arzu ÇIRPAN KANTARCIOĞLU
Bursa Teknik Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Psikoloji Bölümü
ORCID: 0000-0002-3425-7360

ÖZET
Bu araştırmanın amacı, mükemmeliyetçiliğin akademisyenlerin iş doyumu üzerindeki yordayıcı rolünü incelemektir. Çalışma kapsamında Türkiye'deki devlet ve vakıf üniversitelerinde görev yapan akademisyenlere, üniversitelerin internet sitelerinde yer alan e-posta adresleri aracılığıyla ulaşılarak Google Forms üzerinden veri toplanmıştır. Formlar, farklı fakülte ve bölümlerde görev yapan akademisyenlere gönderilmiş ve Türkiye'nin yedi bölgesinden toplam 574 katılımcı araştırmaya dahil edilmiştir. Veriler; Demografik Bilgi Formu, Minnesota İş Doyumu Ölçeği ve APS Mükemmeliyetçilik Ölçeği kullanılarak toplanmıştır. Elde edilen veriler SPSS 27.0 programında çoklu doğrusal regresyon analizi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçların literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Analiz sonuçlarına göre iş doyumu, cinsiyet değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Yaş ve ünvan değişkenleri arttıkça iş doyumunun da yükseldiği bulunmuştur. Yapılan çoklu regresyon analizine göre model anlamlı bulunmuştur ($F (4, 569) = 18.52$, $p < .001$). Uyumlu mükemmeliyetçilik ($\beta = .17$, $p < .001$) iş doyumunu pozitif yönde, uyumsuz mükemmeliyetçilik ($\beta = –.22$, $p < .001$) ise negatif yönde yordamaktadır. Ayrıca unvan değişkeni ($\beta = .20$, $p = .002$) anlamlı bir pozitif yordayıcıdır. Yaş değişkeni anlamlı bulunmamıştır ($p > .05$). Model genel olarak iş doyumundaki varyansın %11.5'ini açıklamaktadır ($R^2 = .115$). Sonuçlar, akademik kariyer ilerledikçe ünvan ve deneyimin artmasının iş doyumunu yükselttiğini; mükemmeliyetçiliğin uyumlu yönünün iş doyumunu desteklerken, uyumsuz yönünün olumsuz etkilediğini göstermektedir. Bu bulgu, mükemmeliyetçiliğin çift yönlü yapısına dikkat çekmekte ve uyumlu/uyumsuz ayrımının yapılmasının çalışmanın özgün katkısını artırdığını göstermektedir. Elde edilen bulgular, akademisyenlerde iş doyumunu anlamada mükemmeliyetçiliğin iki yönlü yapısının dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: İş Doyumu, Mükemmeliyetçilik, Akademisyenler, Uyumlu Mükemmeliyetçilik, Uyumsuz Mükemmeliyetçilik

THE ROLE OF PERFECTIONISM ON JOB SATISFACTION OF ACADEMICIANS

ABSTRACT
The aim of this study is to examine the role of perfectionism in predicting job satisfaction among academicians. Within the scope of the research, data were collected via Google Forms from academicians working at public and private universities in Turkey, using e-mail addresses available on university websites. The forms were sent to participants from various faculties and departments, and a total of 574 academicians from seven geographical regions of Turkey participated in the study. Data were collected through the Demographic Information Form, the Minnesota Satisfaction Questionnaire, and the Almost Perfect Scale (APS). The data were analyzed using multiple linear regression in SPSS 27.0.

The findings were consistent with the existing literature. Results showed that job satisfaction did not differ significantly by gender. However, job satisfaction increased with age and academic title. The multiple regression model was found to be significant, $F(4, 569) = 18.52$, $p < .001$. Adaptive perfectionism ($\beta = .17$, $p < .001$) positively predicted job satisfaction, while maladaptive perfectionism ($\beta = –.22$, $p < .001$) negatively predicted it. Academic title ($\beta = .20$, $p = .002$) was also a significant positive predictor, whereas age was not significant ($p > .05$). The model explained 11.5% of the variance in job satisfaction ($R^2 = .115$). These results suggest that as academic career level and experience increase, job satisfaction also rises. Furthermore, while adaptive perfectionism enhances job satisfaction, maladaptive perfectionism diminishes it. This finding highlights the dual nature of perfectionism and indicates that distinguishing between adaptive and maladaptive dimensions contributes to a deeper understanding of job satisfaction among academicians.
Keywords: Job Satisfaction, Perfectionism, Academicians, Adaptive Perfectionism, Maladaptive Perfectionism

GİRİŞ

Kişilerin olumlu duygular hissederek yaşaması, iyi bir hayat sürmesi genellikle bireyler için önemlidir. Yaşamımızda birçok rolümüz, katıldığımız birçok ortam vardır. İyi olmamızın bu ortamlar ve rollerle ilişkisi yüksektir. Bireylerin iyi oluşları ile ilişkisi olduğu düşünülen alanlardan biri de işten doyum almaktır, uzun süre önce yapılan bir çalışma da bunu desteklenmektedir (Judge ve Hulin,1993). Dikmen'e göre (1995) hayattan alınan doyumla iş doyumu birbiri içine geçmiş bir kavramdır, birbirini anlamlandırır ve tamamlar. Hayatlarının büyük kısmını iş içinde geçiren bireyler, işlerinde karşılaştığı olumlu ve olumsuz durumları sosyal çevrelerine de yansıtır.

Erken dönem çalışmalarına bakıldığında Hoppock (1935) iş doyumunu çalışanların iş yerine ve çalışma ortamına dair kişisel duyguları olarak tanımlamıştır. Vroom (1964) bireyin işini değerlendirmesinde ilgili olumlu ve hoş duyguları olarak tanımlarken, daha yakın zamanda iş tatmini bireylerin mevcut iş deneyimine karşı hisleri ve inançları olarak tanımlanmaktadır (George ve Jones, 2008).

İş hayatı yaşamın bir parçası olduğu için iş doyumuyla ilgili araştırmaların farklı akademik alanlarda uzun bir geçmişi vardır (Zhu, 2013). Literatürde iş doyumunu etkileyen faktörler incelendiğinde Eğinli (2009) işin koşulları, ücret, iş yeri ortamı, deneyimin süresi değişkenlerinin iş doyumunu etkilediğinden bahsetmiştir. Buna örnek olarak Sevimli ve İşcan (2005) işin zorluk derecesinin iş doyumunu etkilediğini vurgulamıştır, zihinsel olarak yoğun uğraş gerektiren zor işlerde birey başardığında yüksek iş doyumu yaşar fakat zor olsa da fiziksel olarak zor koşulları olan işlerde çalışmak toplum takdir etse de iş doyumu yüksek değildir. Kişilik tiplerinin iş doyumuna etkisinin araştırıldığı bir araştırmada ertelemeye karşı sabırsız, zamanı iyi yönetmek isteyen, aynı zamanda birden çok iş yapmaya çalışan tipte kişiliğin (A tipi kişiliğin) iş doyumunu anlamlı ve olumlu yordadığı bulunmuştur (Gamsız vd., 2013)

Erken dönemlerde Locke (1970)'un yaptığı bir çalışmada işlevsel olmayan düşünce süreçlerinin örneğin; aşırı genelleme, mükemmeliyetçilik, başkalarına bağımlılık gibi çeşitli düşünce süreçlerinin iş doyumunu etkilemedeki rolü araştırılmıştır. Buradan hareketle mükemmeliyetçi düşünce sisteminin iş doyumunu yordaması bu araştırmanın konusudur.

Frost vd. (1990) mükemmeliyetçiliği kişinin kendisi için yüksek standartlar belirlemesi ve bireyin kendini eleştirel değerlendirmesiyle ilişkili olduğunu açıklamıştır. Burada birey hatalarına ilişkin aşırı endişe duymaktadır. Bu çalışmada mükemmeliyet çok boyutlu olarak ele alınıp bu boyutları içeren ölçek geliştirilmiştir.

Buradaki boyutlar yüksek kişisel standartlar, organizasyon, hatalar endişe, ebeveyn beklentilerine ilişkin algılar, ebeveyn eleştirisine ilişkin algılar, eylemlerden şüphelenme olarak bahsedilmiştir.

Mükemmeliyetçilik kusursuzluk çabasıdır ve aşırı mükemmeliyetçiler hayatlarının her alanında mükemmel olmak isteyen kişilerdir (Flett ve Hewitt, 2002). Flett ve Hewitt (1989) mükemmeliyetçiliği çok boyutlu ele almışlardır. Onlara göre mükemmeliyetçilik kişi-içi ve kişilerarasıdır. Üç şekilde değerlendirilebilir: kendine yönelik mükemmeliyet, diğerlerine yönelik mükemmeliyet ve sosyal düzene yönelik mükemmeliyettir.

Hamacheck (1978) ise mükemmeliyetçiliği iki boyutuyla ele almıştır: normal ve nevrotik mükemmeliyetçiler. Kendileri ile ilgili yüksek standartlar konusunda normal mükemmeliyetçiler nevrotiklere göre kendilerine az da olsa hata yapma payı bırakırlar. Nevrotik mükemmeliyetçiler bu sebeple hiçbir şeyi yeterince iyi yaptığını düşünmezler. Bu boyutlara benzer olarak mükemmeliyetçiliği çalışan birçok çalışmada görmekteyiz ki son zamanlarda mükemmeliyetçilik uyumsuz ve uyumlu mükemmeliyetçilik üzerinden ele alınmaktadır. Uyumsuz mükemmeliyetçiler aşırı derecede hata yapma korkusu, gerçekçi olmayan yüksek hedeflerle hareket ederlerken uyumlu mükemmeliyetçiler, daha yüksek başarı elde edebilmek için yüksek standartlar belirleyip onun için çok yoğun bir çalışma içinde olan bireyler olarak yorumlanmıştır. Uyumlu mükemmeliyetçiler de uyumsuz mükemmeliyetçiler gibi belirledikleri yüksek standartlar için yoğun bir çaba harcarlar fakat farklı olarak kendilerine hata yapma payı bırakabilirler (Fedewa vd., 2004). Mükemmeliyetçilik bir "başarısızlık korkusu" olduğu için mükemmeliyetçi bireylerin başarıya ulaşma ihtimali yüksektir fakat bu durumun negatif etkileri de ağır basabilir (Aderholt-Elliott, 1989).

Literatürde mükemmeliyetçiliğin iş doyumu üzerindeki etkisi sık çalışılan bir konu değildir bu konuda kaynaklar sınırlıdır. Mükemmeliyetçilik; iyi bir şekilde yönetilemediğinde çalışan için depresyon, stres, kaygı gibi olumsuz sonuçları olabilir ve bu bireylerin işten ayrılmalarına yol açabilir (Eren ve Küçükaltan, 2017). Sevimli ve İşcan (2005)'a göre gerçekçi olmayan beklentiler iş doyumunu olumsuz etkiler. Bazı kişiler iş yaşamına göre beklentilerini düzenleyebilmektedir fakat bazı kişiler bunu yapamadığında iş doyumu azalmaktadır.

İş doyumunun inceleneceği örneklem olarak akademisyenler seçilmiştir. Akademisyenlerin bilimsel çalışmalarını sürdürebilmesi, yayınlayabilmesi, bilimsel çalışmalar yapacak kişilere liderlik etmesi açısından da mesleklerinde başarılı olmaları bekleniyor. Aynı zamanda bazı organizasyonel gereklilikler ve yaratılan rekabet nedeniyle sürekli olarak bilimsel olarak ilerleme çabasında olan akademisyenler sadece üniversite içinde değil, iş dışında da bilimsel çalışmalarına geniş zaman ayırdıklarından pek çok zihinsel kaygı yaşamaktadır (Booket vd., 2018). Bu durumlar akademisyenlerde mükemmeliyetçiliğe sebep olabilir.

Özetle mükemmeliyetçilik kişinin kendine ve performansına yönelik yüksek standartları içerir. Bu standartlara karşı uyumlu ve uyumsuz mükemmeliyetçilik ayrımı yapılabilmektedir. Bu araştırmada bazı demografik değişkenle ile mükemmeliyetçiliğin uyumlu ve uyumsuz boyutunun akademisyenlerin iş doyumu üzerindeki yordayıcılığı incelenmiştir.

YÖNTEM

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini Türkiye'deki devlet ve vakıf üniversitelerinde çalışan akademisyenler oluşturmuştur. Kolayda örnekleme yöntemi kullanılmış, katılım gönüllülük esasına dayanmıştır. Ulaşılan 574 akademisyen çalışmaya dahil edilmiştir. Katılımcıların %54ü kadın, %46sı erkektir. Yaş, ünvan ve cinsiyet bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Akademisyenlerin Demografik Bilgileri

Sosyo-ekonomik Değişkenler	Gruplar	S	%
Cinsiyet	Kadın	308	53.7
	Erkek	278	46.3
Yaş	21-30 yaş	132	23
	31-45 yaş	249	43.4
	46-65 yaş	180	31.4
	66 yaş ve üzeri	13	2.3
İş Deneyimi	6 ay-1 yıl	30	5.2
	1-2 yıl	40	7
	2-5 yıl	91	15.9
	5-10 yıl	91	15.9
	10 yıl ve üstü	322	56.1
Ünvan	Profesör Doktor	134	23,3
	Doçent Doktor	107	18.6
	Doktor Öğretim Üyesi	145	25.3
	Doktor Araştırma Görevlisi	22	3.8
	Araştırma Görevlisi	166	28.9
Üniversite türü	Devlet	506	88.2
	Vakıf	68	11.8

Veri Toplama Araçları

Bu araştırma kapsamında akademisyenlerden veri toplamak amacıyla üç ölçme aracı kullanılmıştır. İş doyumunu ölçmek amacıyla Weiss ve arkadaşları (1967) tarafından geliştirilen Baycan (1985) tarafından Türkçe'ye çevrilen "Minnesota İş Doyumu Ölçeği" kullanılmıştır. Mükemmeliyetçiliği ölçmek için Slaney ve Johnson (1992) tarafından geliştirilen ve Sapmaz (2006) tarafından Türkçe'ye uyarlama çalışması yapılan APS Mükemmeliyetçilik Ölçeği kullanılmıştır. Akdemisyenlerin demografik bilgilerine ilişkin veriler araştırmacı tarafından geliştirilen Demografik Bilgi Formu ile elde edilmiştir.

Bağımlı Değişken

Minnesota İş Doyumu Ölçeği: Weiss ve arkadaşları (1967) tarafından geliştirilen ölçeğin Türkçe'ye çevrilip geçerlilik ve güvenirlik çalışmaları Baycan (1985) tarafından yapılmıştır. Ölçekte cevaplar 5'li likert tipindedir. Ölçeğin cronbach alpha katsayısı 0.77'dir. Ölçeğin iki boyutu vardır: içsel ve dışsal tatmin. Ölçek 20 maddeye sahiptir. Alınan puanlar arttıkça iş doyumu da artmaktadır.

Bağımsız Değişkenler

APS Mükemmeliyetçilik Ölçeği: Slaney ve Johnson (1992) tarafından geliştirilen ölçeğin yenileme çalışmaları yapılmıştır (Slaney ve Ashby, 1996; Slaney vd., 2001). Türkçe'ye uyarlanması Sapmaz (2006) tarafından yapılmıştır. Ölçek 23 maddeden oluşmaktadır. Üç alt boyutu vardır:

Yüksek standartlar, düzen ve çelişki. Sapmaz (2006) çalışmasında "tatminsizlik" alt boyutunu eklemiştir. Uyarlanmış hali dört alt boyutludur ve bu boyutların Cronbach alfa katsayıları yüksek standartlar için 0,72, düzen için 0,83, tatminsizlik için 0,81 ve çelişki için 0,72 olarak belirtilmiştir. Düzen ve yüksek standartlar alt boyutlarından yüksek puan alan bireyler uyumlu mükemmeliyetçiler, çelişki ve tatminsizlik alt boyutlarından yüksek puan alan bireyler uyumsuz mükemmeliyetçiler olarak nitelendirilmiştir.
Demografik Özellikler: Araştırma kapsamında, akademisyenlerin cinsiyet, yaş, unvan, iş deneyimi, medeni durumu gibi demografik özellikleri hakkında bilgi toplanmıştır.

Veri Toplama Araçlarının Uygulanması
Araştırmanın yürütülebilmesi için öncelikle Bursa Teknik Üniversitesi etik kurulundan gerekli izin alınmıştır. Üniversitelerin akademik personellerine üniversitelerinin web sitesinde belirtilen e-posta adresleri aracılığı ile ölçekler gönderilmiştir. Ölçekler gönderilirken Google Foms arayüzü kullanılmıştır.

Verilerin Analizi
Veriler SPSS 27 programı ile analiz edilmiştir. Normallik testlerinin ardından Pearson korelasyon analizleri ve çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır.

BULGULAR

Korelasyon Analizleri
Cinsiyet, yaş ve unvan değişkenlerinin iş doyumu ile ilişkisini incelemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçların literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Analiz sonuçlarına göre iş doyumu, **cinsiyet** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir. **Yaş** ve **ünvan** değişkenleri arttıkça iş doyumunun da yükseldiği bulunmuştur. Yaş, unvan ve cinsiyet değişkenlerinin korelasyon değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Cinsiyet, Yaş ve Ünvanın İş Doyumu ile Korelasyonu

		Cinsiyet	**Yaş**	**Ünvan**
İş Doyumu	Pearson Korelasyon	.07	.21**	.26**
	Hata	.147	<.001	<.001
	N	574	574	574

**p < 0.01 seviyesinde anlamlıdır.

Regresyon Analizleri
Unvan, yaş, uyumlu ve uyumsuz mükemmeliyetçiliğin iş doyumu üzerindeki yordayıcılığını incelemek amacıyla çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu regresyon analizine göre model anlamlı bulunmuştur ($F(4, 569) = 18.52$, $p < .001$)**.** Uyumlu mükemmeliyetçilik ($\beta = .17$, $p < .001$) iş doyumunu pozitif yönde, uyumsuz mükemmeliyetçilik ($\beta = -.22$, $p < .001$) ise negatif yönde yordamaktadır. Ayrıca unvan değişkeni ($\beta = .20$, $p = .002$) anlamlı bir pozitif yordayıcıdır. Yaş değişkeni anlamlı bulunmamıştır ($p > .05$). Model genel olarak iş doyumundaki varyansın %11.5'ini açıklamaktadır ($R^2 = .115$). Modele ilişkin veriler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Yordayıcı değişkenlerin çoklu regresyon analizi

Yordayıcı değişken	R2	Düz.R2	F	p	β	T	P(t)
Model	.12	.11	.19	.001			
Unvan					.20	3.19	.002
Yaş					.03	.47	.64
Uyumlu Mükemmelliyetçilik					.17	3.96	.001
Uyumsuz Mükemmeliyetçilik					-.22	-5.09	.001

a.Bağımlı değişken: iş doyumu

TARTIŞMA VE SONUÇ

Mükemmeliyetçiliğin bireylerde her zaman olumsuz sonuçlar yaratmadığını açığa çıkarmak amacıyla yapılan bu araştırma akademisyenlerdeki mükemmeliyetçiliğin uyumlu ve uyumsuz boyutlarının iş doyumundaki yordayıcı rollerini açığa kavuşturmaktadır. Sonuçlar, mükemmeliyetçiliğin uyumlu yönünün iş doyumunu desteklerken, uyumsuz yönünün olumsuz etki ettiğini göstermektedir. Bu da mükemmeliyetçiliğin uyumsuz ve uyumlu boyutlarının daha sık çalışılmasının gerekliliğini göstermektedir.

Literatürde ortak bir görüşe varılamamış olan cinsiyet, ünvan ve yaş değişkenliklerinin akademisyenlerde iş doyumuna etkisi bakılmıştır. İş doyumunun cinsiyet değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermediği görülmüştür. Literatürde de cinsiyetin iş doyumunu belirleyen temel bir değişken olmadığını öne süren çalışmalar yoğunluktadır. Cinsiyetler arası farklılaşmanın günümüzde azalmış olması bu sonuç ile ilişkilendirilebilir.

Yaş yükseldiğinde iş doyumunun da yükseldiği bulunmuştur. Bu bulgu, kişilerin daha uzun süredir çalıştığı iş yerlerinde rollerinin ve sınırlarının daha belrgin olması, mesleki anlamda yeterli hissetmeleri gibi sebeplere dayandırılabilir. Literatürde de yaş ilerledikçe iş doyumunun arttığına dair olan bulgular çoğunluktadır.

Benzer şekilde, akademik ünvanın yükselmesiyle iş doyumunun artması, ünvanları daha yüksek olan akademisyenlerin hareket alanının çok daha geniş olması, bazı karar alma süreçlerinde söz sahibi olması, prestijli görünmesi gibi iş doyumunu destekleyen faktörlere sahip olmalarıyla açıklanabilir.

Bahsedilen değişkenlerde akademisyen örneklemini kullanan çalışmalar az sayıda da olsa mevcuttur fakat bu çalışmaların örneklemi genellikle tek bir üniversite yahut tek bir şehirle sınırlı kalmaktadır. Bu araştırmada verilerin Türkiye'nin tüm bölgelerinden alınması araştırmanın katkılarındandır.

Bu araştırmanın sınırlılıkları bulunmaktadır. Verilerin öz-bildirim yöntemi kullanılarak toplanması ve katılımcıların sosyal beğenirliğe göre cevaplama olasılıkları çalışmanın sınırlılığı olarak gösterilebilir. E-posta yolu ile gönderilen anketleri, birçok yerden e-posta alan akademisyenlerin yanıtlama oranı düşüktür. Demografik bilgi formunun dolumunda, kimliğinin açığa çıkacağı kaygısı yaşayan akademisyenler formu doldurmamışlardır.

KAYNAKLAR

Dikmen, A. A. (1995). İş doyumu ve yaşam doyumu ilişkisi. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, *50*(03).

Eğinli, A. T. (2009). Çalişanlarda İş Doyumu: Kamu Ve Özel Sektör Çalişanlarinin İş Doyumuna Yönelik Bir Araştirma. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, *23*(3), 35-52.

Fedewa, B. A., Burns, L. R., & Gomez, A. A. (2005). Positive and negative perfectionism and the shame/guilt distinction: Adaptive and maladaptive characteristics. *Personality and individual differences*, *38*(7), 1609-1619.

Flett, G. L., Hewitt, P. L., & Dyck, D. G. (1989). Self-oriented perfectionism, neuroticism and anxiety. *Personality and individual differences*, *10*(7), 731-735.

Frost, R. O., Marten, P., Lahart, C., & Rosenblate, R. (1990). The dimensions of perfectionism. *Cognitive therapy and research*, *14*, 449-468.

GAMSIZ, Ş., YAZICI, H., & ALTUN, F. (2013). ÖĞRETMENLERDE A TİPİ KİŞİLİK, STRES KAYNAKLARI, ÖZ YETERLİK VE İŞ DOYUMU. *Electronic Turkish Studies*, *8*(8).

Hamachek, D. E. (1978). Psychodynamics of normal and neurotic perfectionism. *Psychology: A journal of human behavior*.

Hoppock, R. (1935). Job satisfaction.

Judge, T. A., & Hulin, C. L. (1993). Job satisfaction as a reflection of disposition: A multiple source causal analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *56*(3), 388-421.

Locke, E. A. (1970). Job satisfaction and job performance: A theoretical analysis. *Organizational behavior and human performance*, *5*(5), 484-500.

Sevimli, F., & İşcan, Ö. F. (2005). Bireysel ve iş ortamina ait etkenler açisindan iş doyumu. *Ege Academic Review*, *5*(1), 55-64.

Vroom, V. H. (1964). Work and Motivation, New York: Wiley

Zhu, Y. (2013). A review of job satisfaction. *Asian Social Science*, *9*(1), 293.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

DİNİ OBSESYONLARDA STRESİN OBSESİF-KOMPULSİF BELİRTİ ŞİDDETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: YBOCS VE DASS-21 İLE YAPILAN KESİTSEL BİR ANALİZ

Arda Kazım DEMİRKAN
Liv Hospital, Psikiyatri Bölümü
ORCID: 0000-0002-1982-5569

ÖZET
Dini içerikli obsesyonlar, suçluluk, günahkârlık ve ahlaki ihlallerle ilgili zorlayıcı düşünceler ve bu düşünceleri nötralize etmeye yönelik törensel davranışlarla karakterize, obsesif kompulsif bozukluğun (OKB) klinik açıdan önemli bir alt türünü oluşturmaktadır. OKB'ye eşlik eden depresyon ve anksiyete gibi duygusal faktörler yaygın olmakla birlikte, özellikle stres düzeyinin dini obsesyonların şiddeti üzerindeki özgül etkisi yeterince araştırılmamıştır. Bu çalışma, dini düşünsel obsesyonları baskın olan OKB hastalarında obsesif-kompulsif belirti şiddeti ile depresyon, anksiyete ve stres düzeyleri arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamıştır. Dini içerikli obsesyon bildiren 41 hastaya Yale-Brown Obsesyon Kompulsiyon Ölçeği (YBOCS) ve Depresyon-Anksiyete-Stres Ölçeği-21 (DASS-21) uygulanmıştır. Pearson korelasyon analizi, stres puanlarının hem obsesyon şiddeti ($r = 0.386$, $p = 0.013$) hem de kompulsiyon şiddeti ($r = 0.401$, $p = 0.010$) ile anlamlı ve pozitif ilişkili olduğunu; buna karşın depresyon ve anksiyete puanlarının YBOCS puanlarıyla ilişkili olmadığını göstermiştir. Bağımsız örneklem t-testi, cinsiyetler arasında depresyon ve anksiyete düzeylerinde fark olmadığını, ancak stres puanlarının kadınlarda daha yüksek olma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, dini obsesyonları olan OKB hastalarında stresin semptom şiddetini belirleyen başlıca duygusal değişken olduğunu düşündürmektedir. Klinik açıdan bakıldığında, tedavi programlarına stres düzenleme müdahalelerinin, örneğin farkındalık temelli yaklaşımların, gevşeme tekniklerinin veya duygu düzenleme odaklı terapilerin eklenmesi, belirtilerin azaltılmasında yararlı olabilir. Daha geniş örneklemler ve boylamsal tasarımlar içeren gelecekteki çalışmalar, stresin OKB patofizyolojisi üzerindeki nedensel rolünü daha iyi aydınlatacaktır.
Anahtar Kelimeler: OKB, stres, depresyon, kaygı.

THE EFFECT OF STRESS ON OBSESSIVE-COMPULSIVE SYMPTOM SEVERITY IN RELIGIOUS OBSESSIONS: A CROSS-SECTIONAL ANALYSIS WITH YBOCS AND DASS-21

ABSTRACT
Religious obsessions represent a clinically significant subtype of obsessive–compulsive disorder (OCD), often characterized by intrusive thoughts related to guilt, sin, or moral violation, and accompanied by distressing ritualized behaviors. Although emotional factors such as anxiety and depression frequently accompany OCD, the specific role of stress in symptom severity among patients with religious obsessions remains unclear. The present study aimed to examine the association between obsessive–compulsive symptom severity and depressive, anxious, and stress-related emotional dimensions in individuals presenting with predominant religious obsessions.

Forty-one OCD patients reporting religious intrusive thoughts were evaluated using the Yale–Brown Obsessive Compulsive Scale (YBOCS) and the Depression Anxiety Stress Scale-21 (DASS-21). Pearson correlation coefficients showed that stress scores were significantly positively correlated with both obsession severity ($r = .386$, $p = .013$) and compulsion severity ($r = .401$, $p = .010$), whereas neither depression nor anxiety scores were associated with YBOCS measures. Independent samples t-tests revealed no significant sex differences across DASS-21 subscales, although stress scores showed a trend toward higher levels in women. These results suggest that stress, rather than depression or anxiety, is the most relevant emotional factor contributing to obsessive–compulsive symptom severity in religious OCD presentations. Clinically, the findings highlight the importance of incorporating stress-regulation strategies, such as mindfulness-based interventions, relaxation techniques, and emotion-regulation therapies, into treatment planning for patients with scrupulosity. Future studies with larger samples and longitudinal designs are warranted to further clarify the causal direction between stress and OCD symptomatology in this unique subgroup.
Keywords: OCD, stress, depression, anxiety.

ANTROPOMORFİZM VE SOSYAL KİMLİK

Dr. Öğr. Üyesi Ecem OLÇUM
Karabük Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Psikoloji Bölümü
ORCID: 0000-0001-5758-2468

ÖZET
Antropomorfizm (anthropomprhism; insansılaştırma), insan dışı varlıklara insan özellikleri, ihtiyaçları ve niyetleri atfetmeyi ifade eder ve bu, doğal ve evrensel bir insan eğilimi olarak kabul edilir. Nesneleri ve varlıkları insan benzeri olarak algılamak, çevrenin yorumlanmasını kolaylaştıran sosyal ipuçları sağlar ve böylece çevre daha anlaşılır ve öngörülebilir hale gelir. İnsan-robot etkileşimi bağlamında, antropomorfizm giderek daha fazla araştırılan bir konu haline gelmiştir; özellikle insan benzeri görsel özellikler ve/veya dil yetenekleri ile donatılmış yapay zekâ, robotlar ve akıllı asistanlar günlük yaşama entegre olmaya başladıkça bu ilgi artmaktadır. Teknolojik gelişmeler hızla ilerliyor olsa da, kullanıcıların bu teknolojileri ne derece kabul ettikleri ve bu kabulü etkileyen faktörler hâlâ araştırılması gereken konular arasında yer almaktadır. İnsan-robot etkileşiminde antropomorfizm, cansız nesnelerin insan benzeri olarak algılanmasını içerir; bu nedenle, etkileşimin öznesi olan kullanıcıyı doğrudan bir sosyal bağlam içinde ele almak yanlış olmaz. Bu noktada, kullanıcının antropomorfize edilmiş nesneye yönelik olumlu veya olumsuz algısı ve dolayısıyla bu nesneyi kullanmaya yönelik istekliliği, insan beyninin sosyal-bilişsel özelliklerinden ve sınırlılıklarından etkilenebilir. Örneğin, kendini ait hissettiği grubun özellikleriyle tanımlayarak sosyal kimliğini oluşturan bir birey, bu gruba ait olmadığını düşündüğü kişilere karşı olumsuz bir önyargı gösterirken bunu, etkileşime girdiği antropomorfik nesnelere de yönlendirebilir. Bu nedenle, robotlar, yapay zekâ veya akıllı asistanlarla etkileşimlerde kullanıcıyı sosyal bir bağlam içinde ele almak, daha kapsamlı bir bakış açısı sunacaktır. Bu kısa derlemenin amacı, insan-teknoloji etkileşimi bağlamında antropomorfizm ve sosyal kimlik arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmaların bir özetini sunmaktır.
Anahtar Kelimeler: antropomorfizm, sosyal kimlik, insan-robot etkileşimi

ANTHROPOMORPHISM AND SOCIAL IDENTITY

ABSTRACT
Anthropomorphism refers to the attribution of human traits, needs, and intentions to nonhuman entities and is considered a natural and universal human tendency. Perceiving objects and beings as human-like provides social cues that facilitate the interpretation of the environment, making it more comprehensible and predictable. Within the context of human–robot interaction, anthropomorphism has become an increasingly prominent area of research, particularly as artificial intelligence, robots, and intelligent assistants—equipped with human-like visual features and/or language abilities—begin to integrate into everyday life.Although technological advancements are progressing rapidly, the extent to which users accept these technologies and the factors influencing this acceptance remain topics that require further investigation. In human–robot interaction, anthropomorphism involves perceiving inanimate objects as human-like; therefore, it would not be inaccurate to consider the user—the subject of the interaction—directly within a social context. At this point, the user's positive or negative perception of the anthropomorphized object, and consequently their willingness to use it, may be influenced by the social-cognitive characteristics of the human brain.

For example, an individual who constructs their social identity by defining themselves through the characteristics of the group to which they feel they belong may exhibit negative bias toward those they perceive as not belonging to that group, and this bias can also be directed toward anthropomorphized entities with which they interact. Therefore, examining users within a social context in interactions involving robots, artificial intelligence, or intelligent assistants provides a more comprehensive perspective. The purpose of this brief review is to present a summary of studies addressing the relationship between anthropomorphism and social identity within the context of human–technology interaction.
Keywords: anthropomprhism, social identity, human-robot interaction

GİRİŞ

İnsan, çevresel uyaranların pasif bir alıcısı rolünde değil; aksine, yorumlayan, özetleyen, uyaran seçen, genellemeler ve çıkarımlar yapan aktif bir beyne sahiptir. Evrimsel olarak hayatta kalmaya hizmet eden bu bilişsel beceriler, kimi zaman olguları sadeleştirerek örüntü tanıma gibi işlevsel beceriler olarak kendini gösterirken kimi zaman ise önyargı ve kalıpyargılar gibi olumsuz veya hatalı sonuçlar da doğurabilecek kısayollar içerebilir. Antropomorfizm, en temelde çevreyi tanıma ve öngörme amacıyla sürdürülen bu bilişsel görevler arasında değerlendirilebilir.

Antropomorfizm (anthropomprhism; insansılaştırma), insan dışı varlıklara insan özellikleri, ihtiyaçları ve niyetleri atfetmeyi ifade eder ve bu, doğal ve evrensel bir insan eğilimi olarak kabul edilir (Waytz vd., 2010). Nesneleri ve varlıkları insan benzeri olarak algılamak, çevrenin yorumlanmasını kolaylaştıran sosyal ipuçları sağlar ve böylece çevre daha anlaşılır ve öngörülebilir hale gelir. Sosyal ipuçları, özellikle çevresel tehditlerin tespit edilmesinde önemli rol oynar. Bu anlamda antropomorfizm, çevresel uyaranlara insana ait "tanıdık" özellikler atfederek algıyı kolaylaştırmanın, çevreyi ve özellikle tehlikeleri tanımlamanın ve yorumlamanın bir yolu olarak ele alınabilir.

İNSAN-ROBOT ETKİLEŞİMİ VE ANTROPOMORFİZM

İnsan-robot etkileşimi (human-robot interaction; HRI), insanların ve robotların birlikte etkileşim halinde var olma sürecine odaklanan disiplinlerarası bir alandır. Bu süreç içinde robotların ve insanların birbirleri ile iletişim kurmaları ve birlikte çalışma süreçleri, alanın temel konusu olarak ele alınır. Bu bağlamda insanların robotlarla, yapay zeka araçları ile ve yapay asistanlarla kurdukları iletişim, sosyal etkileşim, ortak çalışmaları, güven konusu ve etik, alanın odaklandığı konulardandır. İncelenen bu süreçler, yalnızca insan-robot etkileşiminin konusu değil; aynı zamanda insan-insan etkileşiminin de konusudur. Bu anlamda insan-robot etkileşimi, sosyal bir bağlam olarak ele alınabilir. Bu sosyal bağlam içinde robotlarla etkili çalışmanın artırılmasını etkileyen faktörlerin çalışılması önem kazanmaktadır. Antropomorfizm, sosyal ipuçları sağlayarak çevre ile etkileşimi kolaylaştıran bir eğilim olarak ele alındığında, robotların insansılaştırılması konusunda önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle insan benzeri görsel özellikler ve/veya dil yetenekleri ile donatılmış yapay zekâ, robotlar ve akıllı asistanlar günlük yaşama entegre olmaya başladıkça, teknolojik ürünlerin antropomorfikleştirilmesi konusuna ilgi artmaktadır.

Sosyal Aktör Olarak Bilgisayar (Computers Are Social Actors; CASA; Nass vd., 1994) modeline göre insanlar; robotlar, yapay zeka araçları ve bilgisayarlar gibi teknoloji ürünleriyle etkileşimde bulunurken sosyal bir bağlamda insan-insan etkileşimini taklit eder şekilde davranmaktadır. Diğer bir deyişle insanlar, farkında olmadan (veya etkileşime girdikleri nesnenin insan olmadığının farkında oldukları halde) makinelere duygu, kişilik ve niyet atfetmektedir. Örneğin, sosyal yaşam içinde ortaya çıkan cinsiyet rolü aktarımları, bilgisayarlar tarafından üretilen konuşma seslerine de aktarılabilmektedir (Lee et al., 2000).

Erkek sesi ile üretilen text-to-speech materyallerini erkek katılımcılar daha pozitif bulmuşlar; aynı şekilde kadın sesinden üretilen materyalleri de kadın katılımcılar daha pozitif bulmuşlardır. Yapılan diğer bir araştırmada katılımcılar, kendilerine iltifat eden bilgisayarları sosyal olarak daha çekici bulurken yaptıkları yorumların geçerliliğini dikkate almamışlardır (Lee, 2010). Katılımcılar, etkileşimde bulundukları bilgisayarın insan olmadığının farkında olsalar dahi bilgisayar, pozitif bir etki ortaya çıkarmıştır. Ancak; bu farkındalık, katılımcıların zihinleri ikinci bir görevle meşgulken ortadan kalkmıştır. Buradan yola çıkılarak, içinde bulunulan bağlamın ve koşulların, kişilerin antropomorfizm atıflarını etkilediği sonucunu vurgulamak gerekmektedir. Antropomorfizm eğilimi otomatik gerçekleşse bile sosyal çevre içinde insan-insan etkileşimi benzeri atıflar yapılması, otomatik gerçekleşen bir süreç olmaktan ziyade bağlama göre değişen bir yapı olarak ele alınabilir (Kaptelinin & Dalli, 2025). CASAnın ortaya koyduğu otomatik gerçekleşen sosyal atıf modeli yakın zamanda genişletilmiştir. Bu yeni modele göre insanlar, teknoloji konusunda elde ettikleri pek çok deneyim dolayısıyla artık otomatik olarak sosyal atıf yapmak yerine insan-medya etkileşimine yönelik yeni modeller geliştirmektedir (Gambino vd., 2020). Zaman içinde insanların teknolojik gelişmeleri daha fazla kabul eder hale gelmesi, teknolojik ürünlerin çeşitliliğinin artması ve fiziksel özelliklerinin değişerek, gelişerek, daha insansı tasarlanarak daha fazla sosyal ipuçları sunması gibi faktörler, kişilerin bu ürünlerle girdikleri etkileşimin niteliğini farklı kılabilir (Gambino vd., 2020).

SOSYAL KİMLİK

Sosyal Kimlik Teorisi (Tajfel & Turner, 1981)'ne göre sosyal kimlik, kişinin kimliğinin, ait hissettiği gruplar üzerinden oluşturduğu parçasıdır. İzmirli olmak, Türkiyeli olmak, Beşiktaşlı olmak gibi tanımlamalar, sosyal kimliğin bir uzantısıdır. Bu tanımlama, beraberinde "kendi gibi olmayanlar" veya "kendi grubundan olmayanlar"ın da tanımlanmasını getirir. Grup aidiyeti ve ait hissedilmeyen gruplar üzerinden tanımlanan sosyal kimlik, kişilerin tutumlarını, duygularını, bilgi işleme süreçlerini ve dolayısıyla da davranışlarını etkiler. Bu etkileşim, iki yönlü olarak değerlendirilebilir. Sosyal çevrenin etkisiyle sosyal kimlik oluşturulması ve bu oluşturulan kimliğin sosyal çevre ile etkileşimi belirlemesi kaçınılmazdır. Bu anlamda sosyal kimlik, dışsal faktörlerden ve sosyal ilişkilerden etkilenen ve kişinin aidiyet duygusuyla ilişkilendirilen bir kavramdır. Sosyal bir kimlik oluşturmak, en temelde kişinin sosyal çevreyi "biz" ve "siz" olarak kategorilere indirgeyerek anlamlandırmaya ve öngörmeye çalışmasına hizmet eder. "Biz" kategorisine ait olanlar "iç grup", "siz" kategorisine ait olanlar ise "dış grup" olarak adlandırılır. Örneğin, kendi kimliğini "Türkiye'de doğmuş olmak" üzerinden oluşturmuş bir kişi, Türkiye'de doğmuş olan diğer tüm bireyleri iç grup olarak değerlendirirken Amerika'da doğmuş Türk kökenli kişileri dış grup olarak değerlendirebilir. Sosyal kimlik, fiziksel olarak, sosyokültürel olarak (örn., meslek grubu) ve psikolojik olarak (örn., kişilik) kendini gösterebilir (Staffa vd., 2024) ve bu anlamda dinamik bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.

Sosyal kimlik, sosyal bağlamda diğer insanlarla etkileşime giren bireyin davranışlarını ve tutumlarını etkilemesi açısından önem taşır. Kişinin diğerlerine yönelik bakış açısı, iç grup-dış grup değerlendirmelerine göre değişebilir. Bir kişi, kendini ait hissettiği bir grupla birlikteyken (örneğin tuttuğu takımın maçına gittiğinde), genelde göstermediği davranış örüntülerini gruba uyum sağlamak adına gösterebilir (Turner vd., 1987). Dış grup olarak tanımlanan bireylere yönelik olumsuz duygular ve davranış örüntüleri de geliştirilmesi sık rastlanılan bir konudur. Bu açıdan bakıldığında, etkili sosyal bağların kurulması için kişinin sosyal kimlik tanımlarını etkileyen faktörlerin araştırılması önem kazanmaktadır.

Kişilerin oluşturdukları sosyal kimliklerin bu sosyal bağlamın niteliğini etkilediği düşünülürse sosyal bir bağlam olarak ele alınan insan-robot etkileşiminin de sosyal kimlik sonuçlarından etkilenmesi beklenebilir.

İNSAN-ROBOT ETKİLEŞİMİ BAĞLAMINDA ANTROPOMORFİZM VE SOSYAL KİMLİK

Günümüzde teknolojik gelişmeler hızla yayılmakta, bazen kullanıcıların teknolojiyi ne derece kabul edebileceği konusuna fırsat vermeden günlük hayatımız içine defüze olabilmektedir. Özellikle robotlar ve yapay zekâ asistanları düşünüldüğünde, teknolojik ürünlerin yalnızca yararlılığı gündem olmamakta; bunun yanı sıra ürünün tasarımı, kullanıcının bilişsel sınırlılıkları ve duygusal deneyimi de önem kazanmaktadır. İnsan-robot etkileşimi, robotların ve insanların ortaklaşa çalıştığı sosyal bir bağlam olarak değerlendirildiğinde, robotların insansılaştırılması da araştırılması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin gittikçe "iyileşen" büyük dil modelleri (large language models; LLM) ile görev yürüten yapay zekâ asistanlarının insanla olan diyaloğu da gittikçe doğallaşmakta ve insan-insan etkileşimini andıran deneyimler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, bilgisayar tarafından üretilen konuşmanın manipüle edildiği bir çalışmada katılımcıların kişilik özellikleri (içe kapanık veya dışa dönük) ile eşleşen bilgisayar diyalogları (içe kapanık veya dışa dönük), katılımcılar tarafından daha güvenilir bulunmuştur (Nass & Lee, 2000). Katılımcılar, kendi kişilik yapılarına yakın gördükleri bilgisayarla deneyimlerini daha pozitif olarak değerlendirmişlerdir. Bu anlamda, benzer şekilde yapılan sosyal kimlik atıflarının da kullanıcıların antropomorfizm deneyimlerini, aynı şekilde robotların antropomorfik özelliklerinin kişilerin sosyal kimlikleriyle uyumu, insan-robot etkileşiminde önemli bir faktör olabilir.

Robotlara yönelik duygusal yaklaşımlar, antropomorfizmden etkilenebilir. İnsan olmadıkları için doğrudan dış grup olarak değerlendirilmeleri de söz konusu olabilen robotların insansılaştırılması, daha pozitif deneyimler ortaya çıkarabilir. Örneğin, robotlarla etkileşim söz konusu olduğunda, dış grup üyeleriyle etkileşime girerken "yabancılık" ve "belirsizlik" faktörlerinin de etkisiyle gruplararası kaygı (intergroup anxiety) (Tajfel & Turner, 1981) yaşanması olasılığını ele alan çalışmalar mevcuttur (Nomura vd., 2006). Ancak; robotların fiziksel ve/veya dilsel insansılığı, robotlarla olan sosyal etkileşimi daha gerçekçi kılabilir ve antropomorfik özellikler, sosyal ipuçları sağlayarak hissedilen belirsizliği ve negatif duyguları ortadan kaldırabilir. Robotların sosyal kimlik sergilemesi, insanlar tarafından bu robotların daha güvenilir ve empatik algılanmasını sağlayabilmektedir (Staffa vd., 2024). Ancak bu durum, robotun pozitif veya negatif bir kişilik sergilemesine göre değişiklik gösterebilmektedir (Staffa vd., 2024). İnsan-insan etkileşimine benzer bu gerçeğe yakın sosyal bağlamda ise kişilerin oluşturdukları sosyal kimliklerin, bu etkileşimi belirlemesi söz konusu olabilir. Kuchenbrandt ve meslektaşlarının (2013) yaptığı bir çalışmada, insanların etkileşime girdikleri robotları, kendi ait hissettikleri grupların bir üyesi olarak nitelendirdiklerine dair kanıtlar elde edilmiştir. Katılımcıların etkileşime girdikleri robotu iç grup üyesi olarak algılaması, robotun daha antropomorfik, diğer bir deyişle daha insansı olarak algılanması ve daha pozitif değerlendirilmesi ile sonuçlanmıştır. Bu iki zıt görünen bakış açısı, bu bağlamda antropomorfizm düzeyinin önemli olabileceğine dikkat çekebilir.

Tekinsiz Vadi Etkisi (Uncanny Valley Effect; Mori vd., 2012), robotların insansı algılanması spektrumu üzerinde insanın değişen duygu deneyimini ifade eden bir terimdir. Robotların gittikçe insana yaklaşan özellikleri, pozitif duygu deneyimini de beraberinde getirir. Ancak; robotların insana çok fazla benzemeye başladığı noktada duygu deneyimi, negatife doğru sert bir düşüş göstererek dik bir vadi görüntüsü çizer (Mori vd., 2012). Huang ve meslektaşları (2021), antropomorfizm düzeyinin önemini iki şekilde açıklamaktadır: gerçekçi tehdit (realistic threat) ve kimlik tehdidi (identity threat).

Robotların insanların işlerini elinden alacağı tehdidi, temel insani ihtiyaçlara yönelik bir tehdit olarak algılanabileceği için gerçekçi bir tehdit olarak değerlendirilebilir. Bu rekabet ortamı, özellikle otonom robotlar ve yüksek antropomorfizme sahip robotlar için daha belirgin olarak algılanmakta, bu da dış grup üyelerine yöneltilen "düşmanlığın" robotlara yöneltilmesine yol açabilmektedir (Huand vd., 2021). Yüksek antropomorfizme sahip bir robot, aynı zamanda insan ve robot cinsleri arasındaki net ayrımı bulanıklaştırmakta ve bir kimlik tehdidi yaratabilmektedir. Bu nedenle yüksek antropomorfizme sahip robotlar, düşük antropomorfizme sahip robotlara kıyasla daha negatif algılanabilmektedir. Bu bağlamda, sosyal kimliğin de katkı sağladığı antropomorfizm deneyiminin düzeyi, insan ve robot arasındaki etkileşimi etkileyen önemli faktörlerden biridir.

SONUÇ

İnsan-robot etkileşimi bağlamında, antropomorfizm giderek daha fazla araştırılan bir konu haline gelmiştir. Özellikle insan benzeri görsel özellikler ve/veya dil yetenekleri ile donatılmış yapay zekâ, robotlar ve akıllı asistanlar günlük yaşama entegre olmaya başladıkça bu ilgi artmaktadır. Teknolojik gelişmeler hızla ilerliyor olsa da, kullanıcıların bu teknolojileri ne derece kabul ettikleri ve bu kabulü etkileyen faktörler hâlâ araştırılması gereken konular arasında yer almaktadır. İnsan-robot etkileşiminde antropomorfizm, cansız nesnelerin insan benzeri olarak algılanmasını içerir; bu nedenle, etkileşimin öznesi olan kullanıcıyı doğrudan bir sosyal bağlam içinde ele almak yanlış olmaz. Bu noktada, kullanıcının antropomorfize edilmiş nesneye yönelik olumlu veya olumsuz algısı ve dolayısıyla bu nesneyi kullanmaya yönelik istekliliği, insan beyninin sosyal-bilişsel özelliklerinden ve sınırlılıklarından etkilenebilir. Örneğin, kendini ait hissettiği grubun özellikleriyle tanımlayarak sosyal kimliğini oluşturan bir birey, bu gruba ait olmadığını düşündüğü kişilere karşı olumsuz bir önyargı gösterirken bunu, etkileşime girdiği antropomorfik nesnelere de yönlendirebilir. Bu durum, etkileşimin niteliğini belirleyici bir unsur olabilir. Teknolojinin emekleme çağında ortaya atılan CASA modeline göre insanlar, insan-insan etkileşimine ait özellikleri insan-teknoloji etkileşimine de olduğu gibi aktarmakta idi (Nass vd., 1994). Günümüzde teknolojinin daha fazla benimsenmesi ile bu modelin güncel yaklaşımları, insan-medya araçları etkileşimi olarak yeni bir kavram ortaya atmıştır (Gambino vd., 2020). Buna göre insanlar, medya araçlarına (bilgisayarlar, robotlar, yapay zeka asistanları v.b.) insanmış gibi davranmak yerine yeni bir sosyal etkileşim repertuarı geliştirmektedir. İnsan-insan etkileşiminden kopup insan-medya araçları etkileşimine geçen insan, ileride tersi bir aktarım geliştirerek insanlarla olan sosyal etkileşimlerine de insan-medya araçları etkileşimi özelliklerini atfeder hale gelebilir (Gambino vd., 2020). Şüphesiz ki merak uyandırıcı ve aynı zamanda tedirgin edici olan bu iddia, daha fazla araştırma gerektiren bir konudur. Bu nedenle, robotlar, yapay zekâ veya akıllı asistanlarla etkileşimlerde kullanıcıyı sosyal bir bağlam içinde ele almak, daha kapsamlı bir bakış açısı sunabilir.

Son olarak, şunu unutmamak gerekir ki robotlar veya yapay zeka araçlarını da içeren makinalar, gittikçe daha fazla antropomorfik özellikler taşısalar dahi hiçbir zaman insan olamayacaklardır. Sınırlı insan beyni, insanı robotlar karşısında daha güçsüz yapmak yerine ancak daha yaratıcı yapabilir. Çünkü insan, makinaların aksine, hayatta kalma güdüsü olan bir canlıdır.

KAYNAKLAR

Huang, H-L., Cheng, L-K, Sun, P-C., & Chou, S-J. (2021). The effects of perceived identity threat and realistic threat on the negative attitudes and usage intentions toward hotel service robots: The moderating effect of the robot's anthropomorphism. *International Journal on Social Robotics, 13*: 1599-1611. https://doi.org/10.1007/s12369-021-00752-2

Kaptelinin, V. & Dall, K. C. (2025, March). Understanding contextual framing: A nonessentialist perspective on social interactions with technological artifacts. In IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) (pp.1121-1130).

Kuchenbrandt, D., Eyssel, F., Bobinger, S., & Neufeld, M. (2013). When a robot's group membership matters. *Int J Soc Robot, (5),* 409–417. doi: 10.1007/s12369-013-0197-8

Lee, E. J., Nass, C., & Brave, S. (2000, April). Can computer-generated speech have gender? An experimental test of gender stereotype. In CHI'00 extended abstracts on human factors in computing systems (pp. 289-290).

Gambino, A., Fox, J., & Ratan, R. A. (2020). Building stronger CASA: Extending the computers are social actors paradigm. *Human-Machine Communication, 1,* 71-85. doi: 10.30658/hmc.1.5

Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The uncanny valley: The original essay by Masahiro Mori. In IEEE Spectrum. https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/humanoids/the-uncanny-valley

Nass, C., & Lee, K. M. (2000, April). Does computer-generated speech manifest personality? An experimental test of similarity-attraction. In CHI Letters, 2(1), 329-336.

Nass, C., Steuer, J., & Tayber, E. R. (1994, April). Computers are social actors. In CHI Human Factors in Computing Systems, 72-78.

Nomura, T., Kanda, T., & Suzuki, T. (2006). Experimental Investigation into influence of negative attitudes toward robots on human-robot interaction. *AI & Soc, 20*, 138-150. doi: 10.1007/s00146-005-0012-7

Seaborn, K. (2025). Social identity in human-agent interaction: A primer. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction,* 1-27. https://doi.org/10.1145/376050

Staffa, M., D'Errico, L., & Maratea, A. (2024). Influence of social identity and personality traits in human-robot interactions. Robotics, 13, 144. https://doi.org/10.3390/robotics13100144

Tajfel, H., & Turner, J. C. (1981). Intergroup behaviour. Introducing social psychology, 401-477.

Turner, J. C., Hogg, M. A., Oakes, P. J., Reicher, S. D., & Wetherell, M. S. (1987). Rediscovering the social group: A self-categorization theory. Oxford, UK: Basil Blackwell.

Waytz, A., Cacioppo, J., & Epley, N. (2010). Who sees human? The stability and importance of individual differences in anthropomorphism. Perspectives on Psychological Science, 5(3), 219-232.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

NİTEL ARAŞTIRMALARDA KODLAYICILAR ARASI UZLAŞMANIN İMKAN VE KISITLARI

Zeynep KURNAZ
Karabük Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Sosyoloji Bölümü
ORCID: 0000-0002-7648-8992

ÖZET
Nitel araştırmalar, yaygınlık kazanmaya başladığında bilim otoriteleri tarafından öznellik eleştirisi ile karşılanmıştır. Veri analizi süreçlerinde kodlamaların standartlaştırılmasına ilişkin boşluklar önemli bir sorun olarak görülmüştür. Bu nedenle nitel araştırmacılar için birden fazla kodlayıcının aynı veriyi kodlayarak ortak anlam üretip üretmediğini ölçen testler önerilmiştir. Bu işlem için kodlayıcılar arası uzlaşma olarak tanımlanmıştır. Böylece nitel araştırmalarda güvenirlik ve geçerliliğin sağlanması beklenmektedir. Başlangıçta takım çalışmalarında uygulanan ve takım üyelerinin veri üzerinde ortak bir dil oluşturmasını sağlayan bir yaklaşım iken, zamanla yalnız çalışan nitel araştırmacılar için de kodlayıcılar arası uzlaşma testleri talep edilmeye başlanmıştır. Kodlayıcılar arası uzlaşmanın temel amacı şeffaflık ve dış denetim sağlamaktır. Bireysel ön yargılardan sıyrılmanın ve ortak anlam çerçevesi oluşturmanın bir yolu olarak görülmüştür. Ancak nitel araştırmalarda kodlayıcılar arası uzlaşma yapmak sanıldığı kadar kolay bir süreç değildir. Çünkü nitel veriler, nicel veriler gibi standartlaştırılması kolay veriler değildir. Kodlayıcılar arası uzlaşma süreçleri ile ilgili dört temel eleştiri sunulmaktadır. İlk olarak kodlayıcılar arsı uzlaşma ölçümleri ile pozitivist standartlar nitel araştırmalara ithal edilmektedir. Bu durum yorumsamacı paradigma ile açık bir çatışmayı ortaya çıkartmaktadır. İkinci eleştiri kodlama birimi ve yorum farklılıkları sorunlarına dayanmaktadır. Metnin kodlanacak birimlerinin belirlenmesi, tekrarlayan kodlar ve yorum ihtiyacının ortaya çıkması gibi durumlarda kodlayıcıların kusursuz bir uzlaşmaya ulaşmasının olanağı azalmaktadır. Üçüncü eleştiri istatistiksel sorunlarla ilgilidir. Kodlamalarla ilgili olarak kodlayıcılar yüksek bir mutabakat sağlamış olsa da test sonuçlarının düşük çıkması önemli bir paradokstur. Buna ek olarak testlerin yüksek puanlı olması ise yine araştırmacılar için yanıltıcı bir kesinlik algısı yaratabilmektedir. Son olarak ise kaynak ve süreçlerin yönetilmesinde kodlayıcılar arası uzlaşma süreçleri maliyetli görünmektedir. Ancak tüm zorluklara rağmen nitel araştırmacılar için kodlayıcılar arası uzlaşma halen önemli bir güvenirlik (trustworthiness) stratejisidir. Bu noktada araştırmacılar kodlama süreçlerine ilişkin kararlarını netleştirmeli, kod kılavuzları hazırlamalı ve yüksek uyum beklentisinden ziyade bir mutabakat arayışında olmalıdırlar. Bu süreci yöntem bölümlerinde şeffaf bir biçimde anlatmalıdırlar
Anahtar Kelimeler: Nitel Araştırmalar, Nitel Veri Analizi, Kodlayıcılararası Uzlaşma.

POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF INTER-CODER AGREEMENT IN QUALITATIVE RESEARCH

ABSTRACT
When qualitative research began to gain popularity, it was met with criticism from scientific authorities regarding subjectivity. Gaps in the standardization of coding in data analysis processes were seen as a significant problem. Therefore, tests were proposed for qualitative researchers to measure whether multiple coders could produce a common meaning by coding the same data. This process has been defined as inter-coder agreement. Thus, reliability and validity are expected to be ensured in qualitative research.

Initially applied in teamwork and serving as an approach that enables team members to develop a common language on the data, inter-coder agreement tests have gradually become required for qualitative researchers working alone as well. The fundamental purpose of inter-coder agreement is to ensure transparency and external oversight. It has been seen as a way to overcome individual biases and establish a common framework of meaning. However, achieving inter-coder agreement in qualitative research is not as straightforward a process as it may seem. This is because qualitative data are not as easily standardized as quantitative data. Four fundamental criticisms are presented regarding inter-coder agreement processes. First, inter-coder agreement measurements import positivist standards into qualitative research. This situation creates an obvious conflict with the interpretive paradigm. The second criticism is based on issues of coding unit and interpretation differences. The possibility of coders reaching perfect agreement is reduced in situations such as determining the units to be coded in the text, the emergence of repeated codes, and the need for interpretation. The third criticism concerns statistical problems. Although coders have achieved a high level of agreement on the codings, the low test results are a significant paradox. In addition, high test scores can create a misleading sense of certainty for researchers. Finally, the processes of reaching agreement among coders appear costly in terms of managing resources and processes. However, despite all the difficulties, inter-coder agreement remains an important trustworthiness strategy for qualitative researchers. At this point, researchers should clarify their decisions regarding coding processes, prepare coding guidelines, and seek consensus rather than expecting high agreement. They should describe this process transparently in the methods section.

Keywords: Qualitative Research, Qualitative Data Analysis, Inter-Coder Agreement.

İKİLİ KARŞITLIKLARIN ÖTESİNDE: ÇEVRECİLİKTE KONUMLANMALAR VE KESİŞİMLER

Özkan ÖZTÜRK
Karabük Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Sosyoloji Bölümü
ORCID: 0000-0001-6165-5009

ÖZET
Bu sunum, günümüz çevrecilik tartışmalarını domine eden ve literatürde sıklıkla "Derin Ekoloji" ile "Sığ Ekoloji" ayrımı üzerinden kurulan yapay ikilikleri sorgulamayı amaçlamaktadır. Geleneksel anlatı, çevresel hareketleri genellikle uzlaşmaz iki zıt kutup olarak tasnif eder: Bir yanda mevcut sosyo-ekonomik düzen içinde pragmatik iyileştirmeler ve kaynak yönetimi arayan "insanmerkezci" (antroposentrik) reformistler; diğer yanda ise köklü bir paradigma değişimi, sistemik bir kopuş ve doğanın içsel değerine dayalı manevi bir dönüşüm talep eden "doğamerkezci" (ekosentrik) radikaller. Ancak bu sunum, söz konusu konumlanmaların birbirini dışlayan mutlak karşıtlıklar değil, geniş ve dinamik bir spektrumun farklı noktaları olduğunu iddia etmektedir. Analiz, çevresel duyarlılıkların kesin sınırlarla ayrılmış kategorilerden ziyade, etik kabuller ve politik stratejiler açısından dereceli geçişler içeren bir süreklilik arz ettiğini ortaya koyacaktır. Sunum boyunca, "eko-sosyalizm", "çevresel adalet" veya "sosyal ekoloji" gibi hibrit akımların, bu spektrumun uçları arasında nasıl köprüler kurduğu ve her iki kutuptan da argümanları nasıl sentezlediği incelenecektir. Farklı çevrecilikler arasındaki temel fark amaçta değil, krizin tanımında ve önerilen çözümün derinliğinde yatmaktadır. Bu spektral yaklaşım, teorik saflık arayışının yarattığı kutuplaşmayı aşarak, ekolojik krizin aciliyeti karşısında farklı grupların iş birliği yapmasına zemin hazırlar. Sonuç olarak sunum, çevreciliği çatışan ideolojiler yığını olarak değil; ortak bir varoluşsal tehdide karşı geliştirilen, birbirini dışlamaktan çok tamamlayan, iç içe geçen ve evrilen stratejiler bütünü olarak yeniden okumayı önermektedir.
Anahtar Kelimeler: Çevre, Ekoloji, Çevrecilik, İnsanmerkecilik, Sosyal Ekoloji.

BEYOND BINARY OPPOSITIONS: POSITIONINGS AND INTERSECTIONS IN ENVIRONMENTALISM

ABSTRACT
This presentation aims to question the artificial dualities that dominate contemporary environmentalism discussions, which are frequently established through the distinction between "Deep Ecology" and "Shallow Ecology." The traditional narrative generally classifies environmental movements as two irreconcilable poles: On one side, "human-centered" (anthropocentric) reformists seeking pragmatic improvements and resource management within the current socio-economic order; on the other, "nature-centered" (ecocentric) radicals demanding a fundamental paradigm shift, a systemic rupture, and a spiritual transformation based on nature's intrinsic value. However, this presentation argues that these positionings are not mutually exclusive absolute opposites, but rather different points located within a wide and dynamic spectrum. The analysis will reveal that environmental sensibilities, rather than being categories separated by strict boundaries, present a continuity containing gradual transitions in terms of ethical assumptions and political strategies. Throughout the presentation, it will be examined how hybrid currents such as "eco-socialism," "environmental justice," or "social ecology" build bridges between the ends of this spectrum and synthesize arguments from both poles. The fundamental difference between various environmentalisms lies not in the ultimate aim, but in the definition of the crisis and the depth of the proposed solution. This spectral approach prepares the ground for collaboration among different groups in the face of the urgency of the ecological crisis by overcoming the polarization created by the search for theoretical purity. Consequently, the presentation proposes re-reading environmentalism not as a collection of conflicting ideologies, but as a set of evolving, intertwining, and complementary strategies developed against a common existential threat.
Keywords: Environment, Ecology, Environmentalism, Anthropocentrism, Social Ecology.

GİRİŞ

Çevrecilik literatürü, özellikle 1970'lerden itibaren, çevresel düşünce ve hareketleri iki zıt kutup etrafında sınıflandırma eğilimi göstermiştir. Arne Naess'in (1990) geliştirdiği "derin ekoloji" ve "sığ ekoloji" ayrımı, bu ikili okumanın en etkili kavramsal çerçevesini oluşturur. Buna göre bir tarafta, doğanın yalnızca insan ihtiyaçları bakımından taşıdığı araçsal değeri merkeze alan, mevcut sosyo-ekonomik sistem içinde kısmi iyileştirmeler ve kaynak yönetimi arayan "insanmerkezci" (antroposentrik) yaklaşımlar; diğer tarafta ise doğanın içsel değerini temel alan, köklü bir paradigma değişimi ve sistemik kopuş talep eden "doğamerkezci" (ekosentrik) yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu anlatı, çevre hareketlerini, neredeyse uzlaşmaz iki karşıt ideolojik blok olarak temsil etmektedir. Hem teorik hem de pratik düzeyde, bu tür katı ikiliklerin açıklayıcılığı giderek sorgulanmaktadır. Çevre hareketlerinin tarihsel gelişimi, aktörlerin ve söylemlerin önemli bir kısmının, söz konusu iki kutbun tam ortasında, onların öğelerini belli oranlarda melezleştiren ara konumlar işgal ettiğini göstermektedir. Eko-sosyalizm, çevresel adalet ve sosyal ekoloji gibi hibrit akımlar, derin ekolojinin radikal sistem eleştirilerini, sığ ekolojinin reformcu araçları ve adalet odaklı perspektifleriyle birleştiren ara pozisyonlara işaret eder. Dolayısıyla çevreciliği iki homojen bloktan oluşan bir alan olarak değil, etik kabuller, kriz tanımı ve politik stratejilerin farklı yoğunluklarda iç içe geçtiği bir spektrum olarak düşünmek daha isabetli görünmektedir.

Bu metin, derin/sığ ekoloji ikiliğinin çevrecilik tartışmalarındaki hegemonik konumunu eleştirel bir perspektiften ele almayı ve çevrecilik alanını ikili karşıtlık yerine süreklilik içeren bir spektrum olarak kavramsallaştırmayı önermektedir. Çalışmanın temel savı, çevreci akımlar arasındaki farklılıkların nihai hedefler bakımından radikal bir ayrışmadan ziyade, ekolojik krizin nasıl tanımlandığı ve çözümün toplumsal yapıya ne ölçüde müdahale etmeyi gerektirdiği konularında yoğunlaştığıdır. Bu nedenle çevreciliği, çatışan ve birbirini dışlayan ideolojilerden oluşan bir kümeler toplamı olarak değil, ortak bir varoluşsal tehdide karşı geliştirilmiş, dereceli farklılıklar içeren, zamanla evrilen ve birbirini kısmen tamamlayan stratejiler bütünü olarak yeniden okumak mümkündür.

Metin üç bölümden oluşmaktadır. Kavramsal çerçevede, derin/sığ ekoloji ayrımının ortaya çıkış koşulları ve bu ayrımı besleyen antroposentrizm/ekomerkezcilik tartışmaları ele alınacak; ardından çevrecilik alanının spektrum olarak kavranmasına imkân sağlayan temel eksenler tartışılacaktır. Bulgular bölümünde, eko-sosyalizm, çevresel adalet ve sosyal ekoloji gibi hibrit akımlar üzerinden, bu spektrum yaklaşımının nasıl somutlaştırılabileceği gösterilecektir. Sonuç bölümünde ise, spektral okumanın teorik ve siyasal katkıları tartışılacak ve gelecekteki araştırmalar için bazı yönelimler önerilecektir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Derin ekoloji kavramı, çevrecilik düşüncesinde ekomerkezci etik ve ontolojiyi sistematik biçimde formüle eden başlıca girişimlerden biri olarak ortaya çıkmıştır. Derin ekolojinin temel iddiası, modern çevre krizinin yalnızca yanlış politikalar veya teknik yetersizliklerden değil, doğayı araçsallaştıran ve insanı evrenin merkezine yerleştiren temel dünya görüşünden kaynaklandığıdır (Luke, 2002; Grey, 1993). Bu bağlamda derin ekoloji, ekolojik krizi bir "medeniyet krizi" olarak tanımlar; çözümü de üretim, tüketim ve siyasal yapıların ötesinde, insanın kendini ve doğadaki yerini kavrayışında köklü bir dönüşümde görür. Doğanın içsel değeri, türler arası eşitlik, sade yaşam, kendini-gerçekleştirme anlayışının bireyle sınırlı olmayıp bütün canlılar dünyasına yayılması gibi argümanlar, bu perspektifin merkezinde yer alır.

Sığ olarak ifade edilen ekoloji ise derin ekoloji tarafından, mevcut sosyo-ekonomik düzeni veri kabul eden, çevre sorunlarını büyük ölçüde kirlilik, kaynak yetersizliği veya yönetim hatası gibi teknik sorunlara indirgeyen yaklaşımlar için kullanılan eleştirel bir etiket olarak tanımlanır. Sığ ekoloji perspektifinde, ekolojik krizin nedeni mevcut sistemin mantığı değil, bu sistemin "yanlış" uygulanması ya da yetersiz regülasyonlardır. Çevre koruma, ağırlıklı olarak insan refahını, ekonomik büyümeyi ve yaşam kalitesini güvence altına almanın bir aracı olarak değerlendirilir. Bu yaklaşım, hukuki düzenlemeler, piyasa temelli mekanizmalar, temiz teknoloji yatırımları, sürdürülebilir kalkınma ve kurumsal sorumluluk gibi araçlar aracılığıyla çevre tahribatını azaltmayı hedefler.

Derin/sığ ekoloji ikiliği, bu iki yaklaşımı birbirini dışlayan kutuplar gibi sunar. Bu kutuplaştırıcı tasnifin arkasında üç temel kavramsal eksen bulunmaktadır. Birincisi, antroposentrizm–ekomerkezcilik eksenidir. Antroposentrik yaklaşımlar, etik ve politik değerlendirme ölçütünü esasen insan refahına göre belirler; insan dışı doğanın değeri, çoğu zaman insan için taşıdığı yarardan türetilir. Ekomerkezci yaklaşımlar ise ekosistemin tamamını ahlaki değerlendirmeye konu eder; insan dışı varlıkların ve ekolojik sistemlerin içsel değerini tanır. İkincisi, teknik–yapısal kriz tanımı eksenidir. Sığ ekoloji, ekolojik krizi yanlış teknolojik tercihlerin ve eksik çevre yönetiminin sonucu olarak yorumlarken, derin ekoloji bu krizi modern sanayi uygarlığının ve kapitalist üretim tarzının kurucu nitelikleriyle ilişkilendirir. Üçüncüsü ise, reform–radikal dönüşüm eksenidir. Sığ ekoloji, mevcut sistem içinde kademeli iyileştirmeler öngörürken, derin ekoloji köklü bir medeniyet dönüşümü talep eder.

Bu eksenlerin her biri süreklilik içeren ölçeklerdir; dolayısıyla çevreci akımların somut konumlanmaları, çoğu zaman ikili şemada varsayıldığı kadar net çizgilerle ayrışmamaktadır. Örneğin, insan-merkezci bir adalet dilini sürdüren fakat ekolojik yüklerin sınıf, ırk ve mekânsal eşitsizlikler temelinde dağılımını sorgulayan çevresel adalet hareketi, etik olarak kısmen antroposentrik; ancak kriz tanımı ve çözüm önerileri bakımından yapısal bir eleştiri içeren melez bir pozisyon işgal etmektedir. Benzer şekilde, eko-sosyalizm kapitalist üretim tarzının ekolojik sınırlarla uyumsuzluğunu vurgularken, yer yer modern bilim ve teknolojinin dönüştürülebilir potansiyeline de referans vermektedir. Bu tür hibrit örnekler, derin/sığ ekoloji ayrımının açıklayıcılığını sınırlayan, ara konumların önemini gösteren somut göstergelerdir.

Bu metinde önerilen spektral yaklaşım, söz konusu eksenleri ikili karşıtlıklar olarak değil, çevrecilik alanı içinde farklı düzeylerde yoğunlaşan süreklilikler olarak kavramsallaştırmayı amaçlamaktadır. Böyle bir çerçeve, çevreci akımları "derin" veya "sığ" şeklinde normatif olarak etiketlemek yerine, onların etik referanslarını, kriz tanımlarını ve siyasal stratejilerini birbirine göre konumlandırmayı mümkün kılar. Aynı zamanda, çevre hareketlerinin tarihsel bağlamlara göre değişen melez bileşimler üretebildiğini ve bu bileşimlerin teorik olarak ciddiye alınması gerektiğini vurgular.

BULGULAR

Spektral yaklaşımın açıklayıcılığını gösterebilmek için, çevrecilik literatüründe yoğun biçimde tartışılan üç hibrit akım üzerinde durmak aydınlatıcı olacaktır: eko-sosyalizm, çevresel adalet ve sosyal ekoloji. Bu akımlar, derin ve sığ ekolojinin sıklıkla karşı karşıya konan özelliklerini çeşitli oranlarda bir araya getirerek, çevrecilik alanında ara ve köprü pozisyonlar oluşturur.

Eko-sosyalizm, sosyalist gelenek ile ekolojik duyarlılıkların kesişiminde yer alan bir yaklaşımdır (Pepper, 1993). Kapitalist üretim tarzının, sermaye birikimi ve sürekli büyüme mantığı nedeniyle ekolojik krizlerin temel yapısal kaynağı olduğunu savunur. Bu yönüyle derin ekolojiyle paralel bir sistem eleştirisi geliştirir; ekolojik krizi teknik bir sorun değil, tarihsel bir üretim ilişkileri sorunu olarak kavrar. Bununla birlikte eko-sosyalizm, doğanın içsel değerine ilişkin derin ekoloji kadar güçlü ontolojik iddialar geliştirmektense, sınıfsal adalet ve ekolojik adaleti bir arada ele alan tarihsel-materyalist bir çerçeve kullanır (Albert, 2023). Çözüm önerileri, üretim araçlarının toplumsallaştırılması, demokratik planlama ve ekolojik sınırları gözeten bir ekonomi tasavvuru etrafında şekillenir. Bu çerçeve, bir yandan radikal bir toplumsal dönüşüm talep ederken, diğer yandan modern bilim ve teknolojiyi bütünüyle reddetmek yerine, bunların demokratik denetim altında dönüştürülebileceğini varsayar. Dolayısıyla eko-sosyalizm, antroposentrizm–ekomerkezcilik ekseninde ortalara, kriz tanımı ve dönüşüm derinliği ekseninde ise radikal uca yakın bir konuma yerleşir.

Çevresel adalet hareketi, özellikle çevre tahribatının sınıfsal, ırksal ve mekânsal eşitsizliklerle iç içe geçtiği bağlamlarda ortaya çıkan, güçlü bir politik eleştiri hattı sunar. Bu perspektifte temel sorun, çevre yüklerinin ve risklerinin toplumsal gruplar arasında adil olmayan dağılımıdır (Bullrad & Johnson, 2000). Zehirli atık depolama alanlarının yoksul mahallelerde yoğunlaşması, madencilik faaliyetlerinin yerli halkların yaşam alanlarını tahrip etmesi, iklim değişikliğinin etkilerinin en fazla kırılgan toplulukları vurması gibi örnekler, çevresel adalet söyleminin merkezindedir. Bu yaklaşım, insan-merkezli bir haklar dilini kullanır; çevre hakkını temel bir insan hakkı olarak formüle eder.

Ancak aynı zamanda piyasa mekanizmalarını, devlet politikalarını ve küresel güç ilişkilerini sorgulayan yapısal bir analiz geliştirir. Bu nedenle çevresel adalet, etik eksende antroposentrik uca görece yakın, fakat kriz tanımı ve çözüm derinliği bakımından sığ ekolojiden daha radikal bir konumda yer alır. Spektral model, bu karmaşık konumlanmayı görünür kılar; çevresel adalet hareketini ne "sadece sığ" ne de "tam anlamıyla derin" kategorisine hapsetmeden analiz etmeye izin verir.

Sosyal ekoloji ise hiyerarşi, tahakküm ve iktidar biçimleri ile ekolojik tahribat arasındaki bağı merkeze alan bir yaklaşımdır (Alexander, 1998). Bu perspektife göre, insanın doğa üzerindeki tahakkümü, insanlar arasındaki tahakküm ilişkilerinden türemektedir; dolayısıyla ekolojik krizin kaynağı yalnızca üretim biçimleri değil, aynı zamanda hiyerarşik toplumsal yapılardır (Clark, 1997). Sosyal ekoloji, yerel demokrasi, yatay örgütlenme, komünal ekonomi ve katılımcı siyaset vurgusuyla, hem radikal demokratik bir proje sunar hem de ekolojik duyarlılığı siyasal kurumsallığın merkezine yerleştirir. Doğanın içsel değerine ilişkin söylemi, derin ekolojiden daha az metafizik olsa da, ekosistemle insan toplumları arasındaki karşılıklı bağımlılığı vurgular ve modern sanayi uygarlığının hiyerarşik yapısını kökten sorgular. Bu açıdan sosyal ekoloji, hem etik hem politik düzeyde derin ekolojiye yakın; ama çözüm stratejileri bakımından daha belirgin bir demokratik program geliştiren ara bir pozisyona sahiptir.

Bu üç örnek, çevrecilik alanının yalnızca iki uçtan ibaret olmadığını; aksine farklı etik vurgular, kriz tanımları ve stratejik tercihler doğrultusunda zengin bir ara konumlar dizisine sahip olduğunu göstermektedir. Spektral yaklaşım, söz konusu akımlar arasındaki ilişkileri, "hangi taraf daha radikal/saf?" sorusundan ziyade, "hangi eksenlerde, ne ölçüde ayrışıyor veya yakınlaşıyorlar?" sorusu üzerinden analiz etmeyi mümkün kılar. Böylece teorik düzeyde, çevrecilik düşüncesinin farklı damarları arasındaki geçişkenlikler ve örtüşmeler daha net görünür hâle gelir. Siyasal düzeyde ise, çevre hareketleri arasındaki iş birliği ve koalisyon olasılıklarını haritalandırmaya imkân tanır.

SONUÇ

Bu çalışma, çevrecilik literatüründe yaygın olarak kullanılan derin/sığ ekoloji ikiliğini problematize etmiş ve çevrecilik alanını spektrum kavramı üzerinden yeniden düşünmeyi önermiştir. Geleneksel anlatı, derin ekolojiyi doğanın içsel değerini savunan radikal, sığ ekolojiyi ise mevcut sistem içinde teknik reformlarla yetinen pragmatik bir yaklaşım olarak kodlayarak, çevre hareketlerinin karmaşık gerçekliğini ikili bir şemaya indirgemektedir. Oysa kavramsal analiz, bu ikiliğin altında yatan antroposentrizm/ekomerkezcilik, teknik/yapısal kriz tanımı ve reform/radikal dönüşüm eksenlerinin, keskin ayrımlardan ziyade süreklilikler içerdiğini göstermektedir.

Eko-sosyalizm, çevresel adalet ve sosyal ekoloji örnekleri üzerinden yapılan inceleme, çevrecilik alanında çok sayıda hibrit akım bulunduğunu, bu akımların farklı etik perspektifleri, kriz tanımlarını ve siyasal stratejileri özgün bileşimler halinde bir araya getirdiğini ortaya koymuştur. Bu akımlar ne "tam anlamıyla derin" ne de "sadece sığ" olarak nitelendirilebilir; her biri, spektrumun farklı noktalarında konumlanan, kısmen örtüşen ama aynı zamanda ayrışan projeler sunmaktadır. Spektral yaklaşım, bu çeşitliliği görünür kılarak hem teorik hem pratik düzeyde daha incelikli bir çözümleme imkânı sağlamaktadır.

Teorik açıdan bakıldığında, çevreciliği spektrum olarak kavramsallaştırmak, normatif yüklü ikili etiketlerin (derin/sığ) yarattığı hiyerarşiyi ve indirgemeciliği aşma potansiyeli taşır. Akımların değerini, "derinlik" ölçütüne göre değil, ekolojik krizin farklı boyutlarını ne ölçüde kavradıkları ve çözüm önerilerini hangi toplumsal düzlemlerde formüle ettikleri üzerinden değerlendirmeye yönlendirir. Böylece çevre felsefesi, kendi içinde daha çoğulcu ve diyalojik bir tartışma zemini kazanır.

Siyasal açıdan ise spektral okuma, çevre hareketleri arasındaki gereksiz safiyet tartışmalarının ve meşruiyet mücadelelerinin ötesine geçerek, ortaklaşma ve koalisyon olanaklarını vurgular. Ekolojik krizin aciliyeti, farklı etik başlangıç noktalarına ve stratejik tercihlere sahip aktörlerin, belirli kampanyalar, politikalar veya hedefler etrafında iş birliği yapabilmesini gerektirmektedir. Spektral yaklaşım, aktörleri karşıt kutuplar halinde konumlandırmak yerine, hangi düzeyde, hangi eksenlerde ve hangi zaman ufkunda bir araya gelebilecekleri üzerine düşünmeyi teşvik eder.

Gelecekteki çalışmalarda, burada çizilen kuramsal çerçevenin ampirik olarak sınanması, farklı ülkelerdeki çevre hareketlerinin söylem analizleri ve örgütlenme stratejileri üzerinden spektrumun daha ayrıntılı biçimde haritalandırılması önem taşımaktadır. Böyle bir araştırma hattı, yalnızca teorik sınıflandırmaları rafine etmekle kalmayacak; aynı zamanda ekolojik krize karşı geliştirilen toplumsal cevapların etkinliğini artıracak yeni iş birliği modellerinin geliştirilmesine de katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda çevrecilik, çatışan ideolojiler yığını değil, ortak bir varoluşsal tehdide karşı farklı tonlarda ve derinliklerde geliştirilen, birbirini dışlamaktan çok tamamlayan stratejiler kümesi olarak yeniden düşünülmelidir.

KAYNAKÇA

Albert, M. J. (2023). Ecosocialism for Realists: Transitions, Trade-Offs, and Authoritarian Dangers. Capitalism Nature Socialism, 34(1), 11–30.

Alexander, D. (1998). On Murray Bookchin's philosophy of social ecology. Capitalism Nature Socialism, 9(1), 125–130.

Bullard, R.D., & Johnson, G.S. (2000). Environmental Justice: Grassroots Activism and Its Impact on Public Policy Decision Making. Journal of Social Issues, 56.

Clark, J. (1997). A social ecology. Capitalism Nature Socialism, 8(3), 3–33.

Grey, W. (1993). Anthropocentrism and deep ecology. Australasian Journal of Philosophy, 71(4), 463–475.

Luke, T. W. (2002). Deep ecology: Living as if nature mattered: Devall and Sessions on defending the earth. Organization & Environment, 15(2), 178–186.

Naess, A. (1990). Ecology, community and lifestyle: Outline of an ecosophy (D. Rothenberg, Ed. & Trans.). Cambridge University Press.

Pepper, D. (1993). Eco-Socialism: From Deep Ecology to Social Justice (1st ed.). Routledge.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES AMONG THE ACADEMIC STAFF OF THE FACULTY OF AGRICULTURE, UNIVERSITY OF NIGERIA, NSUKKA

Ojo, O.F
Department of Agricultural Extension, University of Nigeria

Fagbemi, V. Y
Department of Library and Information Science, University of Nigeria

Odoh, J.E
Department of Agricultural Extension, University of Nigeria

Abstract
The study examined the use of digital technologies among academic staff of the faculty of agriculture, University of Nigeria Nsukka, Nigeria. Population for the study constituted all the academic staff of the faculty of Agriculture, University of Nigeria, Nsukka. All the departments in the faculty of Agriculture were purposively selected for the study because of the need to ascertain the use of digital technologies among academic staff. A proportionate random sampling technique was used to select sixty- five respondents. Data were collected using a structured questionnaire, and presented and analyzed using frequency count, percentage, mean and standard deviation. The results showed that mean age of the respondents was 39 years. Majority of the respondents were assistant Lecturer and Lecturer I. The average working experience of the staff 6 years. Most accessible digital technologies tools were mobile phone ($\bar{x} = 2.89$), email ($\bar{x} = 2.83$) and laptop ($\bar{x} = 2.57$) and frequently used by academic staff. The results revealed that the respondents had a positive attitude towards the use of digital technologies; embrace digital technologies as part of teaching methods ($\bar{x} = 4.46$) and positive about the benefits of digital technologies for teaching ($\bar{x} = 4.48$). The result further showed that respondents had moderate knowledge (54.7%) on the use of digital technologies. The results revealed high cost of data subscription (internet) ($\bar{x} = 3.28$) as a major constraint to the use of digital technologies among academic staff. Therefore, the study recommends that necessary training and support to effectively use digital technologies in their teaching should be provided by the University administration. This can include workshops, online courses, and access to digital resources and tools.
Keywords: Digital, Technologies, Academic, Staff, University of Nigeria, Nsukka

MONİTORİNG MEAT FRESHNESS IN SMART PACKAGİNG USİNG ANTHOCYANİNS FROM RED CABBAGE

Loredana – Mariana HUȚUȚUI
"Stefan cel Mare" University of Suceava - Faculty of Food Engineering
ORCID: 0009-0009-3059-7120

Sonia AMARIEI
"Stefan cel Mare" University of Suceava - Faculty of Food Engineering
ORCID: 0000-0002-1081-1080

Abstract
Food safety is a major global concern, particularly for perishable products such as meat. These are susceptible to microbiological and chemical spoilage, processes that cause changes in pH, color, and odor. Classical monitoring methods (pH sensors, gas sensors, biosensors, electronic noses) are effective, but their implementation is often difficult and costly. Initially, these systems used synthetic colorants (bromothymol blue), but concerns about their toxicity have led to their replacement by natural, biodegradable compounds such as anthocyanins, water-soluble pigments of the flavonoid class. They can be extracted from a variety of plant sources such as fruits, vegetables, flowers or agri-food waste (e.g. peelings), which can account for 30-50% of the food mass.
In this study, anthocyanins were extracted from red cabbage using maceration with ethyl alcohol and ultrasound-assisted extraction (US). The resulting samples were subjected to physicochemical analyses, and their color response was evaluated as a function of pH variations (1–12). A distinct color transition from red in acidic conditions to violet, blue, and finally yellow in alkaline conditions was observed, confirming the pH indicator potential of the extract.
With the ability to interact with various biopolymers (such as starch or alginate), anthocyanins can be used to develop pH-sensitive films that visually indicate changes during meat spoilage. In this way, consumers can easily identify altered products without opening the packaging.
The results obtained support the applicability of red cabbage anthocyanins in the development of pH-sensitive biodegradable films with direct applications in meat packaging. These systems can provide a visual, rapid and reliable means of assessing freshness. Smart anthocyanin-based packaging is becoming a necessity to combat food waste and reduce public health risks.
Keywords: anthocyanins, intelligent packaging, meat, red cabbage

MORPHOLOGICAL STUDY AND PHYTOCHEMICAL SCREENING OF THE MEDICINAL PLANT OF THE LAMIACEAE FAMILY (*MARRUBIUM VULGARE*) IN WESTERN ALGERIA

AOUFI Farida
Laboratoire d'environnement et développement durable, Faculté des sciences et de la technologie, Université de Relizane

TAMERT Asma

AOUFI Hannane

AOUFI Chaimaa

Abstract
The Lamiaceae family is a cosmopolitan family, ranking third in terms of distribution and 13th worldwide in terms of species diversity. It is also known for its high economic value due to its richness in pharmacologically active compounds, essential oils and cash .
Also known as the Labiaceae family, Labiae is derived from the Latin name "labium" which means lip, due to the particular shape of the corollas.
Lamiaceae or Les Labiées (Angiospermes, Dicotylédones) form an important family of herbaceous or partially woody plants, forming shrubs (very rarely trees). They include, according to the authors, 233 to 263 genera and 6,900 to 7,200 species , which are distributed all over the globe. The Les Labiées constitute a very important family in the Algerian flora represented by 146 species and 28 genera against 8 genera and 12 species described by throughout the Sahara.
The Phytochemical screening of the above-ground part studied has highlighted the presence of several reputed chemical compounds; one component is stronger and more abundant in the plant, study horehound with polyphenol and flavonoïde and tannins and sterols and triterpenes on the other hand absence of the alkaloid and glycoside component and anthraquinone.
Keywords: aromatic ,Lamiaceae ,trichom, marrubium vulgare.

THE EFFICACY OF PROBIOTICS AS GROWTH PROMOTERS IN POULTRY PRODUCTION; A REVIEW

ANYANWU U. H
Department of Agricultural Technology, Department of Oceanography and Fisheries Science, Federal Polytechnic Ekowe

NNADI E. A

ABSTRACT
The application of inordinate therapeutic levels of antibiotics in poultry feeds to suppress or eliminate harmful microorganisms and enhance growth and feed efficiency leads to the presence of harmful residues in poultry products and have also given rise to drug resistant microorganisms. Recent public health concerns have created opportunity to investigate more extensively the application of probiotics as substitute for antibiotics in poultry production. This present article reviews the actions of probiotics on growth performance in poultry as well as highlighting their mechanisms of action. It was discovered that probiotics were proven to be an effective growth promoter in poultry. The inclusion of probiotics in the diets of poultry was found to improve growth performance and feed efficiency of chickens and poults. Similarly, probiotics improved egg production in laying birds. The three major mechanisms of probiotics actions include; competitive exclusion of pathogenic microbes, production of antibacterial substances (eg bacteriocins or colicins) and immune modulation of host. Generally, live apathogenic microbial strains, singly or as multi strain probiotics, belonging to genus lactobacillus, Streptococcus, Bacillus, Enterococcus, Pediococcus, Aspergillus and Saccharomyces, are the most widely used microbial strain in poultry.
Keywords: Probiotics, Antibiotics, Microorganisms, Poultry, Growth performance

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

MODELING THE MECHANICAL BEHAVIOR OF PLANT FIBER-REINFORCED COMPOSITE MATERIALS

Ayoub HLAL
Polydisciplinary Faculty, Laboratory of Research in Physics and Engineering Sciences, Team of Modern and Applied Physics, Sultan Moulay Slimane University

Soufiane BELHOUIDEG
Team of Applied Physics and New Technologies, Department of physics, Polydisciplinary Faculty

Ismail EZZARAA
Industrial Engineering Laboratory, Faculty of Science and Technology, Sultan Moulay Slimane University

Nabil ISSAADI
Nantes Universit´e, Ecole Centrale Nantes, CNRS, GeM
IRSTV, CNRS FR2488, Ecole Centrale de Nantes

Philippe POULLAIN
Nantes Universit´e, Ecole Centrale Nantes, CNRS, GeM
IRSTV, CNRS FR2488, Ecole Centrale de Nantes

ABSTRACT
Plant-fiber-reinforced composites are gaining renewed interest as sustainable alternatives to traditional fiber-reinforced polymers, offering low density, high specific stiffness, and a reduced carbon footprint. However, their inherently variable microstructure—stemming from fiber geometry, porosity, and moisture sensitivity—poses challenges for reliable prediction of their macroscopic elastic behavior. A robust multi-scale modeling framework is therefore essential to capture the interplay between fiber architecture, interface adhesion, and matrix–fiber interactions under small-strain loading.
In this study, we develop and validate a combined analytical and numerical homogenization strategy to predict the effective elastic constants of epoxy-matrix composites reinforced with plant fibers and mineral fillers. First, we derive closed-form estimates using classical bounds (Voigt–Reuss, Hashin–Shtrikman) and inclusion-based schemes (dilute, Mori–Tanaka, self-consistent), systematically incorporating fiber aspect ratio, orientation distribution, and internal porosity via Eshelby's solution for ellipsoidal inclusions. Next, we generate periodic representative volume elements—populated with spheroidal and ellipsoidal inclusions at prescribed volume fractions and porosities—using a random sequential adsorption algorithm and discretize them with tetrahedral elements.
Finite-element simulations under periodic boundary conditions yield the homogenized stiffness tensor, from which Young's modulus and Poisson's ratio are extracted. Comparison across models and to experimental data on epoxy–sand mortars shows excellent agreement when fiber geometry and porosity are properly accounted for: (i) increasing inclusion aspect ratio drives transverse isotropy, with long ellipsoids boosting stiffness along their major axis; (ii) porosity percentages above 5% significantly reduce effective modulus by concentrating strain in voids; and (iii) a four-phase Mori–Tanaka extension—including ellipsoids, spheres, and pores—captures the non-linear dependence of modulus on filler content up to 60 vol %.

Our results demonstrate that combining enriched micromechanical theories with high-fidelity numerical homogenization provides a reliable, design-oriented toolkit for bio-composite development. Such a framework not only clarifies the roles of fiber morphology, distribution, and porosity on elastic performance, but also paves the way for optimizing eco-friendly composites in automotive, construction, and lightweight structural applications.
Keywords : Plant fiber-reinforced composites, Finite element modeling, Micromechanics, Bio-composites, Young's modulus, Shear modulus, Natural fibers, Bio-based materials, Homogenization.

FOLIAR APPLICATION OF CHOLINE CHLORIDE AND FERULIC ACID REGULATED OSMOLYTE ACCUMULATION, NUTRIENT ACQUISITION AND ROS METABOLISM TO LESSEN CHROMIUM EFFECTS ON BARLEY (*HORDEUM VULGARE*)

Sunnia Afzal
Department of Botany, Government College University
ORCID: 0000-0002-9098-9478

Zara Saeed
Department of Botany, Government College University

Farukh Ameen
Department of Botany, Government College University

ABSTRACT
Chromium (Cr) toxicity poses a significant threat to plant growth, ultimately undermining agricultural productivity and food security. This study evaluated the efficacy of foliar-applied choline chloride (CC) and ferulic acid (FA) in mitigating Cr-induced stress in two barley *(Hordeum vulgare* L.) cultivars, Talbina-21 and Jau-17. Plants exposed to 150 µM Cr exhibited marked declines in growth-related parameters. However, foliar treatments with CC (5 mM), FA (0.5 mM), and their combination (CC+FA) markedly improved growth performance, with the combined treatment showing the most substantial effects, particularly in Talbina-21. A completely randomized factorial design with three replicates was employed. Chromium exposure reduced chlorophyll content and relative water content, whereas CC, FA, and CC+FA treatments significantly enhanced these physiological traits. The treatments also stimulated the accumulation of secondary metabolites and osmolytes, including phenolics, flavonoids, proline, glycine betaine, and ascorbic acid. Antioxidant enzyme activities superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and peroxidase (POD) were elevated under CC and FA application, aiding in reactive oxygen species (ROS) detoxification and mitigating oxidative damage. Moreover, CC+FA was most effective in reducing Cr accumulation in plant tissues (roots, stems, and leaves) compared to individual treatments. Overall, the combined foliar application of CC and FA proved to be a highly effective, low-cost, and sustainable strategy for alleviating Cr toxicity, enhancing antioxidant defense systems, improving nutrient uptake, and promoting the growth of barley under heavy metal stress. These findings offer a practical approach to improving crop resilience and food safety in Cr-contaminated environments.
Keywords: Choline chloride; Ferulic acid; Oxidative stress; Antioxidant; Barley; Osmolytes; Chromium accumulation

PLANT-BASED ADAPTOGENIC NOOTROPICS: SYNERGISTIC EFFECTS OF ASHWAGANDHA, BRAHMI & GINKGO FOR STRESS, MEMORY & FOCUS

Muhammad Kaif Siddiqui
Aligarh Muslim University

Abstract
Plant-based adaptogenic nootropics are emerging as promising natural alternatives for enhancing cognitive performance, reducing stress, and supporting long-term brain health. This study reviews three key botanicals—Withania somnifera (Ashwagandha), Bacopa monnieri (Brahmi), and Ginkgo biloba—focusing on their synergistic mechanisms and evidence-based benefits. Literature from 2010–2025 was analyzed to evaluate their effects on neurotransmission, neuroinflammation, oxidative stress, cerebral blood flow, and hypothalamic–pituitary–adrenal (HPA) axis modulation. Findings indicate that Ashwagandha primarily reduces stress and cortisol levels, Brahmi enhances memory consolidation and synaptic communication, while Ginkgo improves attention and mental clarity via vasodilation and antioxidant action. Combined use demonstrates synergistic improvement in cognitive domains such as working memory, sustained attention, stress resilience, and overall mental performance. Safety profiles, dosage considerations, and limitations in clinical standardization are discussed. These botanicals represent a promising foundation for nutraceutical formulations and functional foods aimed at students, working professionals, and ageing populations. Further randomized clinical trials and regulatory clarity are needed to support their mainstream adoption as safe, effective cognitive enhancers.
Keywords: adaptogens, nootropics, Brahmi, Ginkgo biloba, Ashwagandha, cognitive enhancement, stress management.

MYCOTOXINS AND ANIMAL FEED SAFETY: WHAT STRATEGIES FOR EFFECTIVE CONTROL? A LITERATURE REVIEW

Malak ES-SAFI
Sultan Moulay Slimane University Polydisciplinary Faculty, Biotechnology and Sustainable Development of Natural Resources Unit

Leila BENNANI ZIATNI
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz Laboratory of Biotechnology, Environment, Agri-food, and Health

Prof Dr. Rajae BELKHOU
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz Laboratory of Biotechnology, Environment, Agri-food, and Health

Prof. Dr. Abdelouahed HAJJAJI
Sultan Moulay Slimane University Polydisciplinary Faculty, Biotechnology and Sustainable Development of Natural Resources Unit
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz Laboratory of Biotechnology, Environment, Agri-food, and Health
ORCID: 0000-0002-9191-3467

Abstract
Over the last few decades, the science of animal nutrition has evolved from empirical practices to the production of formulated, balanced rations through industrial processes. This evolution has been accompanied by the development of computer programs for ration formulation and quality improvement. However, animal feed remains exposed to the risk of contamination by pollutants, in particular mycotoxins, the secondary metabolites for fungi, which are harmful to animal and human health. Strategies must be developed to reduce mycotoxins in animal feed. In this context, our presentation will focus on different methods for eliminating or neutralizing mycotoxins without compromising the nutritional value of feed. These methods can involve a variety of processes, including physical, chemical, and biological methods. This presentation will address the introduction of new systems, such as emerging technologies like nanotechnology and biotechnology. Rigorous quality management methods, such as Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP), will also be examined. Since it ensures constant monitoring of the food chain. It is important to note that each approach has inherent strengths and weaknesses. There is no single one that proves to be exceptionally effective. However, an integrated approach is essential because it ensures maximum efficiency for the aim of safeguarding animal health.
Keywords: Feed animal, mycotoxins, control strategies.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ENHANCING TEACHING EFFECTIVENESS: THE ROLE OF MOTIVATION IN BUSINESS STUDIES EDUCATION IN NIGERIAN JUNIOR SECONDARY SCHOOLS

OLUWOLE-MOSES OMOTAYO MATINA
Federal College of Education (Technical)
ORCID: 0000-0002-0613-2536

Abstract
This study investigates the role of teacher motivation in enhancing the performance of Business Studies educators in Nigeria's junior secondary schools. Anchored in Maslow's Hierarchy of Needs and contemporary motivation theory, it analyzes how intrinsic and extrinsic motivators affect job satisfaction and pedagogical effectiveness. A descriptive survey involving 22 teachers from six secondary schools in Shomolu LCDA was conducted. Results reveal that delayed remuneration, lack of professional development, and unfavorable work environments hinder motivation, while timely recognition, adequate infrastructure, and fair policies boost performance. Recommendations include a strategic blend of financial, institutional, and psychosocial incentives to foster sustainable teacher motivation and effectiveness.
Keywords: Teacher Motivation, Job Satisfaction, Business Studies, Secondary Education, Maslow's Theory, Nigeria.

Introduction

In developing economies like Nigeria, education remains a critical instrument for national development, yet its delivery is often constrained by systemic issues, particularly teacher demotivation. Business Studies teachers in junior secondary schools represent a pivotal segment in equipping students with practical and entrepreneurial skills. However, the quality of instruction delivered by these educators is strongly influenced by the motivation they receive. This paper investigates the effects of various motivational factors—both intrinsic and extrinsic—on the teaching performance of Business Studies teachers.

Purpose of the Study

The primary objective of this study is to explore how motivation influences the performance of Business Studies teachers in junior secondary schools in Nigeria. Specifically, the study seeks to:

1. Identify key motivational factors that impact teacher performance.
2. Examine the extent to which intrinsic and extrinsic motivation affects job satisfaction.
3. Determine strategies that can be employed to enhance teacher motivation and improve educational outcomes.

Research Questions

To guide the investigation, the following research questions were posed:

1. What are the major factors affecting the motivation of Business Studies teachers in junior secondary schools?
2. What needs must be met to motivate these teachers effectively?
3. To what extent does motivation influence the performance and job satisfaction of Business Studies teachers?
4. What strategies can be implemented to improve teacher motivation and retention in the teaching profession?

Theoretical and Conceptual Framework

This study is underpinned by Maslow's Hierarchy of Needs, which outlines a five-tier model of human needs: physiological, safety, love/belonging, esteem, and self-actualization. Teachers whose basic needs are unmet are less likely to achieve job satisfaction or deliver quality instruction. The study also draws on Herzberg's Two-Factor Theory which differentiates hygiene factors (e.g., salary, working conditions) from motivators (e.g., achievement, recognition). These frameworks provide a foundation for evaluating how institutional support—or the lack thereof—affects Business Studies teachers in Nigerian schools.

Methodology

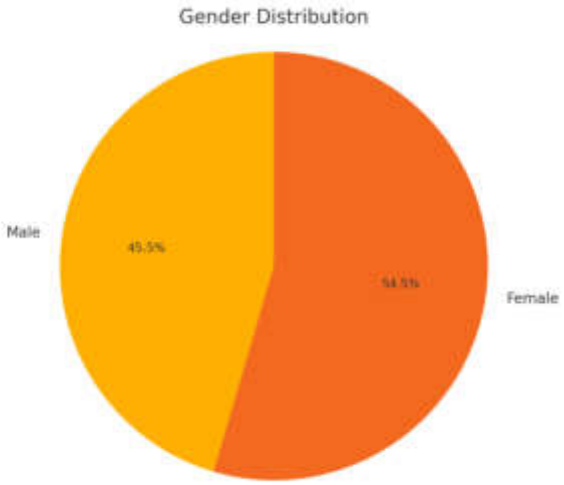
A descriptive survey design was employed. The population consisted of Business Studies teachers in six junior secondary schools within Shomolu Local Government Area, Lagos. A sample of 22 respondents was selected using stratified random sampling. Data were collected via structured questionnaires containing 20 Likert-scale items and were analyzed using simple percentages and mean score analysis.

Results and Discussion

Respondents' Demographics

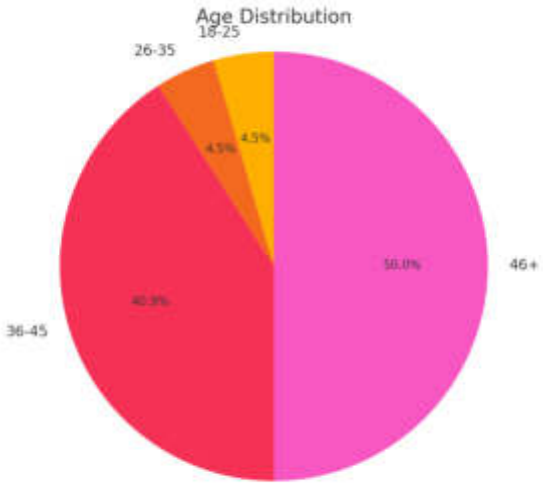
The study involved 22 Business Studies teachers. Their demographic distribution is illustrated below.

Gender Distribution



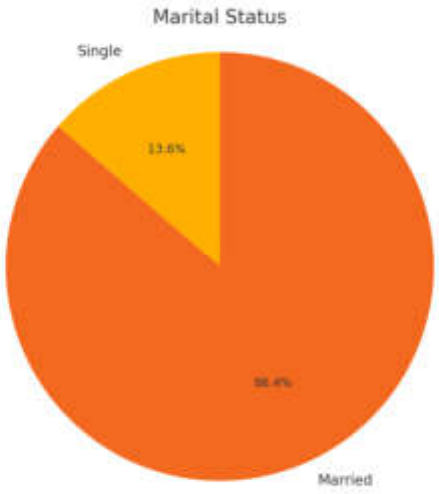
The sample included slightly more female (55%) than male (45%) teachers, highlighting the gender balance in Business Studies education.

Age Distribution



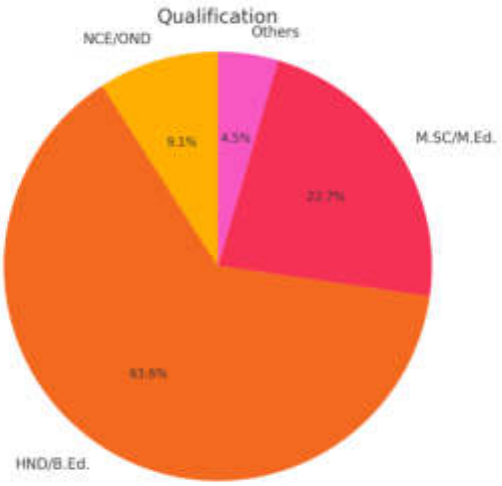
A significant proportion (91%) of respondents were aged 36 and above, indicating a mature workforce with considerable experience.

Marital Status



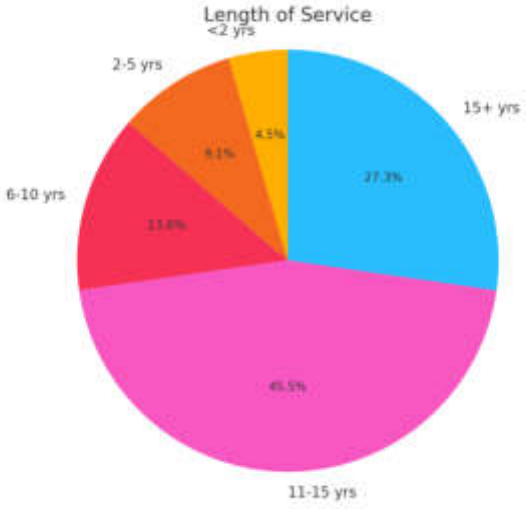
Most teachers (86%) were married, suggesting stability in personal life which may influence job commitment.

Qualification



Over 64% held at least a Bachelor's degree, confirming a strong academic foundation among respondents.

Length of Service



Most respondents had over 11 years of experience, indicating long-term engagement in the profession.

Discussion of Findings (Based on Research Questions)

Research Question 1: What are the major factors affecting the motivation of Business Studies teachers in junior secondary schools?

The findings revealed that delayed salary payments**,** lack of teaching resources, and limited promotional opportunities were significant demotivators. Conversely, timely promotions, fair institutional policies, and conducive working conditions were reported as positive influences on motivation.

These results are consistent with Frase (2014), who identified both work context (e.g., leadership style, class size, material availability) and work content (e.g., recognition, autonomy) as critical factors. Similarly, Brodinsky & Neill (2015) emphasized shared governance and supportive evaluation as key motivators for educators. The study reaffirms that organizational fairness and material support enhance teacher engagement (Luthan, 2016).

Research Question 2: What needs must be met to motivate these teachers effectively?

Analysis highlighted that Maslow's Hierarchy of Needs remains a valid framework for understanding teacher motivation. Teachers identified basic physiological needs (e.g., food, shelter), safety needs (e.g., job security, physical safety), and esteem needs (e.g., respect, recognition) as foundational. Teachers whose personal dignity was affirmed through institutional respect and interpersonal regard reported higher satisfaction levels. These findings resonate with Taylor (2010) and Arthur (2017), who argue that organizations that invest in employee well-being and treat staff with dignity foster loyalty and morale.

Research Question 3: To what extent does motivation influence the performance and job satisfaction of Business Studies teachers?

The study confirms a strong correlation between motivation and job performance. Motivated teachers displayed higher enthusiasm, creativity, and resilience in lesson delivery. Conversely, poor motivation often translated into absenteeism, disengagement, and reluctance to adopt innovative teaching strategies. This aligns with Riegel (2015), who contends that morale is a direct precursor to efficiency and productivity. Furthermore, Stoke (2012) emphasized that fulfilling motivational needs enhances organizational commitment, leading to higher teaching standards and student outcomes.

Research Question 4: What strategies can be implemented to improve teacher motivation and retention in the teaching profession?

Respondents recommended a mix of extrinsic and intrinsic strategies, including: regular and prompt salary payments, equitable promotions, reduction of workload, on-the-job training, provision of teaching aids, and improved welfare benefits. These suggestions reflect global research: Pastor & Erlandson (2014) identified professional development and participatory decision-making as central to teacher satisfaction; Syptak et al. (2010) stressed the importance of conducive environments and updated facilities; while Frase (2014) found that meaningful recognition and autonomy significantly enhance motivation. The findings suggest that a holistic approach—combining material, emotional, and professional supports—is essential for sustainable teacher engagement in Nigeria.

Conclusion

This study concludes that teacher motivation is a pivotal component in improving teaching effectiveness and student outcomes. Findings reveal a significant correlation between motivation and job satisfaction, emphasizing that both intrinsic rewards—such as recognition and professional growth—and extrinsic incentives like timely salary payment and good working conditions are essential. A well-motivated teacher is more likely to be committed, innovative, and effective in delivering quality education. Therefore, systemic reforms aimed at addressing both institutional and psychological needs are necessary for sustainable educational improvement.

Recommendations

Based on the findings of the study, the following recommendations are made:

1. Government and school administrators should prioritize timely payment of salaries and benefits.
2. Regular on-the-job training and professional development should be institutionalized.
3. Promotion and appraisal systems should be fair, transparent, and merit-based.

4. Teaching environments must be improved to ensure they are conducive and well-resourced.
5. Recognition programs should be developed to celebrate teacher achievements and innovations.
6. Further research should extend to other regions and subjects to generalize findings and develop broader policy implications.

References

Arthur, G. (2017). *Job satisfaction among social work discharge planners*. Health and Social Work, 20(3), 174–186.

Brodinsky, J., & Neill, C. J. (2015). *Dominants of job satisfaction among social workers*. International Review of Modern Sociology, 25(20), 51–63.

Frase, B. P. (2014). *Why the future belongs to value-added companies*. Journal for Quality and Participation, 22(1), 30–35.

Luthan, F. (2016). *Organizational Behavior* (8th ed.). Boston: Irwin McGraw-Hill.

Pastor, J., & Erlandson, B. (2014). *Teachers in learning organizations*. Annual Conference of the International Association of School Leadership, Canada.

Riegel, J. (2015). *Human Resources Management Practice*. London: Kogan Page.

Stoke, B. A. (2012). *A causal model of voluntary turnover among nursing personnel*. Research in Nursing and Health, 21(5), 415–427.

Syptak, J. B., Ebrahimi, B., & Wachtel, J. M. (2010). *How deficiency in management contributes to U.S. competitiveness problems*. Human Resources Management, Fall, 363.

Taylor, J. A. (2010). *Job satisfaction and intent to leave*. Journal of Social Psychology, 137(5), 677–689.

STRATEGIES FOR REVITALIZING TECHNICAL EDUCATION PROGRAMME IN COLLEGES OF EDUCATION IN RIVERS STATE, NIGERIA

Dr. EKE Felix Chima
Department of Building Technology Education, Federal College of Education (Technical)

Dr. Chukwumela Obulor OCHOGBA.
Department of Automobile Technology Education, Federal College of Education (Technical)

Dr. Maduabuchukwu Prince AJIE
Department of Mechanical Technology Education, Federal College of Education (Technical)

Abstract
The study examined strategies for revitalizing technical education programme in colleges of education in Rivers State, Nigeria. Specifically, the study examined the collaborative and managerial strategies for revitalizing technical education programme in colleges of education in Rivers State, Nigeria. Two research questions and hypotheses were answered and tested at a .05 level of significance. The study was a descriptive survey design. The population of the study comprised 71 technical education lecturers, which comprised 54 male technical education lecturers and 17 female technical education lecturers in federal college of education (technical), Omoku, which is the only college of education in Rivers State. The population was manageable, therefore, the entire population was used for the study without sampling and selection of sampling technique. A self-made survey questionnaire served as the instrument for data collection. The instrument was structured in the pattern of a 5 point odd-leg Likert rating scale of agreement. The instrument was face validated by two experts in the Department of technical education in Federal College of Education (Technical), Omoku. Also, the reliability of the instrument was tested with Cronbach Alpha Reliability Coefficient tool, which yielded .84 reliability coefficient. The researchers administered and retrieved copies of the instruments with an interval of two weeks. Mean and Standard deviation were used to answer the research questions and to ascertain the homogeneity of responses. Also, z-test was used to test the hypotheses. The study found amongst others that collaborating with experts for team teaching, partnering with industries for field trip, partnering with industries for internship programme for students, partnering with industries for student industrial work experience scheme, grouping of students for yearly practical project work, partnership with Alumni association to promote technical education programme, partnership with Non-Governmental Organizations for infrastructure support, collaborating with technical education departments in other colleges of education, assessment of infrastructure in technical education department, provision of affordable infrastructure, soliciting for infrastructure support from Government and non-governmental organizations, proper publicity of technical education programme, provision of proper security measure to secure infrastructure in technical education, restructuring of technical education curriculum to include modern skills, training and retraining of technical education lecturers with modern skills, redesigning of technical education timetable to include regular practical activities, organizing exhibitions for students to showcase their products and sponsoring field trips for students to acquire more industrial skills. Therefore, it was recommended among others that technical education departments should collaborate with industries situated around in order to expose technical education students to modern skills necessary for 21st century industries.
Keywords: College, Education, Programme, Revitalize, Strategy & Technical

BRILLIANT APPROACHES NEEDED BY SMALL-SIZED RESTAURANTS IN ENUGU STATE, NIGERIA, FOR ADOPTION, MANAGEMENT, AND PROGRESS

Babalulu, Madu-Saba. Muhammadu
Department of Business Education, Faculty of Vocational & Technical Education, University of Nigeria
ORCID: 0000 – 0003 – 0832 – 2365

Miss Obodoeke Ngozi Vivian
Department of Business Education, Faculty of Vocational & Technical Education, University of Nigeria

Eze Hillary Chibuzor
Department of Business Education, Faculty of Vocational & Technical Education, University of Nigeria

ABSTRACT
The main objective of the study was to identify the brilliant approaches needed by small-scale restaurant operators in Enugu State for adoption and progressiveness. The study used a descriptive survey research design. The study was conducted in Enugu State. The study's population consisted of 168 registered proprietors of medium-sized restaurant enterprises, operators of medium-sized bars, and instructors in the Department of Home Economics and Hospitality Management in Enugu State, selected using a purposive sampling technique. The researchers created a systematic questionnaire to collect data for this investigation. The instrument was face validated by three groups of specialists. To determine internal consistency, 20 copies of the questionnaire were distributed to respondents in Anambra State, Nigeria, who had similar features. The Cronbach's alpha technique was applied, and the outcome was reliable. The researchers conducted the questionnaire with the help of three research assistants. The acquired data was analyzed using mean and standard deviation to answer the study objectives. Based on the findings, the study concluded that small-scale restaurant operators in Enugu State demand extremely innovative product, process, marketing, and organizational strategies. Some examples include the introduction of new menus in the restaurant, making the restaurant product meet the genuine demands of the consumers, digitalizing the business for ease, and the organization's management being proactive in assuring a rebranding of the restaurant's product and services. The report advised that the Small-Scale Business Development Agency encourage and teach small-scale restaurant operators the necessary innovative skills for business sustainability, among other things.
Keywords: Small-scale; restaurant-business; operators; brilliant approaches; progressiveness

BIOLOGICAL WEAPONS

Divya. K
Bharath Institute of higher education and research

Dr. V. Rakshana
Bharath Institute of higher education and research

Abstract
Biological weapons are a class of weapons that utilize pathogens or toxins derived from living organisms to cause disease or death in humans, animals, or crops. Unlike conventional or nuclear weapons, biological weapons exploit the natural ability of microorganisms to replicate and spread, potentially causing widespread harm with minimal initial detection. Agents used in biological warfare include bacteria (e.g., *Bacillus anthracis*), viruses (e.g., smallpox), and toxins (e.g., botulinum toxin), many of which can be dispersed through air, water, or food sources. Their use poses significant risks due to their potential to cause pandemics, disrupt societies, and overwhelm public health systems.Historically, biological weapons have been used in various forms—from the poisoning of wellsin ancient times to the development of sophisticated bioweapons programs during the 20th century, particularly in World War II and the Cold War. Despite the ratification of the Biological Weapons Convention (BWC) in 1972, which prohibits the development, production, and stockpiling of biological and toxin weapons, concerns remain about compliance, enforcement, and the threat of non-state actors acquiring such capabilities.The dual-use nature of biological research—where legitimate scientific work can be repurposed for harmful objectives—adds complexity to monitoring and control efforts. Advances in biotechnology, including synthetic biology and gene editing, have lowered the barriers for creating or modifying biological agents, making oversight even more critical. In addition, climate change and globalization may amplify the impact of bioweapons by enabling faster disease spread and complicating containment efforts.Preparedness against biological threats requires coordinated international efforts involving surveillance, early detection, emergency response planning, and robust public health infrastructure. It also necessitates ethical governance of life sciences research to balance innovation with safety. As the world becomes increasingly interconnected, understanding and mitigating the risks posed by biological weapons is essential to ensure global security, public health, and scientific integrity.This paper reviews the history, characteristics, challenges, and prevention strategies related to biological weapons, with a focus on current global threats and future biosecurity needs. By analyzing policy gaps, technological advances, and ethical dilemmas, it aims to contribute to a broader dialogue on preventing the misuse of biological science.
Keywords : Biological Warfare, Bioterrorism, Biosecurity, Dual-Use Research, Biological Weapons Convention (BWC), Synthetic Biology

Introduction
Biological weapons, also known as bioweapons, represent one of the most dangerous and controversial forms of warfare ever developed by humanity. These weapons utilize living organisms—such as bacteria, viruses, or other pathogens—or toxins produced by them, to cause illness, incapacitation, or death in humans, animals, or plants. What makes biological weapons particularly threatening is their ability to cause large-scale harm with relatively small quantities of material.

Unlike conventional or nuclear weapons, which rely on explosive or radioactive power, biological weapons exploit the natural capacity of pathogens to multiply within living hosts, potentially leading to uncontrollable epidemics and mass casualties.The use of disease as a weapon dates back to ancient times. Historical records describe armies contaminating enemy wells with corpses and hurling diseased bodies over city walls during sieges. However, the modern era of biological warfare began in the 20th century with the advent of microbiology and biotechnology, which enabled more precise cultivation, storage, and deployment of deadly agents. During World War I and especially World War II, several nations, including Japan and Germany, explored and tested biological warfare techniques. The Cold War saw further escalation, with both the United States and the Soviet Union developing extensive bioweapons programs.Despite the signing of the Biological Weapons Convention (BWC) in 1972, which outlawed the development and use of biological and toxin weapons, concerns remain over compliance and enforcement. Unlike chemical or nuclear weapons, biological weapons are difficult to detect and trace, making verification of treaty violations more complicated. Additionally, the emergence of non-state actors, such as terrorist organizations, and the rise of synthetic biology have increased the risk that biological agents could be developed and weaponized outside of state control.Biological weapons present unique challenges from a security, medical, and ethical perspective. From a security standpoint, their potential to be used in asymmetric warfare or terrorism is high due to their ease of production and difficulty of containment. Medically, outbreaks caused by bioweapons can resemble natural disease outbreaks, making diagnosis, treatment, and response slower and more complicated. Ethically, the dual-use nature of biological research—where the same scientific knowledge can be used for both beneficial and harmful purposes—raises difficult questions about regulation, transparency, and scientific freedom.As recent years, the COVID-19 pandemic has reignited global concern about biological threats, although SARS-CoV-2 is not a bioweapon. The pandemic demonstrated how quickly infectious diseases can spread in an interconnected world and how unprepared even advanced healthcare systems can be for large-scale biological events. This has prompted renewed investment in biosecurity, pandemic preparedness, and global health surveillance, as well as calls for strengthening international norms against biological weapons.This paper seeks to provide a comprehensive overview of biological weapons by examining their history, classification, potential impacts, and the mechanisms in place to prevent their use. It will explore both the technological advancements that have made the creation of bioweapons more accessible and the international legal frameworks designed to counteract these threats. Particular attention will be given to emerging challenges in the field, such as gene editing, artificial intelligence in pathogen design, and the ethical implications of modern biological research's humanity continues to push the boundaries of science and technology, it becomes increasingly important to ensure that such progress is not misused. Understanding the nature and risks of biological weapons is a critical step in preventing their development and use. The goal of this research is to contribute to informed discussion, policymaking, and education on the importance of global cooperation in maintaining biosecurity and safeguarding human life from one of the most insidious forms of warfare.

1. Historical Development of Biological Weapons

The use of biological agents in conflict is not new. Historical accounts describe how ancient armies, such as the Hittites and Mongols, used diseased corpses to spread illness among enemy populations. In the 14th century, the Mongols reportedly catapulted plague-infected corpses over the walls of the besieged city of Caffa, an event believed to have contributed to the spread of the Black Death in Europe.

During the 20th century, biological weapons were developed more systematically. In World War I, although treaties like the Hague Convention banned the use of poisons, the idea of infecting enemy livestock with diseases was explored. The most notorious example came in World War II, with Japan's Unit 731, which conducted human experimentation and developed weaponized versions of cholera, plague, and anthrax. The Cold War saw both the United States and Soviet Union invest heavily in bioweapons programs, producing large quantities of agents such as smallpox and anthrax, despite international prohibitions.

2. Classification and Mechanisms of Biological Weapons

Biological weapons can be categorized based on the type of pathogen used:

- **Bacterial agents**: e.g., *Bacillus anthracis* (anthrax), *Yersinia pestis* (plague), *Francisella tularensis* (tularemia).
- **Viral agents**: e.g., smallpox virus, hemorrhagic fever viruses like Ebola or Marburg.
- **Toxins**: e.g., botulinum toxin, ricin.
- **Fungal agents**: less common but include agents affecting crops or livestock.

The mechanism of a biological weapon relies on dissemination—through aerosols, water supplies, food contamination, or vectors like insects. Once introduced, the pathogen reproduces and spreads, often undetected until symptoms appear. Some agents are highly contagious, while others require direct contact.

The delayed onset of symptoms can make biological attacks especially dangerous, allowing time for the agent to spread before detection. This contrasts sharply with chemical or nuclear weapons, which cause immediate effects and are more easily identified.

3. Impact and Consequences

The consequences of a biological weapon attack can be catastrophic:

- **Human health**: High mortality and morbidity, especially if the agent is novel or resistant to treatment.
- **Psychological effects**: Fear, panic, and social disruption—even in cases where the actual biological impact is limited.
- **Economic disruption**: Healthcare systems can be overwhelmed; quarantines and border closures can halt trade and travel.
- **Environmental effects**: Depending on the agent, bioweapons may also harm ecosystems or destroy agricultural production.

Biological weapons can also destabilize governments and societies, especially in regions with weak public health infrastructure.

4. Ethical and Legal Considerations

The development and use of biological weapons raise profound ethical concerns. The deliberate spread of disease violates the principles of medical neutrality and the laws of war. Civilians are often the primary victims, and the use of such weapons is widely condemned as morally reprehensible.Legally, the primary international framework addressing biological weapons is the Biological Weapons Convention (BWC), ratified in 1972. It prohibits the development, production, and stockpiling of bioweapons. However, the BWC lacks strong verification mechanisms, unlike its chemical counterpart (the Chemical Weapons Convention). This limits enforcement and raises concerns about secret or undeclared programs.Additionally, the dual-use dilemma—where scientific research intended for good can be misapplied—complicates regulation. Technologies like CRISPR gene editing, synthetic biology, and AI-driven pathogen design can be used to enhance or create novel biological threats.

5. Modern Threats and Emerging Technologies

The 21st century has introduced new dimensions to the bioweapons threat:

- **Synthetic biology** allows scientists to recreate viruses from scratch using genetic sequences.
- **Gene editing** can be used to increase a pathogen's virulence or resistance to treatment.
- **AI and automation** may accelerate bioweapons research by identifying gene sequences with harmful traits faster than ever before.
- **Do-it-yourself biology (DIY bio)** has made powerful tools accessible to amateurs, increasing the risk of unregulated experimentation.

Terrorist groups, rogue states, or even lone actors could exploit these technologies. While there is no confirmed large-scale bioterrorist attack to date, incidents such as the 2001 anthrax letters in the United States demonstrate that small-scale attacks can cause widespread fear and disruption.

6. Prevention and Response Strategies

To counter the threat of biological weapons, a multi-layered approach is necessary:

- **International cooperation**: Strengthening the BWC and developing robust verification protocols.
- **Research oversight**: Implementing ethical review boards and risk-benefit analyses for dual-use research.
- **Surveillance systems**: Early detection of unusual disease outbreaks through global health networks like the WHO.
- **Emergency preparedness**: Stockpiling vaccines, antibiotics, and developing rapid diagnostics.
- **Public health investment**: Strong healthcare systems are the frontline defense against biological threats.

Education and communication are also crucial. Informing scientists, policymakers, and the public about the risks of biological misuse helps foster a culture of responsibility in the life sciences.

Conclusion

The threat of biological weapons, though not always as visible as nuclear or conventional arms, remains one of the most serious challenges to global peace, security, and health in the 21st century. Their potential for catastrophic impact—on human populations, ecosystems, economies, and political stability—cannot be overstated. Unlike conventional weapons that cause immediate damage, biological weapons can quietly unleash devastation, spreading disease across borders and populations before they are even detected. This unique quality makes them both highly effective tools of asymmetric warfare and extremely difficult to control once deployed.Throughout history, biological weapons have been used to gain military and psychological advantages, often in ways that violate both the rules of warfare and basic moral principles. From the ancient use of infected corpses to the sophisticated biowarfare programs of the 20th century, the trajectory of biological weapons reflects humanity's increasing capacity to manipulate life for destructive purposes. The signing of the Biological Weapons Convention (BWC) in 1972 was a significant milestone in international law, reflecting a collective decision by nations to renounce the use of disease as a weapon.

Yet, the BWC's lack of a robust verification mechanism continues to weaken its enforcement capacity, raising legitimate concerns about undeclared programs and covert research.In recent decades, scientific advancements have dramatically changed the landscape of biological threats. Technologies such as synthetic biology, CRISPR gene editing, and artificial intelligence have created powerful tools with enormous potential for good—but also significant risks if misused. The ability to engineer pathogens with enhanced virulence, resistance to treatment, or novel modes of transmission has moved from the realm of science fiction to scientific possibility. Furthermore, the growing accessibility of biotechnology through DIY labs and open-source platforms increases the likelihood that non-state actors, including terrorist groups or radical individuals, could exploit these capabilities for harmful purposesThe COVID-19 pandemic, while naturally occurring and not related to biological warfare, served as a sobering demonstration of the vulnerabilities in global health systems and the profound social and economic consequences of a widespread infectious disease. It highlighted the critical importance of early detection, transparent reporting, rapid response capacity, and international cooperation. These lessons are directly applicable to any biological attack scenario and must inform future preparedness strategies.From a strategic standpoint, the appeal of biological weapons lies in their potential to inflict mass casualties, instill fear, and disrupt societies—all while being cost-effective and relatively easy to conceal. However, this same stealth and unpredictability also make them dangerous to the user. A deliberately released pathogen could mutate, spread beyond intended targets, or cause unintended global outbreaks. Therefore, even from a purely military or strategic perspective, the deployment of bioweapons carries immense risk and uncertainty.To mitigate the threat posed by biological weapons, several actions must be prioritized. First, the Biological Weapons Convention must be strengthened. This includes not only enhancing its verification and compliance mechanisms but also increasing international collaboration around biosecurity standards. Transparent inspections, peer-review mechanisms, and increased funding for the BWC’s implementation support unit could dramatically improve its effectiveness.Second, there must be a global emphasis on bioethics and responsible science. Scientists and institutions involved in biotechnology research must be educated on the dual-use nature of their work and encouraged to adopt a precautionary approach. Codes of conduct, ethical review boards, and national oversight committees can help ensure that research is aligned with peaceful goals and that dangerous knowledge is not misapplied.Third, investment in public health infrastructure is a fundamental line of defense against biological threats. Strong surveillance systems, effective communication networks, and rapid-response mechanisms are crucial to containing outbreaks, whether naturally occurring or engineered. Governments must also stockpile vaccines, antibiotics, and medical equipment, while promoting research into broad-spectrum therapeutics and rapid diagnostics.Fourth, the global community must address the digital and informational aspects of biological threats. The proliferation of dangerous biological knowledge online, the use of artificial intelligence to design harmful agents, and the potential for disinformation campaigns during an outbreak all represent emerging dimensions of the threat landscape. Policies must be developed to responsibly regulate the intersection of biosecurity, data science, and cybersecurity.Finally, it is essential to foster a culture of global solidarity and cooperation. Biological threats do not respect borders, and no single nation can protect itself in isolation. Multilateralism, scientific diplomacy, and international trust-building are the only sustainable pathways to reducing the risk of biological warfare and improving collective resilience.In conclusion, while the biological weapons threat may seem distant or hypothetical compared to other forms of warfare, its potential consequences are devastating and real.

Preventing the development, proliferation, and use of biological weapons is not only a legal and scientific imperative, but a moral one. The future of biosecurity will depend on how effectively the world can balance scientific innovation with responsibility, national security with global cooperation, and preparedness with prevention. In facing this challenge, we are not merely defending against a type of weapon—we are safeguarding the foundation of life itself.

References

1. Wheelis, M. (2002). Biological Warfare at the 1346 Siege of Caffa. *Emerging Infectious Diseases, 8*(9), 971–975. https://doi.org/10.3201/eid0809.010536
Historical account of early biological warfare and the spread of plague in Europe.

2. Leitenberg, M. (2001). The Problem of Biological Weapons. *The Henry L. Stimson Center Report No. 67.*
Comprehensive analysis of the global state of biological weapons and verification issues.

3. Frischknecht, F. (2003). The history of biological warfare. *EMBO Reports, 4*(6), S47–S52. https://doi.org/10.1038/sj.embor.embor849
Overview of bioweapons from antiquity through modern times.

4. National Research Council. (2004). *Biotechnology Research in an Age of Terrorism.* National Academies Press. https://doi.org/10.17226/10827
Discusses the dual-use dilemma and safeguards for life sciences research.

5. World Health Organization (WHO). (2004). *Public health response to biological and chemical weapons: WHO guidance.* https://www.who.int/publications/i/item/9241546158
WHO's guidance on responding to biological and chemical weapons.

6. United Nations Office for Disarmament Affairs (UNODA). (2022). *Biological Weapons Convention (BWC).* https://www.un.org/disarmament/biological-weapons/
Official information about the BWC, its objectives, and current status.

7. Koblentz, G. D. (2010). Biosecurity reconsidered: Calibrating biological threats and responses. *International Security, 34*(4), 96–132. https://doi.org/10.1162/isec.2010.34.4.96
In-depth analysis of the evolving nature of biosecurity risks.

8. Lentzos, F. (2019). Synthetic biology and the threat of bioterrorism. *Health Security, 17*(6), 443–451. https://doi.org/10.1089/hs.2019.0053
Explores the risks posed by synthetic biology in the context of bioterrorism.

9. Selgelid, M. J. (2007). A tale of two studies: Ethics, bioterrorism, and the censorship of science. *Hastings Center Report, 37*(3), 35–43. https://doi.org/10.1353/hcr.2007.0046
Ethical debate around publishing dual-use research with bioweapon potential.

10. United States Government Accountability Office (GAO). (2020). *Biological Threats: Agencies Need to Coordinate on Select Agent Regulations.* https://www.gao.gov/products/gao-20-315
A government report assessing U.S. agency coordination on biothreat preparedness.

ASSESSING THE MATURITY OF INNOVATION IN TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING (TVET) AND HIGHER EDUCATION IN MALAYSIA THROUGH THE TRIPLE HELIX LENS

Farizoh Hamid
Commerce Department, PolytechnicTuanku Sulatanh Bahiyah

Abstract
The Triple Helix model emphasises dynamic collaboration between academia, industry, and government as a foundation for innovation, knowledge creation, and socio-economic development. In Malaysia, this model has gained traction as a strategic framework to align education with industry needs and to support national aspirations, including the National Technical and Vocational Education and Training (TVET Policy), Industry 4.0, and the Shared Prosperity Vision 2030. This study assesses the maturity of Malaysia's innovation ecosystem within the TVET and higher education sectors through the lens of the Triple Helix model. Using a qualitative content analysis approach, three key policy documents were examined to explore current patterns of collaboration, gaps in institutional structures, and challenges in multisector integration. Findings indicate that while policy level commitment to the Triple Helix approach is evident, implementation remains fragmented. Academia shows signs of progress in industry engagement, particularly through applied research and curriculum co-development, but such efforts vary widely across institutions. Industry involvement, especially among SMEs, remains limited. Meanwhile, governmental initiatives often lack cross agency coordination and data integration. The study concludes that Malaysia's innovation ecosystem remains in a transitional phase. Advancing innovation maturity within the education landscape requires greater policy coherence, targeted industry incentives, and improved cross-sectoral data integration.
Keywords: Triple Helix, Innovation Ecosystem, TVET, Higher Education, Academia–Industry–Government Collaboration, Policy Integration.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING OF GEOMORPHOLOGY IN HIGHER INSTITUTIONS OF LEARNING

Usman, Z.N.
Department of Curriculum and Instruction, Niger State College of Education Minna

Dr Umar K. G
Department of Curriculum and Instruction, Niger State College of Education Minna

Dr Owolabi. O
Department of Curriculum and Instruction, Niger State College of Education Minna

MUSA. M
Department of Psychology, Niger State College of Education Minna

Abstract
The integration of Artificial Intelligence (AI) in the teaching of geomorphology within higher institutions of learning represents a transformative shift in both pedagogical approach and academic engagement. Geomorphology, the study of landforms and the processes that shape them, traditionally relies on field-based methods and manual interpretation of spatial data. AI technologies—such as machine learning, natural language processing, and computer vision—are enhancing this discipline by enabling more precise analysis of topographic and satellite data, automated classification of landforms, and predictive modeling of geomorphic processes. In the classroom, AI-driven tools support personalized learning, virtual field trips, and interactive simulations that deepen students' conceptual understanding while expanding access to experiential learning. Additionally, AI facilitates interdisciplinary learning by integrating geomorphological education with data science and remote sensing. This abstract explores the pedagogical benefits, challenges, and future prospects of AI-enhanced geomorphology education, advocating for its strategic implementation to foster innovation, engagement, and analytical proficiency among students in higher education.
Keywords: Artificial Intelligence, Geomorphology and Higher Institutions

ENVIRONMENTAL AND CULTURE FOCUS

Kishore.R
Faculty Of Pharmacy, Bharath Institute Of Higher Education And Research

Meenatchi .S
Faculty Of Pharmacy, Bharath Institute Of Higher Education And Research

Keerthana.V
Faculty Of Pharmacy, Bharath Institute Of Higher Education And Research

Dr.R Saravanan
Faculty Of Pharmacy, Bharath Institute Of Higher Education And Research

Abstract
The intersection of environment and culture plays a critical role in shaping sustainable development pathways. Traditional ecological knowledge, cultural practices, and indigenous belief systems often emphasize harmony with nature, providing valuable lessons for addressing today's climate and environmental challenges. This abstract explores how cultural heritage and community values influence environmental conservation, resource management, and climate resilience. It highlights case studies where cultural traditions such as sacred groves, community-based water management, and sustainable agricultural practices have contributed to biodiversity conservation and ecological balance. Furthermore, it examines how modernization and globalization are impacting cultural identities, leading to both opportunities and challenges for environmental sustainability. By integrating cultural perspectives into environmental policies and climate action strategies, societies can foster inclusive, locally driven solutions that are socially acceptable and ecologically sound. The paper argues that sustainable development cannot be achieved without acknowledging the cultural dimension of human– environment interactions. Emphasizing the synergy between environmental protection and cultural preservation ensures resilience, equity, and intergenerational sustainability.
Keywords: Environment, Culture, Sustainability, Climate resilience, Traditional knowledge, Biodiversity conservation

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

JEREMY COLLIER VE RESTORASYON İNGİLTERE'SİNİN AHLAKİ MUHAYYİLESİ: *A SHORT VIEW* (1698) METNİNDE TİYATRO, ERDEM VE TOPLUMSAL KAYGI

Sinan GÜL
Milli Savunma Üniversitesi, KHO Yabancı Diller Bölümü
ORCID: 0000-0002-4529-6699

ÖZET

Bu çalışma, Jeremy Collier'in *A Short View of the Immorality and Profaneness of the English Stage* (1698) adlı eserini İngiliz Restorasyon dönemi kültür ve düşünce tarihinin kurucu metinlerinden biri olarak ele almakta ve Collier'in polemiğinin yalnızca müstehcen drama karşısında verilmiş ahlaki bir tepki olmadığını, tiyatronun toplumsal ve psikolojik etkilerine dair erken bir kuramsal çerçeve sunduğunu ileri sürmektedir. Metnin altı bölümlük bütüncül bir çözümlemesi, Collier'in klasik otoriteleri, kilise babalarını, konsil kararlarını ve yakın okuma tekniklerini bir araya getirerek sahnenin kültürel yozlaşmanın başlıca failine dönüştüğünü nasıl iddia ettiğini ortaya koyar. Collier, tekil metinsel kusurları aşan argümanında, Restorasyon tiyatrosunun seyircileri hürmet edilmesi gereken şeylere gülmeye alıştırarak toplumsal düzeni ayakta tutan ahlaki sezgileri aşındırdığı yönünde daha derin bir epistemolojik krizi teşhis eder.

Çalışma ayrıca Collier'in klasik otoriteleri stratejik biçimde kullanışına, özellikle ahlaken "doğru" antik yazarlarla Aristophanes gibi yozlaşmış figürler arasında kurduğu hiyerarşik karşıtlığa dikkat çekerek, Restorasyon oyun yazarlarını tehlikeli bir tiyatral küfürkârlık soyunun mirasçıları olarak konumlandırmasına ışık tutar. Bu yöntem, estetik eleştiriyi toplumsal dokunun savunusuna dönüştüren ahlaki bir aciliyet söylemi üretir.

Bildiri, Collier'in metninin tiyatral temsillerin duygulanımsal ve kamusal sonuçlarını kuramsallaştırmaya yönelik erken bir girişim olarak okunması gerektiğini; psikoloji, sempati ve izleyici eğitimi üzerine Aydınlanma tartışmalarını önceler nitelikte olduğunu savunur. Sonuç olarak *A Short View*, sahne etrafındaki tartışmaların on yedinci yüzyıl İngiltere'sinin daha geniş çelişkilerini—zevk ile erdem, özgürlük ile düzen, nükte ile dindarlık arasındaki gerilimleri—nasıl içkinleştirdiğini gösterir. Collier'in polemiğinin entelektüel bütünlüğünü yeniden değerlendirerek, bu bildiri onu erken modern ahlak eleştirisinin soy kütüğü ve tiyatronun kamusal, toplumsal sonuçları olan bir kurum olarak kavranışındaki dönüşüm açısından merkezi bir figür olarak konumlandırır.

Anahtar Kelimeler: Restorasyon tiyatrosu, Jeremy Collier, erken modern dönem kültürel tarihi.

JEREMY COLLIER AND THE MORAL IMAGINATION OF RESTORATION ENGLAND: THEATRE, VIRTUE, AND SOCIAL ANXIETY IN *A SHORT VİEW* (1698)

ABSTRACT

This paper examines Jeremy Collier's *A Short View of the Immorality and Profaneness of the English Stage* (1698) as a foundational document in the cultural and intellectual history of the English Restoration, arguing that Collier's polemic constitutes more than a moral outburst against licentious drama—it offers an early theory of the social and psychological power of theatre. Through an integrated analysis of his six-chapter treatise, the paper shows how Collier mobilizes classical precedent, ecclesiastical authority, and close reading to construct a comprehensive argument that the stage has become a principal agent of cultural corruption.

His critique moves beyond specific textual offences to diagnose a deeper epistemological crisis: the Restoration stage, he insists, teaches audiences to laugh at what should command reverence, thereby eroding the very moral instincts that sustain social order.
The analysis also highlights Collier's strategic deployment of classical authorities—especially his hierarchical opposition between morally "correct" ancients and corrupt figures such as Aristophanes—to frame Restoration dramatists as heirs to a dangerous lineage of theatrical impiety. In doing so, Collier reframes aesthetic criticism as an urgent defence of the moral fabric of society.
The paper argues that Collier's treatise should be read as an early attempt to theorize the affective and civic consequences of theatrical representation, anticipating later Enlightenment concerns with psychology, sympathy, and the moral formation of audiences. Ultimately, *A Short View* reveals how debates about the stage served as a microcosm for larger conflicts in late seventeenth-century England: between pleasure and virtue, liberty and order, wit and piety. By recovering the intellectual coherence of Collier's polemic, this paper repositions him as a key figure in the genealogy of early modern moral criticism and the evolving understanding of theatre as a public, socially consequential institution.
Keywords: Restoration drama, Jeremy Collier, early modern cultural history.

Introduction

This study analyzes Jeremy Collier's *A Short View of the Immorality and Profaneness of the English Stage* (1698) to explore how Restoration theatre was perceived as a site of moral and social danger. Across its six chapters, Collier develops a sustained critique of the stage, arguing that contemporary plays encourage vice, profaneness, and libertinism, corrupt audiences, and undermine both private virtue and public order. He supports this argument through a wide range of evidence: comparisons with classical drama, close readings of contemporary plays, and the authoritative judgments of Church Fathers, ecclesiastical councils, and civil codes. My thesis is that Collier's text functions not only as a moral and religious indictment of Restoration drama but also as an early attempt to theorize the social and psychological effects of theatre, situating it at the intersection of literary criticism, moral philosophy, and cultural history. By tracing Collier's use of classical, contemporary, and ecclesiastical authorities, this article demonstrates how he constructs a coherent moral argument against the stage while illuminating broader tensions between pleasure, virtue, and civic responsibility in late seventeenth-century England.
Collier's *A Short View* offers a systematic and multi-faceted critique of Restoration theatre, blending moral philosophy, literary criticism, and historical precedent to expose what he perceives as the dangers of contemporary drama. Across its six chapters, Collier examines the stage from multiple angles: he begins by assessing the immodesty and profaneness of plays, contrasting them with classical and Christian ideals of decorum and morality (Chaps. I–II). He then considers the specific abuses inflicted on the clergy and on social hierarchies by theatrical representations, before analyzing how dramatists encourage vice and reward libertinism through their characters and plots (Chaps. III–IV). The text moves from close readings of individual plays and poetic forms, including the *Mock-Astrologer*, *Amphytrion*, and *The Relapse*, to broader reflections on theatrical conventions, the misuse of stage music, and the misrepresentation of human passions (Chap. V). Finally, Collier situates the English stage within a longue durée of cultural and moral authority, appealing to the judgments of classical philosophers, Roman legislators, Church Fathers, and ecclesiastical councils to argue that the theatre has long been censured for its moral risks (Chap. VI).

Throughout, his critique is informed by the ethical currents of late seventeenth-century England, particularly the moral philosophy of natural virtue, Christian doctrine, and the emerging notion of theatre as a public and social institution. By juxtaposing historical precedent, textual analysis, and theological authority, Collier constructs a sustained argument that Restoration drama, in its contemporary form, undermines virtue, education, and social order while offering a lens through which to examine the tensions between pleasure, morality, and civic responsibility in early modern England.

Collier's Strategy and Rhetoric

Collier's attack on the late seventeenth-century stage rests on a tightly interwoven set of rhetorical and moral strategies designed to frame the theatre not merely as a flawed institution but as an existential threat to Christian society. Collier constructs his argument on the premise that playwrights are active agents of cultural decay, presenting them as a collective whose works have "debauched the age" more than any other influence. This foundational moral claim enables a rhetoric of urgency: if the stage is the chief corrupter of public virtue, then Collier's intervention becomes a civic and spiritual necessity. His language relies heavily on moral absolutism, refusing any middle ground between artistic freedom and ethical discipline. By depicting dramatists as enemies of "Vertue and Regularity," he transforms aesthetic disagreement into a battlefield of good versus evil, thereby making moderation or compromise appear morally suspect. His most striking rhetorical move is the analogy between playwrights and "Foot-Pads" who not only rob but murder—an image that elevates theatrical indecency from mere impropriety to a deliberate assault on conscience itself. Here Collier's moral logic becomes clear: vice is dangerous not simply because it entices behaviour, but because it destroys the very principles that regulate behaviour. This shift from external conduct to internal moral architecture distinguishes Collier from earlier Puritan critics; he argues that the stage is pernicious precisely because it undermines the epistemological grounds of virtue, rendering conscience a "Bugbear" and moral choice unreasonable. His insistence on linguistic clarity—rejecting euphemisms like "mistress" and "lover"—further supports this project, since corrupt language, he claims, leads to corrupt judgement. In this framework, rhetoric becomes a tool of moral restoration: to name vice plainly is to contain it, and to expose theatrical immorality is to defend the fragile structure of Christian social order.

Collier opens his argument by establishing a crucial rhetorical baseline: the theatre's "business," he insists, is to "recommend Virtue, and discountenance Vice," grounding his polemic in a teleological definition of drama as a moral instrument rather than an autonomous art. This normative premise allows Collier to frame his critique not merely as a matter of taste but as a defence of the stage's "rightful" function against its degenerate modern form. In the *Introduction*, Collier deploys a strategic contrast between the theatre's potential—its power to move the audience through "Show, Musick, Action, and Rhetorick"—and its present "misbehaviour," a technique that turns the stage's aesthetic strengths into the very measure of its ethical corruption. He likens theatrical spectacle to "Cannon seized," a striking militarized metaphor that transforms poetic artifice into a weapon commandeered by vice, thereby elevating his argument from cultural complaint to moral emergency. Chapter I extends this rhetoric by attacking the Restoration stage's "Immodesty" through a method of strategic abstention: Collier pointedly refuses to quote the "Rankness" of modern comedy, claiming that the passages are too foul to repeat, thus preserving his own decorum while generating an aura of contamination around his opponents. His examples—from *The Country Wife* to *The Double Dealer*—are marshalled not for close reading but as moral exhibits, illustrating a theatre that violates both natural propriety and Christian virtue by placing obscene speech in the mouths of women, aristocrats, and even tragic heroines.

This emphasis on violated decorum is central to Collier's strategy: by arguing that modern dramatists strip women of their "native Modesty," he converts aesthetic analysis into a defense of social hierarchy and gendered virtue, implying that the stage's indecency destabilizes broader norms of civility. Both the *Introduction* and Chapter I thus work together to construct a rhetorically fortified position in which the theatre is judged not only by its content but by its perceived social consequences. Collier's argument depends on collapsing aesthetics into ethics: to him, obscenity is not merely a stylistic fault but a sign of cultural disorder, a corruption of taste that signals the erosion of moral instinct itself.

A further dimension of Collier's rhetorical strategy emerges when he shifts from cataloguing offences to diagnosing the philosophical error behind them. Throughout *A Short View*, he repeatedly insists that the stage has become an enemy to conscience because it teaches audiences to laugh at moral seriousness. As he declares, "Nothing has gone farther in Debauching the Age, than the Stage Poets, and play-house," (Collier, The Preface) a line that crystallizes his belief that theatrical wit functions as a corrosive epistemology rather than as harmless amusement. Collier argues that the comic stage "makes a Jest of Sin," and that this habitual ridicule trains spectators to regard vice as "harmless Liberty" (ibid, 5). His concern is not merely behavioural corruption but moral anaesthesia: "When People are taught to be Ashamed of Shame" (ibid, 10), he warns, they are in a fair way to be past all Remedy. This use of aphoristic moral logic allows Collier to transform specific textual complaints into universal ethical principles, enabling him to frame Restoration comedy as a system of moral deformation rather than an artistic form with occasional flaws. Even more revealing is his critique of the way playwrights depict religious figures, whom they "expose…to Contempt," (ibid, 58) thereby encouraging spectators to scorn the very institutions that sustain social order. These quotations demonstrate how Collier uses concise moral maxims to give his argument the force of general truth: the theatre is not simply indecent in isolated moments, but structurally aligned with mockery, impiety, and the erosion of virtue itself. In this way, Collier's rhetoric amplifies his moral thesis: the stage is dangerous not because it shows vice, but because it trains the mind to admire it and laugh at what should command reverence.

Collier's lengthy dissection of Aristophanes in *A Short* opens an illuminating window into his broader polemical method—one that depends on a hierarchical comparison between the "right" ancients and the morally wayward moderns. His critique relies on a carefully orchestrated contrast: the ancient authors whose authority he embraces (e.g., Aristotle, Plato, Sophocles, Euripides) versus Aristophanes, whom he casts as an outlier, even a corrupter of antiquity. As Collier insists, Aristophanes' precedent "signifies nothing in the case, since 'the best Philosophers and Poets, Criticks and Orators, both Greek and Latin, both Antient and Modern, give the Cause against him'" (p. 37). What follows is an extraordinary catalogue of Aristophanic impieties, improprieties, and absurdities, offered to show that the comic poet is not a standard but a deviation. On Collier's account, Aristophanes is not merely licentious but fundamentally impious—"a downright Atheist" whose *Nubes* ridicules Socrates, "a Person of great Sence and Probity" who sought to restore theology "to the Standard of Natural Religion" (pp. 37–38). By portraying Socrates as a buffoon who teaches that "the Clouds are the only Deities" (p. 38), Aristophanes, Collier claims, aligns himself with those who mock providence and "the Distinctions of Good and Evil" (p. 42). This association of indecency with atheism is crucial: for Collier, aesthetic disorder directly reflects moral and theological disorder. This is why he can move seamlessly from Aristophanes' impieties toward the gods—such as making Bacchus and Hercules "talk Smut and rally like Link-boys" (p. 45)—to his dramatic "Absurdity" and "want of Judgment" (pp. 43–44): the one proves the other.

A comic poet who mocks divinities cannot, in Collier's logic, produce coherent characters or maintain decorum. Thus Aristophanes becomes the archetype of everything a poet must not be: irreligious, inconsistent, sensational, and philosophically unserious.

Seen within a larger seventeenth-century intellectual landscape, Collier's polemic draws heavily on neo-Stoic, Christian humanist, and civic republican conceptions of art as a moral instrument. His insistence that a poet must "form the Audience to Virtue" and avoid "Lewdness" (p. 49) echoes the moral pedagogy found in Renaissance commentaries on Aristotle and Horace—particularly the widely diffused neo-Aristotelian view that poetry is a civilising force whose purpose is *prodesse et delectare*. Moreover, Collier's argument resonates with the era's philosophical anxiety over skepticism and irreligion, especially after the Glorious Revolution, when Hobbesian materialism, freethinking, and revived "ancient atheists" became polemical spectres. Collier belongs to a lineage of anti-theatrical critics who "employed a critical style and method modelled after Rymer" and "cited authorities from Aristotle to Dryden" to frame his attack (Cannan, 87). His method of reading Aristophanes through the lens of Socrates' theological "refinements" positions classical antiquity not as a monolith but as a field of moral exemplars and corruptors—a distinction that maps neatly onto the social and moral anxieties of Restoration England. In this respect, Collier participates in a broader seventeenth-century moral classicism, one indebted to patristic readings of pagan authors, Erasmus's Christian humanism, and neo-Stoic virtue theory (especially Lipsius), all of which aimed to sift the ancients for models of civic integrity. Thus his critique of Aristophanes also becomes a critique of the Restoration stage: if even the ancients can fall into impiety and indecorum, how much more must modern playwrights be censured? By constructing Aristophanes as a negative classical authority, Collier secures a larger principle—that true art aligns with virtue, and that the Restoration stage, much like Aristophanes, has strayed from the proper moral and philosophical lineage of antiquity.

From Oaths to Blasphemy: Collier's Theology of Theatrical Transgression

The second chapter II titled as "The Profaness of the Stage" sharpens and radicalizes the ethical logic sketched in his Preface and Chapter I by treating theatrical profanity as a theological as well as a moral offense. He opens the chapter by naming two clustered sins—"Their Cursing and Swearing" and "Their Abuse of Religion and Holy Scripture"—and immediately exemplifies the first by insisting that the modern stage abounds in "their wishes of Hell, and Confusion, Devils, and Diseases, all the Plagues of this World, and the next, to each other" (Collier, *A Short View*, p. 57). For Collier, swearing is not mere coarse ornamentation but a form of contempt so serious that it "brings in God to attest our Trifles" and therefore "renders [divinity] cheap and despicable" (Collier, p. 58). He repeatedly links this verbal irreverence to systemic impiety: when playwrights trivialize prayer, Scripture, and sacrament—turning the "Holy Rhetorick" into stage-jest—they do not merely offend sensibility but dismantle the cognitive and moral architecture that makes virtue intelligible (Collier, p. 69). Hence his rhetorical strategy in Chapter II is to translate moments of comic "smartness" into proofs of theological subversion: the comic device (oaths, biblical allusion, mock-rites) becomes evidence that the dramatist trains audiences to "make God, and Goodness contemptible" (Collier, p. 76).

Reading Collier alongside recent scholarship helps explain why he frames profanity as a species of cultural emergency rather than mere bad taste. Critics of Collier have shown that his attack fused moral pedagogy with a broader seventeenth-century anxiety about irreligion and social order: as Michael Cordner observes, anti-theatrical charges about profanity often functioned as part of a larger campaign to reassert civic and religious norms against the perceived libertinism of Restoration comedy (Cordner 2000, pp. 209–12).

Aubrey Williams likewise situates Collier in a contested public sphere in which priests and playwrights staged competing accounts of virtue; Collier's insistence that theatrical irreverence fosters skepticism and moral laxity reflects contemporaneous fears about scepticism, freethinking, and the social effects of theatrical imitation (Williams 1975, pp. 234–40). In short, Collier's Chapter II continues the move we traced earlier—collapsing aesthetic transgression into theological heresy—by arguing that (Collier, pp. 57–60).
In an extended comparison between ancient and modern dramatic traditions, Collier names with striking precision the playwrights and works he considers morally dangerous, thereby sharpening his larger argument that the "Moderns" are far worse than the Pagans. He begins by rehearsing the faults of classical authors—Terence, Plautus, Aeschylus, Sophocles, Euripides, and Seneca—but immediately qualifies their impieties by insisting that the ancients operated without Christian revelation and that their "Gods were Beings of ill Fame" (Collier, pp. 86–87). These examples serve as a launching pad for his real target: Restoration dramatists, whom he accuses of unprovoked, self-delighting irreligion. The pivot comes when he names John Dryden, censuring *Cleomenes* for its "Scene of a Famine" in which "the greatest part…is spent in impious Rants, and Atheistical Disputes," a pattern so offensive that Collier mockingly notes that "This Scene…Mr. Dryden calls a Beauty" (pp. 92–93). Collier likewise attacks the playwright's representation of Cleora, whose lurid speech about nursing—"At last it drew so hard that the Blood follow'd"—he denounces as a symptom of moral and aesthetic decadence, proof that modern poets "love to say the worst Things in the best manner, to perfume their Poysons, and give an Air to Deformity" (p. 93). By framing Dryden's modern irreligion against ancient dramatic decorum, Collier constructs a moral hierarchy: even when Aeschylus or Sophocles allow characters to "bluster" against heaven, they always correct them through choral rebuke or divine punishment, whereas the English stage "blaspheme[s] for their Pleasure" and leaves its "Madmen…very seldom reckon'd with" (pp. 94–95). The force of Collier's critique thus lies not only in identifying who offends—Dryden foremost—but in showing why: because unlike the ancients, modern playwrights celebrate impiety, render blasphemy aesthetically attractive, and thereby "weaken the force of Conscience, and teach the Language of the Damn'd" (p. 96).

Representing the Sacred: Collier's Indictment of Theatrical Attacks on the Clergy
Collier's assault on the stage's treatment of the clergy in Chapter III of *A Short View* extends his broader moral–philosophical argument that the Restoration theatre corrodes public virtue by aestheticizing irreverence and destabilizing the epistemic authority of moral instructors. Collier claims that playwrights "shoot chain'd-shot, and strike at universals," launching an attack not merely on "the Men," but on "the Business" of the priesthood itself (Collier, 98). For Collier, this is not simply a literary fault but a civic crisis: by rendering clergy ridiculous—through scenes of manipulation, drunkenness, or sexual duplicity—the stage undermines the very institutions responsible for maintaining ethical order. His anxiety resonates with the period's broader debate about moral epistemology: since he maintains elsewhere that liberty cannot be restrained and moral principles cannot prevail over pleasure unless the clergy are first discredited, the theatre emerges as a rival pedagogic institution that trains spectators to view moral authority as inherently hypocritical. Critics such as James Sutherland have noted that Collier's polemic is driven by a conviction that "dramatic poetry shapes the manners of a nation" (Sutherland 1976, 112), which aligns with Collier's insistence that theatrical satire fosters a public habituation to vice by habituating its audience to laugh at sacred offices. Deborah Payne Fisk similarly argues that attacks on the clergy in Restoration comedy perform a cultural work of relativizing religious authority at a moment when confessional identity was politically charged (Fisk 2000, 133).

The examples Collier cites—Dominick the "pimp" in *The Spanish Fryer*, Harcourt's mock-divinity in *The Country Wife*, Sparkish's ridicule of clerical "college look," or the chaplain in *The Orphan* who flatters aristocratic pride—serve as case studies in what Collier interprets as the theatre's systematic attempt to produce a public imaginary in which the priesthood is equated with imposture, servility, or lewdness. This, for Collier, amounts to a civic deformation: the stage, by fictionalizing clerical vice as comic pleasure, teaches spectators to internalize suspicion toward institutions that traditionally mediate conscience, thereby eroding the very moral infrastructure that his neo-Aristotelian framework assumes to be necessary for virtue. Modern scholars such as Laura Rosenthal observe that Collier's anxieties stem from the theatre's "capacity to generate alternative forms of social knowledge" (Rosenthal 1996, 57), a capacity that, in Collier's reading, becomes dangerous when used to desacralize the cultural authority of religious office. Thus the rhetorical energy of Chapter III, with its catalog of profane scenes and scurrilous epithets, exemplifies Collier's larger philosophical claim: that dramatic representation is never neutral but always a form of moral pedagogy with direct consequences for the ethical formation of the polity.

In Chapter IV, Collier extends his critique of the stage from its treatment of the clergy to the moral constitution of its principal characters, arguing that Restoration dramatists systematically conflate virtue and vice by rewarding the latter with social and romantic success (Collier 1698, 141–145). He insists that nature delineates vice and virtue in "very Legible Distinctions," yet the stage actively blurs these lines, presenting lewdness and irreligion as marks of honor and breeding (141). Collier enumerates a series of notorious examples—from Wildblood, Bellamy, and Lorenzo to Valentine in *Love for Love*—whose vices, including atheism, debauchery, and betrayal, are paradoxically rewarded, thereby providing models for emulation rather than censure (142–143). This moral inversion resonates with his earlier critique of the clergy in Chapter III: just as playwrights misrepresent priests and thereby undermine religious authority, so too do they misrepresent ethical conduct, conferring prestige and pleasure upon vice. Collier situates his analysis within a philosophical and historical framework, invoking the classical tradition of Plautus, Terence, and Horace to demonstrate that the ancients intended comedy to instruct and refine moral sensibilities, rewarding virtue and punishing vice in accordance with the natural and social order (149–151). He underscores that while Dryden and other modern poets appeal to classical precedent to justify the felicity of libertine heroes, such defenses are inadequate: unlike the pagan context of Plautus or Terence, Christian society imposes moral and spiritual penalties upon vice, making its stage valorization not merely a literary choice but a social hazard (149). In connecting Chapters III and IV, Collier's argument emerges as a coherent ethical philosophy of theatre: the misrepresentation of both religious office and moral character threatens the public's capacity for reasoned conscience, erodes the social authority of virtue, and cultivates a taste for disorder disguised as refinement (Collier 1698, 141–145). Through his meticulous cataloging of named characters and plays, Collier enforces a neo-Aristotelian vision of drama as a medium that ought to educate the audience, preserve social hierarchies, and align with divine and civic order—thus linking his theological concerns from Chapter III with a broader cultural philosophy of pleasure, instruction, and moral example (Sutherland 1976, 112; Rosenthal 1996, 57).

In Chapters III and IV of *A Short View of the Immorality, and Profaneness of the English Stage*, Collier constructs a sustained ethical critique of Restoration drama, linking the misrepresentation of religious authority with the moral inversion of theatrical characters.

In Chapter III, he enumerates playwrights such as Ben Jonson, Beaumont, and Fletcher, noting how even in works where priests and clergy appear, their representation is often distorted for comic or satirical effect—priests are made fools in *The Scornful Lady* or knaves in *The Spanish Curate*, and their social and spiritual authority is undermined (Collier 1698, 127). Collier grounds his concern in theological and historical reasoning: priests possess inherent authority due to their relation to God, their civic and religious function, and the longstanding social privileges of the priesthood across cultures, from the Aaronic line in Judaic tradition to the Brahmin caste in India and the Vestal priestesses of Rome (130–133). Misrepresenting them on stage, Collier argues, is tantamount to an affront against God and the social order itself, reflecting his broader philosophical commitment to the alignment of theatrical representation with moral and divine law (134–138).

Taken together, Chapters III and IV reveal Collier's overarching ethical philosophy of theatre. The misrepresentation of clergy and the celebration of vice are two sides of the same moral disorder: both subvert established hierarchies of divine and civic authority, and both encourage imitation of improper conduct. Collier's textual examples, drawn from specific Restoration plays and characters, serve not merely as literary commentary but as evidence of a cultural crisis in taste and virtue, one that conflates amusement with instruction in a manner contrary to the models of classical, Christian, and civic morality (Sutherland 1976, 112; Rosenthal 1996, 57). In this way, Collier presents a coherent vision of drama as a medium that should instruct, refine, and uphold the social and religious order, linking his critique of theatrical vice with his defense of clerical authority and, more broadly, his concern for the moral education of the English public.

In Chapter 4 of *A Short View of the Immorality, and Profaneness of the English Stage*, Collier constructs a careful moral critique of Restoration comedy by examining the treatment of vice and virtue across representative plays. He opens with Vanbrugh's *The Relapse*, focusing on the character of Face, whose persistent deceit might seem objectionable. Collier emphasizes that the poet anticipates such criticism: "Face continued in the Cousenage till the last without Repentance. Under favour I conceive this is a Mistake. For does not Face make an Apology before he leaves the Stage? Does he not set himself at the Bar, arraign his own Practise, and cast the Cause upon the Clemency of the Company?" (152). Here, Collier argues that Vanbrugh carefully embeds moral accountability, signaling the audience to recognize the wrongdoing. In contrast, characters like Wild-Blood and Jacinta in *The Mock-Astrologer* enjoy success without acknowledgment of fault. Yet even in these instances, Collier invokes Ben Jonson as a corrective standard: "The Mock-Astrologer urges Ben Johnson's *Silent Woman* as another Precedent…Dauphine confesses himself in Love with the Collegiate Lady's…yet this naughty Dauphine is Crowned in the end with the Possession of his Uncles Estate" (153). Although Jonson's characters may initially appear morally lax, Collier stresses that in works such as *Fox*, "the Poets end in this Play was the Punishment of Vice, and the Reward of Virtue…How ever he is pleased to commend the Performance, and calls it an excellent Fifth Act" (153), demonstrating that Jonson embodies a model in which comedic pleasure is tempered by ethical resolution. Shakespeare, too, provides precedents for this moral economy: Falstaff, despite his comical exploits, "goes off in Disappointment…The Pleasure he had given, would not excuse him" (154), showing that even humor cannot fully absolve vice. Similarly, Flowerdale in Beaumont and Fletcher's *The Prodigal* attains fortune only after repentance, illustrating Collier's observation that the stage often enforces moral correction through narrative consequences (154–155).

Collier extends his argument to a broader philosophical and social framework, considering the role of pleasure in comedy and its ethical limits. While Dryden's *Mock-Astrologer* claims delight as the chief end of comedy, Collier critiques the dangers of unrestrained amusement, arguing that it risks normalizing vice and profanation: "To laugh without reason is the Pleasure of Fools…The exposing of Knavery, and making Lewdness ridiculous, is a much better occasion for Laughter" (156). He supports this position by appealing to authorities such as Aristotle, Quintilian, and Rapin, while citing Jonson's prescriptive vision: "That 'tis impossible to be a good Poet without being a good Man…a Poet…able to inform Young Men to all good Discipline, and enflame grown Men to all great Virtues" (157–158). Collier also highlights social proprieties, criticizing the stage when it fails to respect rank and gender: nobles are lampooned, and women speak smuttily, as in the *Spanish Fryar* or *Love Triumphant* (170–176). By weaving these literary, moral, and philosophical references together, Collier constructs a rigorous argument: comedy may entertain and delight, but it must operate within the bounds of ethical instruction and social propriety, balancing laughter with the maintenance of virtue. His use of Jonson and other canonical playwrights provides both precedent and authority, allowing him to measure Restoration comedy against an ideal of moral and poetic discipline.

Judging the Playhouse: Collier's Case Studies in Profaneness, Blasphemy, and Dramatic Misconduct

In Chapter 5, Collier continues his systematic critique of Restoration drama by evaluating the moral, religious, and aesthetic proprieties of select plays, including Dryden's *Amphitryon* and *King Arthur* as well as Durfey's *Don Quixote*. He scrutinizes Dryden's *Amphitryon* for its extravagant depiction of Jupiter, whose divine omnipotence is paradoxically entwined with extreme licentiousness. Collier observes that Jupiter "express[es] himself in the most intemperate Raptures…willing to Renounce his Heaven for his Brutality, and employ a whole Eternity in Lewdness" (178), highlighting how vice becomes the spectacle itself, rather than the moral consequence of action. This transgression is exacerbated by the complicity of Alcmena, whose consent retroactively endorses the god's debauchery, and by other deities such as Mercury and Phaebus, whose behavior is described as "horribly smutty and profane" (184–185). Collier contrasts Dryden's liberties with classical exemplars: Plautus's Jupiter maintains decorum despite boldness, Terence's Chaerea tells stories cleanly, and Homeric and Virgilian deities preserve grandeur without descending into obscenity (180–181). The critic underscores both aesthetic and ethical concerns, arguing that the spectacle of vice in a divine context risks desensitizing audiences: "Ribaldry is dangerous under any Circumstances of Representation" (181). Similarly, Dryden's *King Arthur* conflates Heathen and Christian cosmologies, angels and devils, and serious theological motifs with playful fantasy. Collier emphasizes the irreverent treatment of hell and the damned, noting that they become "a mighty Refreshment to a lewd Conscience, and a byass'd Understanding" (190), suggesting that theatrical entertainment here cultivates atheistic or libertine sensibilities rather than moral reflection.

Collier extends his critical framework by analyzing Congreve's *The Relapse*, framing it as a successor to Durfey's *Don Quixote* in its bold liberties with morality and dramatic form. He situates the plot around Young Fashion, whose scheming and libertine behavior dominate, noting that the title—*The Relapse* or *Virtue in Danger*—misleads: the narrative rewards vice rather than virtue, as Fashion's deception and rakeship secure him fortune and prominence (210–211).

Collier views this as a fundamental ethical flaw, illustrating his concern that Restoration comedy often glorifies cunning, blasphemy, and libertinism under the guise of wit. He critiques the play's structural improbabilities, highlighting compressed journeys, uncharacteristic credulity in cautious figures, and episodic coincidences that breach the Aristotelian and Rapinian unities of time, place, and action, while secondary characters such as Lovelace, Amanda, and Berinthia remain peripheral to the main plot (215–218; 230–231). Character and manners likewise fail, as Berinthia and Sir Tun-belly's daughter display excessive levity, and Young Fashion's manipulative discourse or misplaced humor in other figures undermines both plausibility and decorum (219–225). Collier condemns the language as profane and morally corrosive, noting recurring oaths, coarse jesting, and clerical satire, compounded by the author's Preface, which feigns ignorance of objectionable content while disparaging the clergy (232–233). Overall, Collier's reading demonstrates a coherent critical philosophy: unrestrained Restoration drama risks narrative incoherence and ethical distortion, rewarding vice while neglecting plausibility, social rank, and the instructive potential of comedy, and his commentary seeks to uphold drama as both an aesthetic and moral medium.

Collier's critical philosophy consistently emphasizes the moral and structural responsibilities of the Restoration stage. Across his analyses of Dryden, Durfey, and Congreve, he identifies recurring failures: plays reward vice rather than virtue, distort character and manners, and violate the principles of plausibility and unity. In Dryden, Collier critiques the opportunistic liberties of libertine heroes whose wit and audacity secure social and romantic success, often at the expense of ethical propriety. Similarly, Durfey's *Don Quixote* is scrutinized for its moral laxity and excessive indulgence in whimsical contrivances, which obscure the play's ethical orientation. In Congreve's *The Relapse*, these concerns crystallize: Young Fashion's scheming and debauched behavior dominate the plot, secondary characters remain detached from the main action, and improbable coincidences and breaches of the unities of time, place, and action compromise the play's plausibility (210–231). Collier also denounces inappropriate manners and profane language, noting that characters such as Berinthia and Sir Tun-belly exhibit behaviors inconsistent with their social rank or education, while the play's blasphemous and coarse discourse further erodes moral decorum (219–233). Taken together, these critiques reveal Collier's vision of drama as both a reflective and corrective medium: the stage must balance wit and ingenuity with ethical clarity, social verisimilitude, and structural coherence, lest it cultivate vice under the guise of entertainment.

In Chapter 6, Collier broadens his moral and aesthetic critique by situating the English stage within a long historical and transnational discourse on theatrical vice. He structures his argument around three authoritative sources: classical philosophers, civil and ecclesiastical law, and modern examples, thereby demonstrating that concerns over the stage's moral influence are neither novel nor culturally isolated. Drawing on Plato, Aristotle, Xenophon, and Tully, Collier emphasizes the pedagogical and ethical dangers of theatre: plays, by stimulating passions and presenting immoral actions, risk perverting youth, undermining virtue, and fostering societal disorder (234–237). Roman historiography, from Livy to Seneca, reinforces this view, portraying theatrical spectacles as occasions for civic distraction and moral decay, a perspective echoed by Ovid and other poets who link dramatic display to sexual licentiousness and corruption of manners (237–240). Collier's survey of state censure and English law—from Athenian regulation to Elizabethan statutes against unlicensed actors—underscores the institutional acknowledgment of these dangers, illustrating a persistent wariness toward theatrical influence across cultures and epochs (240–243). Modern examples, such as French attempts to curb indecency on the stage in the late seventeenth century, demonstrate the continued relevance of these moral concerns (243–244).

This chapter complements Collier's earlier critique of *The Relapse*: while Chapter 5 focuses on specific dramaturgical and ethical failings in Restoration comedy—structural improbabilities, character incongruities, and the celebration of vice—Chapter 6 situates these failings within a broader historical and philosophical tradition. The classical and legal authorities he cites provide a framework that legitimizes his condemnation of Congreve: the play's moral subversion is not merely a stylistic or technical lapse but part of a longstanding pattern in which theatre risks fostering vice and social disorder. By juxtaposing the historical record with contemporary Restoration practice, Collier reinforces his dual concern with aesthetic coherence and ethical responsibility, presenting the stage as a medium whose pleasures must be tempered by reason, virtue, and social accountability.

Conclusion

Collier mounts a comprehensive moral and social critique of the theatre by appealing to the authority of early Christian writers, classical philosophers, and later moralists. He draws extensively on St. Chrysostom, St. Hierom, and St. Augustine, highlighting their consistent condemnation of public entertainments for fostering vice, lewdness, and moral indifference. Collier combines these citations with reasoned hypotheticals, illustrating how mere exposure to theatrical spectacles—through lewd songs, amorous plots, or displays of revenge—can corrupt conscience and inflame passions, even among the virtuous. He extends his critique to the mechanics of performance, arguing that music, gesture, and dramatic representation serve to excite desire, distract reflection, and reinforce immoral tendencies. By integrating authorities like Didacus de Tapia, he shows the continuity of this moral stance into later centuries, framing theatre as a persistent threat to both personal virtue and social order. Even granting the artistic skill of actors or composers, Collier concludes that the stage's deleterious effects on conscience, education, and civic decorum leave it without legitimate defense, making his case as much practical as theological, persuasive by authority and reason alike.

In conclusion, Jeremy Collier's *Short View* articulates a forceful moral-aesthetic philosophy that both critiques the Restoration stage and reaffirms a classical-Christian ideal of drama. Across his chapters, Collier diagnoses the vices of his contemporary playwrights — their irreverent language, reward of libertine characters, and theatrical sensationalism — and grounds his critique not merely in personal outrage but in a broader philosophical tradition. He insists that plays should "*recommend virtue, and discountenance vice*"(Collier, p. 1), echoing the classical didacticism of Plato, Aristotle, and Horace, whom he repeatedly invokes (e.g., Plato banishing poets from his ideal commonwealth).

Importantly, Collier also connects this classical ideal with Christian moral authority. In his final chapter, he draws on the Church Fathers — notably St. Chrysostom, St. Hierom, and St. Augustine — to argue that the theatre is not a neutral form but a morally perilous one, capable of corrupting conscience, fostering concupiscence, and undermining Christian discipline. By doing this, he positions his argument within a moral-classical synthesis: he does not reject the power of dramatic art, but he contends that its potential must be harnessed by reason, virtue, and religious responsibility.

From a broader literary-historical standpoint, Collier's pamphlet marks a critical moment in the moral backlash against Restoration comedy. His work catalyzed what became known as the "Collier Controversy," sparking a wave of pamphlet debate about the purpose of drama. Scholars such as Aubrey Williams have shown that Collier's critique drew upon a deeply conservative, moral-reformist impulse that resonated widely; his pamphlet sold multiple editions quickly, reflecting a growing "climate of moral consciousness" around the turn of the eighteenth century.

Moreover, Collier's influence helped pave the way for later literary shifts: his denunciation of *wrights who reward vice* contributed to the rise of sentimental comedy, a genre that emphasized virtue, emotional sincerity, and moral reformation over the cynical, libertine wit of Restoration plays. In this sense, Collier can be seen as not only reactive — condemning what he sees as theatrical corruption — but also proactive, advocating a theatrical ideal rooted in ethical purpose, social order, and theological seriousness.

In sum, Collier's *Short View* is more than a moral pamphlet: it is a philosophical statement about the responsibility of art, a challenge to playwrights to align their craft with virtue, and a historically significant intervention in the evolution of English drama. By marrying ancient moral theory with Christian doctrine, Collier stakes a claim for a theatre that does not merely entertain, but instructs, reforms, and upholds the moral fabric of society.

Works Cited

Cannan, P. D. (2006). *The parson turn'd critick: Jeremy Collier and his antagonists*. In C. H. Whibley (Ed.), *The emergence of dramatic criticism in England* (pp. 83–108). Routledge.

Collier, J. (1698). *A short view of the immorality and profaneness of the English stage: Together with the sense of antiquity upon this argument*. S. Keble, R. Sare, & H. Hindmarsh. (EEBO facsimile consulted: University of Michigan Library Digital Collections, 2010.)

Cordner, M. (2000). Playwright versus priest: Profanity and the wit of Restoration comedy. In D. Payne Fisk (Ed.), *The Cambridge companion to English Restoration theatre* (pp. 209–225). Cambridge University Press.

Fisk, D. P. (2000). The Restoration actress. In D. Payne Fisk (Ed.), *The Cambridge companion to English Restoration theatre* (pp. 99–120). Cambridge University Press.

Füger, W. (2020). Collier, Jeremy: *A short view of the immorality and profaneness of the English stage*. In *Kindlers Literatur Lexikon* (Vol. 3, pp. 1–2). Metzler.

Hume, R. D. (1999). Jeremy Collier and the future of the London theater in 1698. *Journal of English and Germanic Philology, 98*(4), 502–520.

Rosenthal, L. J. (1996). *Infamous commerce: Prostitution in eighteenth-century British literature and culture*. Cornell University Press.

Sutherland, J. (1976). *Restoration literature, 1660–1700: Dryden, Bunyan, and their contemporaries*. Clarendon Press.

Williams, A. (1975). No cloistered virtue: Or, playwright versus priest in 1698. *PMLA, 90*(2), 234–246.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

YIKIMIN MİMARİSİ: ALBEE'NİN *KİM KORKAR HAİN KURTTAN?* VE FITZGERALD'IN *BABİL'E DÖNÜŞ* ESERLERİNDE YANILSAMA, ZAMAN VE AHLAKİ SORUMLULUK

Murat KARAKAŞ
Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Batı Dilleri ve Edebiyatı
ORCID: 0000-0002-4509-6312

Çiğdem KOÇUK KARAKAŞ
Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Batı Dilleri ve Edebiyatı
ORCID: 009-0006-6533-4572

ÖZET
Bu makale, Edward Albee'nin *Kim Korkar Hain Kurttan?* adlı eseri ile F. Scott Fitzgerald'ın *Babil'e Dönüş* adlı eserinin karşılaştırmalı analizini yapmaktadır. Her iki eser, Amerikan Rüyası'nın başarısızlığını, derin ahlaki ve duygusal çürümeden kurtulmak için bencil hayaller yaratan karakterler aracılığıyla çözümlemektedir. Aralarında yaklaşık 30 sene bulunan bu metinler, yanılsama, zaman ve ahlaki sorumluluk arasındaki etkileşime eleştirel bir odak sunar. Çalışma ilk olarak yanılsamayı psikolojik bir hayatta kalma mekanizması olarak inceler; George ve Martha'nın hayali çocuğu—evlilik kısırlığını gizleyen bir "engelleyici ittifak"—ile Charlie Wales'in nostaljik ben-mitolojisi, eşinin ölümündeki ahlaki suçluluğunu küçümser. Her iki yanılsama da dayanılmaz bir gerçekle başa çıkmak için savunma mekanizmalarıdır; bu gerçekliğin yıkılması, özgünlüğe giden gerekli ve acı verici bir adımdır. İkinci olarak, analiz zamanın ve ahlaki sorumluluğun geri dönüşü olmayan doğasını inceler. Her iki yazar da doğrusal ilerleme mitini sorgular; geçmişi aktif, yıkıcı bir güç olarak betimler. Albee'nin tarih profesörü George'u, sürekli suçlamalar döngüsündedir ve yanılsamayı "öldürme" fiili sorumluluğun acımasız bir ilanıdır. Fitzgerald'ın Charlie'si ise kurtuluş çabasının geçmişin "ani hayaletleri" tarafından "geçersiz kılındığını" gösterir; bu, ahlaki ihmalkarlığın geleceği belirlediğini ortaya koyar. Son olarak makale, Amerikan Rüyası'nın çürümesine yönelik ortak eleştiriyi detaylandırır. Albee'nin alegorik "Yeni Kartaca"sı ve hayali çocuğun başarısızlığı, Amerikan deneyiminin kurumsal başarısızlığını açığa çıkarır. Fitzgerald'ın sembolik "Babil"i ve Caz Çağı'nın "duygusal iflası" ise maddi aşırılığın ruhani bedelini gösterir. Nihayetinde, her iki eser de yaşanabilir bir kimliğe giden yolun, gerçekliği ve kişinin kendi ahlaki kusurlarını acımasızca kabul etmek olduğunu savunur; bu vizyon, maddiyatçı Amerikan Rüyası'nın iç boşluğunu ortaya koyar.
Anahtar Kelimeler: Yanılsama; Amerikan Rüyası; Zaman; Psikolojik Hayatta Kalma

THE ARCHITECTURE OF COLLAPSE: ILLUSION, TIME, AND MORAL RESPONSIBILITY IN ALBEE'S *WHO'S AFRAID OF VIRGINIA WOOLF?* AND FITZGERALD'S *BABYLON REVISITED*

ABSTRACT
This article conducts a comparative analysis of Edward Albee's *Who's Afraid of Virginia Woolf?* and F. Scott Fitzgerald's *Babylon Revisited*, arguing that both works dissect the failure of the American Dream by portraying characters who construct self-serving illusions to survive profound moral and emotional decay. Separated by three decades of American disillusionment, the texts share a critical focus on the interplay between illusion, time, and moral responsibility.

The study first examines illusion as a psychological survival mechanism, contrasting George and Martha's fictional child—a "crippling alliance" masking marital sterility—with Charlie Wales' nostalgic self-mythology, which minimizes his moral culpability in his wife's death. Both illusions are defense mechanisms against an unbearable truth, the destruction of which is a necessary, painful step toward authenticity. Second, the analysis explores the irrevocable nature of time and moral responsibility. Both authors challenge the myth of linear progress, depicting the past as an active, destructive force. Albee's George, a professor of history, is trapped in a cycle of recrimination, with his final act of "killing" the illusion being a brutal assertion of responsibility. Fitzgerald's Charlie, conversely, finds his attempt at redemption "nullified" by the "sudden ghosts" of his past, demonstrating that moral negligence determines the future. Finally, the article details the shared critique of the decaying American Dream. Albee's allegorical "New Carthage" and the failed promise of the imaginary child expose the institutional failure of the American experiment. Fitzgerald's symbolic "Babylon" and the "emotional bankruptcy" of the Jazz Age reveal the spiritual cost of material excess. Ultimately, both works conclude that the only path to a viable identity is a stark, painful acceptance of reality and one's own moral failings, a vision that exposes the hollow core of the materialist American Dream.
Keywords: Illusion; American Dream; Time; Psychological Survival

INTRODUCTION

The American story is known as the story of the ideal of infinite possibilities and transformation of the individual. Nevertheless, it has another, darker side – the weakening, the moral and emotional collapse following the failure of this dream. These disillusionments are represented by the 1962 play *Who's Afraid of Virginia Woolf?* by Edward Albee, and the 1931 short story *Babylon Revisited* by F. Scott Fitzgerald. These texts are separated by thirty years of American disillusionments. The works show the deconstruction of the dream through the depiction of the transformation of the individuals into people who develop very elaborate, very self-centred narratives about themselves and their place within society, which are used to deal with their strong feeling of moral and emotional bankruptcy. These texts also undermine the American Dream and, by showing the power of the past, replace it with meeting reality, not escaping into it.

The 20th-century American literary canon often questions the effects of the national prosperity and the following disillusionment, unveiling characters who create intricate psychological structures as a shield against their decay, both moral and emotional, of their nature. Both Edward Albee's play and F. Scott Fitzgerald's short story depict main characters struggling with deep personal defeat. However, their characters inventing myths for their own benefit as a way of coping not only shows difference in the two crises of different generations but also points to the failure of the American Dream. Such illusions serve as supporting frameworks for the ego, temporary ways of recovering one's psychological control, and later on, they become issues of profound critical reflection with regard to truth, memory, and accountability.

The environments of these two works are instrumental in understanding the characters' moral progress. Scott Fitzgerald's *Babylon Revisited*, very much like its title suggests, conveys the time just after the 1929 stock market crash in a precise and unromantic manner. The financial disaster turns into the figurative astringent for Charlie Wales's personal, moral decay. He goes back to Paris—first it was the place of his extravagances when rich Americans were considered "almost infallible" because they had "money to burn"—to discover a city sober and full of regret (Fitzgerald, 8).

The surroundings here are described as the downfall of extravagance and the consequent moral letdown of a society brought up on material collapse. Charlie represents the change from irresponsible Jazz Age people to a mournful and unstable return to the post-hedonistic.
On the other hand, Albee's WAOVW appears as an institutionally and domestically bounded space for the post-World War II American university, filled with the existential dread that characterizes the early Cold War years. The decay here is not only financial but also an institutionally and psycho-social commentary that critiques the stifling nature of the conforming ideal implicit within the nuclear family and the aristocratic university. The contemporary politics that are rippling into the dialogues, especially the concern that George exhibits regarding the future, where he laments the state of his dying profession (history) as opposed to the growing one that Nick's profession (science) represents, as George foresees the coming world as one dominated by "a race of scientists and mathematicians, each dedicated to and working for the greater glory of the supercivilization" (Albee, 46), the aforementioned intellectual and society decay, combined with the inability of George and Martha to produce the requisite "well-behaved" offspring[6, 7], provide the context for the deeply necessary state of illusion that sustains the relationship.
The following argument suggests that both Albee and Fitzgerald portray characters who are making desperate illusions to survive a moral decay, however, Fitzgerald emphasizes the unavoidable sequential outcome of financial and moral excess (the Jazz Age hangover) and external judgment, while Albee delves into the existential need for a shared illusion against Cold War sterility and giving a painful, violent ritual of truth as the only way to have internal control and be authentic. The decay in both stories is the downfall of a culture: Fitzgerald looking at the spiritual bankruptcy of the wealthy hedonist and Albee breaking down the suffocating sterility and conformity of the post-war American nuclear ideal.

ILLUSION AS A PSYCHOLOGICAL SURVIVAL MECHANISM

Illusion is the primary psychological defence method in both pieces to shield from a reality that is extraordinarily painful, and it functions as a sanctuary for characters that have lost their world. However, the difference in the illusion is that it reflects the specific kind of emptiness, whether moral or emotional, that the characters possess.
In Albee's play, George and Martha's imaginary child is the figure through which the illusion is shown. This child becomes a substitute for their disappointment of not having a biological offspring and stands for the disintegration of their marital relationship, thus operating as a being which allows them to keep a fragile and poisonous bond alive. Their 'games,' a repeated, ceremonial method of avoiding real communication and blaming in return their common shortcomings, are for the most part guided by the existence of this child. The deception forms an agreement which provides ease but slows down the growth of the characters, therefore, it maintains them in a continuous loop of hurting each other with the same scars. The imaginary child serves as a crucial emotional lifeline for them; a device they developed as a result of their inability to have children. The work stages the untruth as the means for George and Martha to cover the failed major aspects of their lives, among which stagnation of George's career and inability of Martha to fulfil the traditional gender role of mother and successful wife. Their common fantasy becomes a complicated structure supporting their emotionally dead but, nevertheless, strongly interdependent relationship.
This shared fiction is not merely self-deception in the conventional sense. Albee explicitly stated that George and Martha are "totally aware that they are dealing with a myth and not reality" and that "they are always totally aware that they are playing a game" (Rutenberg, 256). This conscious recognition moves the illusion from a personal pathological case to an existential survival strategy.

Using existential theories, their complicated "game" may be seen as a joint shield against the frightening experience of the "true selves" being under threat from the outside world of unrealistic expectations and their inner fear of failure. The imaginary son thus becomes one of the ways the two can inflict pain on each other, and at the same time, the supreme tie which determines their closeness, thus forming a void of common sense where real life has gotten them nowhere. After that, when Martha, overwhelmed with anger and despair, hurls the one, holy, unchangeable piece of the game—never to talk about the boy to anyone else—she throws this essential bond in the outside world as a weapon, which makes it inevitable for George to respond with the act of "killing" the son. The game is necessary because it is their fight for a mental survival against a cruel and existentially threatening situation. It can be interpreted that George's last, brutal gesture of "killing" the kid is a kind of release that has been imposed on him— a desperate attempt to get rid of the illusion and to begin a new life that is grounded in sincere, plain truth.

On the other hand, the fantasy of Charlie Wales in Babylon Revisited is a kind of a throw-back which he fashions for himself in order to ease his ethical side of the account in the death of his wife, Helen, and the results of the Jazz Age. His coming back to Paris is symbolic of his effort to discriminate between the present—a period of sobriety and of his own moral improvement—and the past, which he thinks of with a mixture of remorse and an unrealized nostalgic feeling. His belief in his own ethical character is a story which he tells himself just to be able to go on with his daughter's, Honoria, recovery as a symbol of his new life. Nevertheless, this phantasm is harshly interrupted by the arrival of the "sudden ghosts" from his past—Lorraine Quarrles and Duncan Schaeffer—who are the personification of his neglect of the past. The fact that their coming to the Peters' house results in Charlie's losing Honoria forever, among other things, shows that his self-mythologizing was just a brief flight of fancy and not a real change.

This self-mythology serves to a large extent a rhetorical function; it is not only an internal coping mechanism, but also a tool to convince his main judge, his sister-in-law Marion, that he is worthy of regaining custody of his daughter, Honoria. Fitzgerald underlines the insecurity of this alleged change by presenting the protagonist's moral ambiguity. The narrative follows Charlie's subjective viewpoint, making it difficult for the reader to definitively judge whether his change is absolute or whether he should be relied upon. This contrasts sharply with Albee's work; in *Who's Afraid of Virginia Woolf?*, the nature of the lie is known, but in *Babylon Revisited*, the illusion of complete reformation is held precariously by Charlie and is subject to external verification by others. His self-myth, therefore, is inherently self-serving, crafted to obtain a crucial external reward (Honoria's custody), rather than acting as a purely internal existential shield.

THE IRREVOCABLE NATURE OF TIME AND MORAL RESPONSIBILITY

Albee and Fitzgerald, on their part, both resist the idea of the American myth of linear progress by showing that time is not a way to start over, but rather a weight of previously made moral decisions. In fact, in both stories, the past is the main antagonist that, being powerful and alive, it still destroys and it is the one that finally rules the present.

In *Who's Afraid of Virginia Woolf?*, George, a professor of history, is himself a failure of history, constantly reminded of his dashed hopes and the fact that he was "bested" by his circumstances (Albee, 32). The word "history" runs like a "leitmotif" through the play, underscoring the idea that the characters are stuck in a cycle of recrimination where the past constantly impinges on the present (Holtan, 46). The play's structure, a long night's journey, is a temporal trap where George and Martha are forced to relive and re-enact their past failures.

George's ultimate act of killing the imaginary child is a brutal assertion of moral responsibility, forcing Martha and himself to live in the present without the comfort of the lie. George's final act of killing the non-existent child is a harsh expression of holding onto one's ethics, thereby making Martha and himself stay in the actual world without the aid of the fictitious one. Nevertheless, it is their only way that leads to a more genuine life, a coming back to a condition that is not ruled by the past, which is portrayed through this annihilating act alone.

The last desperate try to regain authority over their shared self goes through the brutal altering of narrative time. It is deeply symbolic aimed at shattering the damaging spiral and regaining power over the communal past when George kills the imaginary child in Act III, "The Exorcism." In an attempt to begin a fresh start that is honest, George tries to break the one that has been dependent on their lives, thus, the new one being linear and devoid of any fictions. As a dramatic metaphor, this show of temporal mastery through an existential upheaval is the only way to reconcile the idea that the past is not something immutable but rather, something that is continually being redefined within the relational dynamic. The fright Martha conveys in the last scene, "I am, George. I am," is actually due to her sudden confrontation with time—existence without the comforting lie that served as her safeguard from history.

In Fitzgerald's story, Charlie shows that he can control his emotions internally (he is polite, sober, and refuses a regress), but he finds out that he cannot have control over how his past actions influence the judgment of others. The cause-effect link between his wild Jazz Age past and the harsh, present-day fallout, which is a result of time, shows that time has power over the situation. His life story, basically, is his downfall from a drunken life of excess to being locked up in a sanatorium, which is clearly compared to the timeline of the Jazz Age and the stock market crash. Through this historical parallel, it is implied that Charlie's downfall to the point of immorality is not only his side of the story but also a definite historical fact that has forever been imbued with moral consequences, thus being a kind of demonstration that one cannot be able to wipe one's moral ledger completely.

Fitzgerald's *Babylon Revisited* is a profound meditation on the "irreversible" nature of time (Staley, 386). Charlie's journey is an attempt to reverse the past, but the story's structure shows that the past has "nullified" the prospect of his future from the start: "Charlie intends to shuck away the memory of his past through the recovery of his lost child, but the actuality of the past has nullified this prospect from the first" (386). The fusion of past, present, and future is vividly illustrated when Honoria (the future) meets Lorraine and Duncan (the past) in the present, a collision that destroys Charlie's hopes. The story is set in the aftermath of the 1929 Wall Street crash, which Fitzgerald linked to the emotional collapse of his own life, summarizing his 33rd year as "The Crash! Zelda and America" (Hess, 79). Charlie's struggle for redemption is a struggle to prove his moral solvency, but his past irresponsibility—the "emotional bankruptcy" of the Jazz Age—has already determined his future (79). Redemption, for Charlie, is denied because he cannot escape the consequences of his moral negligence.

THE CRITIQUE OF THE DECAYING AMERICAN DREAM

Both writers depict the settings and characters in their works to send a strong message against the American Dream, showing it as a misleading dream which eventually leads to moral and spiritual decay. Albee's play is aimed at the lack of morality of the American society after the war and the unreasonable societal post-war expectations, among which the "picturesque" ideal of the nuclear family: a successful breadwinner father, a homemaker mother, and well-behaved children stood out most prominently.

The ethical defeat of the WAOVW, which turns out to be the inflicted psychological and emotional violence, is the requirement to fabricate pretenses for this ideal family structure in an intellectually dead environment. The suppression of the couple's desires for social and material progress because of George's lack of ability and hence Martha's disillusionment, in addition to their infertility, breaks these traditions.

The paradox of redemption in Albee is the existential emptiness. The couple's relationship is propelled by this traumatic fight, therefore, their genuine, deep love being beneath the layers of hate verified. Martha's final words "I am, George. I am" is the ultimate recognition of the vulnerability and the fear when confronted with the unguarded truth. By acknowledging their vulnerability they pay the painful price for authenticity, the only way of redemption Albee endows to his characters.

Albee's critique is allegorical and institutional. The destruction of the city of "New Carthage" by Rome in the play and the names George and Martha (after George and Martha Washington) figuratively represent the collapse of the American experiment (Holtan, 1973). The imaginary child, the failed heir, is the "uncompleted revolutionary spirit" metaphor for the betrayed promise of the American Dream, the idea of America as a "New Eden" without the sins of history (Holtan, 46). The corruption is also apparent in the younger couple, Nick and Honey, whose marriage is a product of materialism, in which money has taken the place of love, thus mirroring the decline of the American family as an institution. The play implies that the American Dream, which was built on a lie and a refusal to face history, has led to the creation of a community of emotional cripples.

The subsequent moral failure is the spiritual vacuum created by easy, excessive wealth. The story shows that if one puts material success as the first thing, it ends up in the destruction of the self and the destruction of others (Helen's death) as well. Charlie realizes that it is quite easy to bring back his material Babylon—making his financial situation good again—but very hard, even maybe impossible, to get back to spiritual Babylon, the home that was characterized by morality and love of the family. This shows that the failures of the Jazz Age American Dream are not just shallow mistakes, but they leave a deep spiritual impact, thus recovery should be more than just financial.

The next ethical failure is the lack of spirituality that arises from an unreasonably easy and excessive wealth. Through the story, it is demonstrated that along with the chasing of material success, the thing that happens is not only the self-destruction but also the destruction of others (Helen's death). Charlie learns to his cost that, whereas attaining his material Babylon, re-achieving financial surety, is possible, attaining spiritual Babylon, the land of morality and family love, is extremely difficult, if not impossible. Here, it is revealed how the failure to attain the Jazz Age concept of the American Dream is not merely a temporarily flawed concept but has certain spiritual ramifications which imply more than just a re-attainment of material prosperity.

Fitzgerald's assessment focuses on how the Roaring Twenties resulted in a decline of the human spirit. The city of Paris, which served as the backdrop for Charlie's previous life, is referred to as Babylon in the title. This symbolizes the rampant immorality and the barren spiritual landscape that emerge from the reckless and hedonistic quest for wealth. The "Crash!"- both emotional and financial - is the only outcome of such extravagance (Hess, 2018). The last photo of Charlie, who is "empty whiskey glass" in the Ritz Bar and alone," is a metaphor for the empty core of the materialist dream (Staley, 386). The traditional American Dream of success and prosperity is depicted as a harmful trick that, when followed, leaves the people who believe in it morally bankrupt and tragically lonely.

CONCLUSION

The comparative analysis of Edward Albee's *Who's Afraid of Virginia Woolf?* and F. Scott Fitzgerald's *Babylon Revisited* reveals a profound and consistent critique of the American condition, one that transcends the decades separating their creation. Both works demonstrate that the characters' attempts to reclaim control and identity are fundamentally undermined by their reliance on self-serving illusions. Whether it is the shared fantasy of George and Martha's fictional son or Charlie Wales' self-mythology of moral recovery, illusion functions as a temporary, yet ultimately destructive, psychological shield against the reality of personal failure and moral negligence. Crucially, both Albee and Fitzgerald dismantle the American myth of a clean slate by emphasizing the irrevocable nature of time. The past is not merely prologue; it is an active, determining force. George, the failed historian, is forced to perform a brutal act of purgation to break the cycle of recrimination, while Charlie's future is tragically "nullified" by the "sudden ghosts" of his Jazz Age irresponsibility. This insistence on the burden of accumulated moral choices serves as the foundation for their shared critique of the American Dream. Albee's allegorical "New Carthage" and Fitzgerald's symbolic "Babylon" are not just settings, but landscapes of moral decay, exposing the spiritual bankruptcy that results from prioritizing material success and self-delusion over authentic human connection.

In the end, the redemption offered by both authors is a stark and painful one. It is not the triumphant success promised by the American Dream, but a lonely, difficult confrontation with reality. For George and Martha, it is the beginning of a life lived "now" without the comfort of the lie. For Charlie, it is the tragic, solitary acceptance that his past has permanently determined his future. These two American classics, therefore, stand as enduring testaments to the necessity of distinguishing between comforting illusion and necessary truth, suggesting that the only path to a viable identity lies in the painful, unvarnished acceptance of one's own moral responsibility.

REFERENCES

Albee, E. (1962). *Who's afraid of Virginia Woolf.* Harmondsworth: Penguin.

Fitzgerald, F. S. (1960). *Babylon Revisited and Other Stories*. New York: Scribner.

Hess, H. L. N. (2018). "The Crash!": Writing the Great Depression in F. Scott Fitzgerald's*Babylon Revisited*, *Emotional Bankruptcy*, and *Crazy Sunday*. *Journal of Modern Literature*, 42(1), 77-94.

Holtan, O. I. (1973). *Who's Afraid of Virginia Woolf?* and the Patterns of History. *Educational Theatre Journal*, 25(1), 46-52.

Rutenberg, M. E. (1969). *Edward Albee: Playwright in protest*. DBS Publications.

Staley, T. F. (1964). TIME AND STRUCTURE IN FITZGERALD'S "BABYLON REVISITED." *Modern Fiction Studies*, *10*(4), 386–388. http://www.jstor.org/stable/26278772

TİLKİNİN KURNAZLIĞI: SÖZEL MANİPÜLASYON VE EDEBİ İLE SİNEMATİK METİNLERDE MAKYAVELİST ARKETİP

Murat KARAKAŞ
Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Batı Dilleri ve Edebiyatı
ORCID: 0000-0002-4509-6312

Çiğdem KOÇUK KARAKAŞ
Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Batı Dilleri ve Edebiyatı
ORCID: 0009-0006-6533-4572

ÖZET
Bu makale, Makyavelci karakterin kalıcı arketipini inceleyerek, Niccolò Machiavelli'nin *Prens* adlı eserinden başlayıp popüler kültürdeki modern tezahürlerine kadar felsefi kökenlerini izlemektedir. Makyavelcilik, "amaçlar araçları meşrulaştırır" şeklindeki alaycı inançla tanımlanır ve güçten çok ahlakı önceliklendirmeden kendi çıkarları için kurnazlık, manipülasyon ve ikiyüzlülük kullanan karakterleri betimler. Analiz, farklı medyalardaki üç ayrı figüre odaklanır: William Shakespeare'in trajedisi *Othello*'daki Iago, *Game of Thrones* dizisindeki Lord Petyr Baelish (Littlefinger) ve *The Devil's Advocate* filmindeki John Milton. Her karakter, kurbanlarının güvenini kazanmak için sözlü yetenek ve sahte dürüstlük kullanan Makyavelci "tilki" ve "aslan" ideallerini somutlaştırır. Çalışma, kendine odaklı hırs, ihanet ve gündemlerini ilerletmek için kaos yaratmaya dayanan ortak özelliklerini vurgular. Iago, Othello'yu ima ve aldatma yoluyla manipüle eder; Lord Baelish, Westeros'ta büyük siyasi çatışmaları fiziksel güç kullanmadan organize eder; John Milton ise *Kayıp Cennet* eserine sembolik bir gönderme olarak karizmatik etkisiyle yozlaştırır ve yok eder. Sonuç olarak, bu karakterlerin farklı ortamlarına rağmen Makyavelci kötü adamın güçlü edebi örnekleri olduğu ve bu siyasi ve psikolojik arketipin hikâye anlatımında zamansız önemini gösterdiği sonucuna varılır.
Anahtar Kelimeler: Makyavelizm; Edebi Arketip; İkiyüzlülük

THE CUNNING OF THE FOX: VERBAL MANIPULATION AND THE MACHIAVELLIAN ARCHETYPE ACROSS LITERARY AND CINEMATIC TEXTS

ABSTRACT
This paper examines the enduring archetype of the Machiavellian character, tracing its philosophical roots from Niccolò Machiavelli's *The Prince* to its modern manifestations in popular culture. Machiavellianism, defined by the cynical belief that "the ends justify the means," describes characters who employ cunning, manipulation, and hypocrisy to achieve self-serving goals, often prioritizing power over morality. The analysis focuses on three distinct figures across different media: Iago in William Shakespeare's tragedy *Othello*, Lord Petyr Baelish (Littlefinger) in the television series *Game of Thrones*, and John Milton in the film *The Devil's Advocate*. Each character is shown to embody the Machiavellian ideal of the "fox" and the "lion," skillfully using verbal talent and feigned honesty to gain the trust of their victims. The study highlights their shared traits, including self-centered ambition, treachery, and a reliance on creating chaos to advance their agendas. Iago manipulates Othello through insinuation and deceit; Lord Baelish orchestrates major political conflicts in Westeros without physical force; and John Milton, a symbolic nod to *Paradise Lost*, uses his charismatic influence to corrupt and destroy.

Ultimately, the paper concludes that these characters, despite their varied settings, serve as powerful literary examples of the Machiavellian villain, demonstrating the timeless relevance of this political and psychological archetype in storytelling.
Keywords: Machiavellianism; Literary Archetype; Hypocrisy

INTRODUCTION

The villains of William Shakespeare are regarded as important characters in literature. There are many articles and books on the importance of them, however, these characters are not completely works of his imagination. He draws some of them from his predecessors, therefore, some of his plays are based on previous writers' works. One of these figures he was greatly inspired by was Niccolo Machiavelli. He was an Italian politician, historian and playwright in the Renaissance period. For Machiavelli, "the ends justify the means" and his philosophy in *The Prince* (1513) advocates that a leader needs to be sinister and cynical in order to reach his goals. The term Machiavellianism is used for characters who does whatever it takes and manipulates others in their quest to their aims. The Machiavellian characters use other people like puppets and have a cynical point of view. The influence of Machiavelli on literature began almost immediately, with playwrights like William Shakespeare drawing heavily on his philosophy to create complex, morally ambiguous villains. Characters such as Iago in Othello exemplify the Machiavel, using cunning and deceit to orchestrate tragedy. This tradition of the politically and psychologically complex villain has not waned; rather, it has been adapted and reinterpreted across new media, demonstrating the timeless appeal of the figure who operates outside the bounds of conventional morality. Shakespeare often employs Machiavelli's philosophy when creating his villains. Some of his villains kill their own family members, trick people to kill their spouses or do anything to gain power. Hugh Grady, in his *Shakespeare, Machiavelli, and Montaigne*, asserts that "we can observe Shakespeare developing political ideas which explore familiar Machiavellian themes, and taking them several digress further in complexity and sophistication than did earlier dramatist of the Machiavellian like Kyd and Marlowe" (28). Thus, Shakespeare's plays like *Richard III*, *Hamlet* and *Othello* have Machiavellian antagonists and themes as described in *The Prince*. The principle of "the ends justify the means" and characters following this principle are now an archetype and have been used in arts for centuries. This paper will focus on Machiavellian characters in a play, a movie and a series. The characters are Iago in *Othello*, Al Pacino's character, John Milton in *The Devil's Advocate* and Petry Baelish in *Game of Thrones* series.

The Prince was different from the other books of its time as it ignores Christian morality. In the book, Machiavelli gives practical advice to the people in power and Christian values are disregarded. His philosophy focuses on the idea of *virtu* which is different from modern usage of "virtue" (Buckingham, 2011, 106). Its Latin root refers to manliness (virile) and "success." What Machiavelli is trying to point out is that the power of a state or prince can not be restricted by morality and must do whatever it takes to hold the reins of power. A ruler has to know how to act and imitate the traits of a lion and a fox depending on the situation. He needs to have the brutality of the lion and cunning of the fox. However, there are some things to be avoided not to be hated. Hatred can lead to rebellion, therefore, a ruler must be loved and feared at the same time. In order not to be disliked by people, he must be known for his compassion.

This paper argues that the Machiavellian villain is a persistent and evolving figure, whose defining traits of verbal manipulation, hypocrisy, and self-centered ambition transcend historical and media boundaries. To demonstrate this continuity, this study will analyze three distinct manifestations of the Machiavellian character: Iago from Shakespeare's tragedy *Othello*, Lord Petyr Baelish (Littlefinger) from the television series *Game of Thrones*, and John Milton from the film *The Devil's Advocate*. By examining these figures, this paper will illustrate how the core tenets of Machiavelli's political philosophy continue to shape the most compelling antagonists in modern narrative.

THE RENAISSANCE VILLAIN: IAGO AS THE QUINTESSENTIAL MACHIAVELIN SHAKESPEARE'S *OTHELLO*

In Othello, Iago is the Machiavellian character and his cunning actions lead to the death of Othello and Desdemona. He sinisterly benefits from honesty to reach his goals; however, this honesty is a distorted one which conceals the truth from the others around him. Although he is seen as a servant and confidant of Othello, Iago withholds information from the Moor all the time and manipulates him with his words. His hatred of Othello is because of his failing to be a lieutenant of the Moor. Also, his speculation that Othello might have a relationship with his wife justifies his means:

I do suspect the lusty Moor/Has leaped into my seat, the thought, whereof/Doth like a poisonous mineral gnaw my inwards; (II. 1. 276-278)

Iago persuades people of his honesty in the play, "Honest Iago," and he is very
good at charming people with his genius. He is well aware of the fact that he needs to gain people's trust to fulfill his desires. When he gets the trust of other people, he learns their weaknesses and manipulates them. In the case between him and the Moor, it is Othello's being suspicious. "Honest Iago" convinces everyone around him of his honesty and uses this to manipulate them. When Cassio has a fight with Montana, his Machiavellian side is apparent again. Although he himself plans the fight mischievously, he deceives Othello, "I had rather have this tongue cut from my mouth then it should do offence to Michael Cassio" (II. 3. 202-203).

Another important fact about Iago is that he never says things directly, rather he prefers to imply things. His style helps him confuse and deceive others. His words have a poisonous effect on the other characters, especially Othello. When he comments on the women in Venice, he implies Desdemona to create suspicion in Othello's mind:

In Venice they do let God see the pranks/ They dare not show husbands. Their best conscience/ Is not to leave't undone, but keep't unknown (III. 3. 203-206).

He does not say it directly but implies that Desdemona may cheat on him. To get Othello more confused and suspicious, he makes up another lie which is very clear for the audience:

In sleep I heard him say, "Sweet Desdemona,
Let us be wary, let us hide our loves".
And then, sir, he would gripe and wring my hand,
Cry, "O sweet creature!" and then kiss me hard (III.3.420).

In his dialogue over the word "lie" with the Moor, Iago again uses his method of implying to get what he wants. He suggests many things with one word, and it drives Othello crazy. The Moor thinks of all the possibilities with the utterance of "lie":

Lie with her? lie on her? We say lie on her, when they belie her. Lie with her! ['Zounds,] that's fulsome! Handkerchief-confessions-handkerchief! To confess and be hang'd for his labor-firsto be hang'd, and then to confess. I tremble at it. Nature would not invest herself in such shadowing passion without some instruction. Itis not words that shakes me thus. Pish! Noses, ears, and lips. Is't possible? Confess? Handkerchief? O devil! (IV.1).

While Othello says the words in the quotation, Iago repeats his words to suggest a different meaning. Jacques Derrida believes in the power of iterability of words (1988,9). He asserts that there is change of meaning with every repetition as happens in different context. As Iago replies the Moor and repeats the word, the meaning changes with every repetition.

Iago has a Machiavellian character, and the audience feel that there is something uncanny about him. To Othello and other characters in the play, he is decent and trustworthy, but to the audience, it is clear that he has an evil personality, and he is not afraid of anything to reach his goals. Even though he does not have enough motives to take revenge and lead to the death of Desdemona and Othello, he can not help himself and causes catastrophic events.

THE MODERN POLITICAL SCHEMER: LORD BAELISH AND THE MACHIAVELLIAN STRATEGY IN *GAME OF THRONES*

Movies can be analyzed like novels or plays in literature. There is narration in the movies, too, therefore, critical approaches like Structuralism, Psychoanalysis, or Archetypal theory can be applied. Also, there are additional critical ways while analyzing films. Visual objects, frames, colors, sound and location help construct narration in the films. Literature and movies are different mediums, but Charles Eidsvik believes that one can call a movie a work of literature (16). Visuality is important in cinema and literature was not born when paper was invented. Literature started with poets who performed their art verbally. Similar to cinema, literature has its roots in visuality and performance. Shakespeare did not write his plays to sell copies to readers, but the aim of his plays was to show to his audience. Othello was not a character who was printed on textbooks, but a character who used to act on stages. While talking about *The Wasteland*, Eidsvik states:

The Wasteland existed in personal performance while Mr. Eliot lived; it exists on paper, and it exists on a phonograph recording. *The Wasteland* is a poem, a poem is poetry, and poetry is literature, no matter the medium. *The Wasteland* might be literature if it were filmed, especially if Eliot had (as he did for *Murder in the Cathedral*) adapted the medium to his intentions. (In a good film adaptation it is sometimes the original and sometimes the medium which is adapted. It depends on which is the more cared about.) Literature is a kind of intentionality, not a kind of artifact (17).

Game of Thrones is a kind of work, written by George R.R. Martin, which has been adapted into the screen by David Benioff and D. B. Weiss. It has transcended the genre of TV series and been one of the most watched and cited TV series. The author of the novel once stated that he was affected by William Shakespeare while creating his characters. Lord Baelish (Littlefinger) is one of these characters. In Seven Kingdoms of Westeros, one needs to have physical power or belong to a powerful family. Lord Baelish is a Machiavellian character who manages to survive with his cunning strategies without any physical or ancestral strength. Another character who relies on his verbal skills, Varys describes him as “the second most devious man in the Seven Kingdoms” (Weiss & Benioff). It is difficult to decide whose side he stands on and he reaches his goals by manipulating others like Iago. He is very sarcastic, verbally talented and cunning in his plans. He has information almost about everything and has an apparent dislike against the Starks. The motive behind his hatred for the Starks is that he used to love and wanted to marry Catelyn. Also, as he grew up in a minor house, he hates the nobles. Nicknamed the Littlefinger because his house is the smallest on the Finger Islands, Lord Baelish affects all the noble families more than a big army can do. He leads to the Battle of Five Kings, the death of Ned Stark and Joffrey directly or indirectly. Although he does not use one sword blow, he manipulates most noble houses with his cunning plans which are hidden from everybody thanks to his wit. Like Iago in *Othello*, he lives on chaos surrounding the Kingdoms. Even if there is not chaos, he creates one to use it to hood account.

Baelish is a Machiavellian character who seeks leverage to manage the power relations in Westeros. His motto is "know your strengths, use them wisely, and one man can become ten thousand" (Weiss & Benioff).

THE CHARISMATIC CORRUPTOR: JOHN MILTON AND *THE DEVIL'S ADVOCATE*

Another character who seems to be both lion and fox at the same time is John Milton in Taylor Hackford's *The Devil's Advocate* (1977). The film is about a defense attorney, Kevin Lomax, who realizes his American dream moving from countryside Florida to NYC. He has never been beaten in court, so this attracts the attention of a very big law firm which belongs to John Milton, starring Al Pacino. Despite his religious mother's opposition, he moves to New York to pursue a glittering lifestyle. As Kevin adapts to courts and social life in NYC, he becomes more detached from Marry Ann, his wife. He continues to ignore his mother who thinks NYC is now "a dwelling place of demons" (Hackford & Lemkin). After Kevin's relationship with his wife deteriorates more, she commits suicide in the end.

Al Pacino's character John Milton, a nod to *Paradise Lost,* is as Machiavellian as the other characters discussed earlier. Like Iago and Lord Baelish, Milton is excellent at manipulating others without touching their free will. Portrayed as a charismatic character, he has fantastic power of speech. At the end of the movie, he reveals that he is Satan and Kevin's father. Milton wants his son to have an intercourse with his half-sister to bring the Antichrist to the world. Kevin resists Milton's temptation and commits suicide. Milton persuades Kevin of his honesty and shows his charming and helpful side. As a Machiavellian character, he knows that he has to gain people's trust to reach his goal. As soon as he gets the trust of Kevin, he starts to manipulate Kevin and leads to the death of him and his wife. Flippo Del Lucchose comments on Milton as follows: "John Milton's Satan- the rebel, the charismatic, the evil and tragic hero- flows from the pen of a radical and sincere republican who has read and understood Machiavelli's works well" ("10 of Popular Culture's," 2019). He does not kill people himself but leads to the death of other people without using a gun as in the case of other Machiavellian characters mentioned. They help their victims and provide personal support to perform their plans. R. Christofides compares Iago and Milton and states, "Throughout, Milton, cast from the same traditional mould of evil double- speakers as Shakespeare's demi-devil Iago, provides equivocal interventions in the form of advice or facetious personal support that entraps Lomax, playing on his insecurities so that he freely chooses the most damaging course of action" (2013, 82). Both characters outline a plan to confine their victims in their designed traps. While Milton aims to have the Anti-Christ, Iago wants to destroy Othello completely. Their motives are hidden from their victims cleverly thanks to their verbal talents.

All these three characters have traits described in Machiavelli's *The Prince*. They show compassion for the others when necessary and gain the respect and trust of others. Lord Baelish has love affairs, which indicates that he has humane emotions. Iago is respected by Othello and other people in the play. The characters do not doubt his words. Kevin looks up to John Milton in *Devil's Advocate* and Milton is also a role model for Kevin. Furthermore, they are all known for giving practical advice to people around them. Lord Baelish has good relations with people in power and gives precious advice to them. Iago is Othello's right arm and Othello consults him about his personal affairs. John Milton is Kevin's mentor and guides him throughout the story.

When it comes to their personal interests, they have the qualities of the fox as well as the lion. To scare people, they have the ferocity of the lion and to sense dangers and traps, they have the cunning of the fox.

The Littlefinger is smart in devising his plans and revealing the plans made against him. He leads to wars and death of people he dislikes but avoids harm wisely. Iago, like other Machiavellian characters, uses the power of language and relies on the iterability of language. John Milton has a very detailed plan from the very beginning and hides it from Kevin and audience. In addition, they are egoists and their every act is self-centered. Although they seem to have compassion for the others, they never experience a sense of sympathy for others. They are also treacherous and cold-blooded. They show almost every character trait associated with Machiavellianism. The most significant Machiavellian trait is hypocrisy. They display different faces to different characters. For instance, Iago shows his Machiavellian side to Roderigo but hides it from Othello and Desdemona. Lord Baelish has also multiple faces and behaves accordingly. John Milton shows three different faces to Kevin, his wife and his mother. Kevin is unable to see this and loses his wife.

CONCLUSION

In conclusion, the analysis of Iago, Lord Petyr Baelish, and John Milton unequivocally demonstrates the enduring power and adaptability of the Machiavellian archetype in narrative. From the Elizabethan stage to contemporary television and film, these characters serve as powerful literary evidence that the core tenets of Niccolò Machiavelli's political philosophy—namely, the ruthless pursuit of power where "the ends justify the means"—remain a potent source of dramatic conflict. The study has shown that despite their vastly different settings, all three figures share the defining Machiavellian traits of the "fox" and the "lion." They are masters of verbal manipulation, using feigned honesty and charisma to gain the trust of their victims, only to exploit their weaknesses for self-centered gain. Iago's insidious insinuation, Lord Baelish's calculated chaos, and John Milton's charismatic corruption all highlight a shared reliance on psychological warfare rather than brute force. Furthermore, their profound hypocrisy, displaying different faces to different characters, underscores the treacherous nature inherent in the archetype. Ultimately, the persistence of the Machiavellian villain in popular culture confirms the timeless relevance of Machiavelli's insights into human nature and power dynamics. These characters are not merely villains; they are complex reflections of political and psychological realities, reminding audiences that the pursuit of ambition, unchecked by morality, is a universal and destructive force. The legacy of The Prince continues to shape our understanding of villainy, providing a rich, philosophical foundation for the most compelling antagonists across all forms of art.

REFERENCES

10 of Popular Culture's. (2019 April). Retrieved from https://www.bbc.com/news/magazine-22537324

Benioff, D. & Weiss, D.B. (2012). *Game of Thrones*. New York: HBO Home Entertainment.

Buckingham, W. (2011). *The Philosophy Book*. London: DK Pub.

Derrida, J. (1988), Limited Inc. Evanston, IL: Northwestern University Press.

Eidsvik, C. (1974). Soft Edges: The Art of Literature, the Medium of Film. *Literature/Film Quarterly, 2*(1), 16-21. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/43795458

Grady, H. (2002). *Shakespeare, Machiavelli, and Montaigne*. New York: Oxford University Press.

Hackford, T. & Lemkin, J. (1997). *The Devil's Advocate*. CA: Warner Home Video.

Shakespeare, W., & Luckyj, C. (2018). *Othello* (The New Cambridge Shakespeare) (N. Sanders, Ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Waugaman, R., R. M. Christofides. (2013). *Shakespeare and the Apocalypse: Visions of Doom from Early Modern Tragedy to Popular Culture. Continuum Shakespeare Studies.* London: Continuum, 2012. xvii 216 pp. $110. ISBN: 978–1–4411–7994–4. *Renaissance Quarterly, 66*(3), 1134-1135. doi:10.1086/673702

FARKLI BÜKÜME SAHİP KISA KESİKLİ LİF İPLİKLERİNİN KOPS-BOBİN FORMLARINDAKİ TÜYLÜLÜK DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

Kadir URAL
Almaxtex Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği
ORCID: 0009-0007-6071-2906

Prof. Dr. Sunay ÖMEROĞLU
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliğ
ORCID: 0000-0002-1618-6562

ÖZET
Kesikli lif topluluklarının ipliğe dönüştürülmesinde kullanılan en yaygın yöntem bükümdür. Bir kesikli lif ipliğindeki büküm seviyesi, o ipliğin başta mukavemet ve tüylülük olmak üzere pek çok özelliği üzerinde etkilidir. Belirgin bir büküm artışının, iplik tüylülüğünde bir azalmaya yol açması beklenen bir durumdur. Bu çalışmada, farklı hammaddeler kullanılarak üretilen ipliklerde sadece %10 oranında düşük bir büküm farkının, iplik tüylülük değerlerinde etki gösterip göstermediğinin yanı sıra, ring iplik makinesinde üretilen kops formundaki ipliklere ait tüylülük değerlerinin daha sonra uygulanan bobinleme ve fiksaj işlemleri sonrasında ne şekilde değiştiği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, her iki büküm seviyesinde de ipliğin kops formundan bobin formuna geçişi sırasında H ve sh değerlerinde yükseliş meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bobin ve fikse uygulanmış kondisyonlu bobin örnekleri arasında ise tüylülük açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş, her iki formun da benzer tüylülük özellikleri sergilediği belirlenmiştir. Yapılan Student–Newman–Keuls çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, büküm seviyesindeki %10'luk artışın hem H hem de sh üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturduğu saptanmıştır. Ancak bu fark pamuk ipliklerinde istatistiksel olarak anlam taşımamış; bu durum, pamuk liflerinin homojen olmayan lif uzunlukları ile ilişkilendirilmiştir. Özellikle düşük büküm seviyelerinde, kops ve fikseli bobin formları arasındaki farkın daha belirgin olduğu, sh değerlerinin ise genel olarak kops formunda daha düşük gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, büküm seviyesi ile işlemlerin iplik tüylülüğü üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Ring İplikçiliği, Tüylülük, İplik Bükümü, Kops, Bobin

INVESTIGATION OF THE HAIRINESS VALUES OF SHORT STAPLE YARNS WITH DIFFERENT TWIST IN RING COP-BOBBIN FORMS

ABSTRACT
Twisting is the most commonly used method for converting assemblies of staple fibers into yarn. The twist level in a staple fiber yarn significantly influences its properties, particularly strength and hairiness. In general, an increase in twist is expected to result in a decrease in yarn hairiness. In this study, yarns produced from different raw materials were examined to determine whether a relatively small twist difference of only 10% has a measurable effect on yarn hairiness values. In addition, the changes in hairiness values of yarns produced in cop form on a ring spinning machine were investigated after subsequent winding and heat-setting (fixation) processes. The results revealed that, at both twist levels, the H and sh values increase as the yarn transitions from cop form to bobbin form. No statistically significant difference in hairiness was observed between the bobbin and heat-set/conditioned bobbins, indicating that both forms exhibited similar hairiness characteristics.

According to the results of the Student–Newman–Keuls multiple comparison test, a 10% increase in twist level produced a statistically significant difference in both H and sh parameters. However, this difference was not statistically significant in cotton yarns, a result attributed to the typically high variation in the length of cotton fibers. It was also observed that the difference between cop and heat-set/conditioned bobbin forms was more pronounced at lower twist levels, and that sh values were generally lower in the cop form. These findings demonstrate that both the twist level and subsequent processing steps have a decisive influence on yarn hairiness behavior.
Keywords: Ring Spinning, Hairiness, Yarn Twist, Cop, Bobbin

INTRODUCTION

The ring spinning system remains the most widely used method for producing high-quality yarns from short staple fibers today. Owing to its distinctive characteristics—such as superior strength, evenness, and structural uniformity—it holds a prominent place in the textile industry (Lawrence, 2003, p. 68). One of the most critical quality parameters of ring-spun yarns is hairiness, which refers to the density and length of fiber ends protruding from the yarn surface. Yarn hairiness influences multiple aspects of yarn and fabric performance. Increased hairiness can lead to higher yarn breakage rates, reduced production efficiency, and complications during cleaning and waxing processes. Moreover, excessive hairiness may cause quality issues in fabrics, including pilling, surface irregularities, and dyeing inconsistencies (Haleem & Wang, 2015).

A review of the literature indicates that several factors—such as fiber properties (length, fineness, strength), the geometry of the spinning triangle, drafting system settings, and twist level—play decisive roles in the formation of yarn hairiness (Barella, 1983; Wang & Chang, 2003; Yükseloğlu & Çelik, 2018). Studies consistently show that as yarn twist increases, fibers become more tightly bound around the yarn axis, thereby reducing their tendency to protrude from the surface and consequently decreasing hairiness levels (Pillay, 1964; Barella, 1983). However, the influence of fiber type on this relationship should not be overlooked. In particular, the heterogeneous length distribution of cotton fibers—including short fiber content and uniformity index—can weaken the beneficial effect of increased twist on hairiness. Regression analyses have further revealed that raw material characteristics, particularly variations in fiber length uniformity, significantly contribute to fluctuations in the twist–hairiness relationship (Üreyen & Kadoglu, 2006).

Following ring spinning, yarns are collected in cop form and subsequently subjected to processes such as winding, cleaning, waxing, and, if necessary, heat setting. Each of these operations, involving mechanical rewinding and tension exposure, can alter the positioning of surface fibers and thereby influence yarn hairiness. In their study on the effects of winding, (Ülkü & Ömeroğlu, 2002) observed a noticeable increase in hairiness after winding compared to the cop stage, with the extent of this increase being related to winding speed and other parameters. Conversely, steam setting allows fibers to relax and reposition under controlled heat and humidity, producing a stabilizing effect on hairiness (Elhawary, 2020).

Although numerous studies have examined the influence of twist on hairiness, limited attention has been paid to how small differences in twist level affect yarns made from different fiber types. Furthermore, the combined influence of the cop–cop winding-heat setting process chain on hairiness behavior has not been thoroughly investigated. Therefore, this study aims to evaluate the effect of a 10% difference in twist level on yarn hairiness parameters for yarns produced from different raw materials. In addition, it investigates differences in hairiness cop, bobbin, and heat-set/conditioned yarn forms, thereby addressing a gap identified in the existing literature.

Materials and Methods

In this study, Ne 28 ring-spun yarns were produced using three different raw materials (cotton, polyester, and Tencel(lyocell)) and two different nominal twist values (730 tpm and 790 tpm). These yarns, in the form of cop, were then subjected to winding and heat-setting/conditioning processes, respectively.

The construction properties and coding of the yarns considered in the experimental study are given in Table 1.

Table 1. Construction properties and coding of the yarns.

Yarn Code	Raw Material	Yarn Twist (tpm)	Yarn form
C1C	Cotton	730	Cop
C2C		790	
C1B		730	Bobbin
C2B		790	
C1F		730	Heat-Set/Conditioned Bobbin
C2F		790	
P1C	Polyester	730	Cop
P2C		790	
P1B		730	Bobbin
P2B		790	
P1F		730	Heat-Set/Conditioned Bobbin
P2F		790	
T1C	Tencel	730	Cop
T2C		790	
T1B		730	Bobbin
T2B		790	
T1F		730	Heat-Set/Conditioned Bobbin
T2F		790	

The hairiness properties of the yarns were measured using Uster Tester 5 testing instruments, which are recognized as the industrial standard for evaluating yarn quality. Two fundamental parameters were considered in the analysis:

H (Hairiness): The hairiness index represents the total length of fibers protruding from the yarn body per unit length.

sh (Standard Deviation of Hairiness): A parameter indicating the variability (standard deviation) of the hairiness values along the yarn length.

For the statistical evaluation of the obtained data, the Student–Newman–Keuls (SNK) multiple comparison test was applied to determine the significance of differences among the groups. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

The hairiness behavior of 100% PES, 100% Cotton, and Tencel yarns was examined at two twists, 730 tpm and 790 tpm. The obtained findings are summarized below, organized by processing stages and the influence of twist level.

For all raw material types (PES, Cotton, and Tencel) and both twist levels, a noticeable increase in the hairiness index (H) was observed when the yarns were transformed from the cop form to the bobbin form. This increase suggests that the winding process induces mechanical stress and surface fiber displacement, resulting in a higher number of protruding fibers along the yarn body.

Differences of approximately 10% in the twist resulted in statistically significant differences in both H (Hairiness) and sh (Standard Deviation of Hairiness) values. As expected, the higher twist level enhanced fiber binding to the yarn core, thereby decreasing the hairiness index. The difference between cop and heat-set bobbin yarns forms was found to be more pronounced at the lower twist level, suggesting that yarns with lower twist are more sensitive to subsequent processing stages.

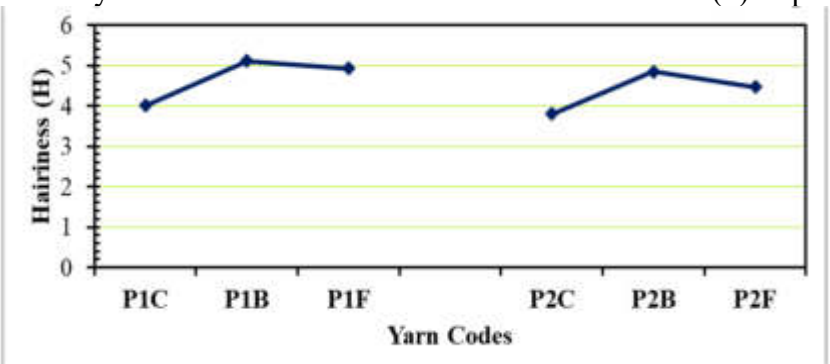
In contrast to the general trend, the effect of increased twist on hairiness was not statistically significant in 100% cotton yarns. While yarns made from more homogeneous fibers, such as PES and Tencel, exhibited a distinct decrease in hairiness with higher twist, the inherent variability in cotton fibers—particularly their short fiber content and variation in fiber length—appears to have masked this effect. This result highlights the significant impact of fiber uniformity on the twist–hairiness relationship. These evaluations are further supported by the statistical results presented in Table 2 below.

Table 2. Statistical evaluation of the effects of twist level and processing stages on the hairiness values (H and sh) of the yarns

Raw Material	Factor	F value / Statistical meaning
Cotton	Twist	2.7 / -
	Process	60.8 / *
	Twist * Process	0.6 / -
Polyester	Twist	16.9 / *
	Process	163.9 / *
	Twist * Process	1.5 / -
Tencel	Twist	134.6 / *
	Process	231.8 / *
	Twist * Process	6.3 / -

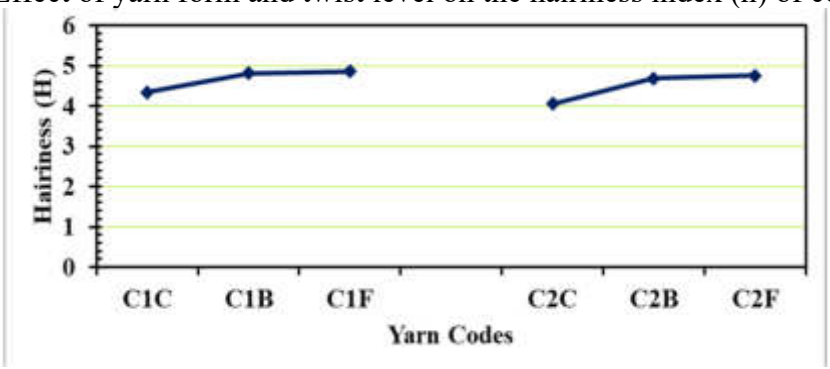
* Statistically meaningful for $p < 0.05$
- Statistically non-significant

Figure 1. Effect of yarn form and twist level on the hairiness ındex (h) of polyester yarns



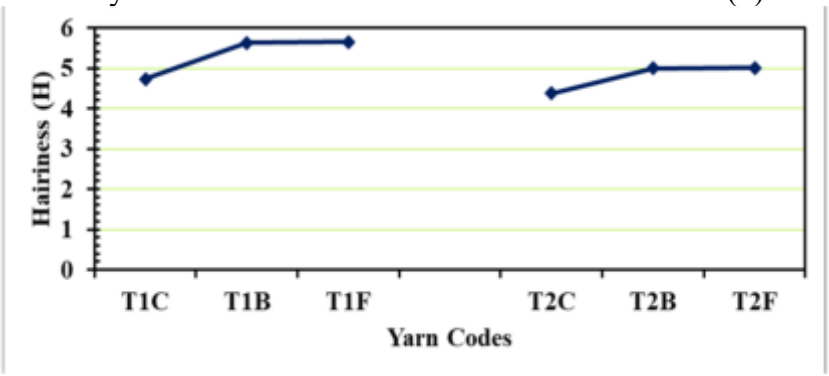
In polyester yarns, the hairiness index (H) values increased significantly when transitioning from the cops form (P1C) to the bobbin form (P1B), and then showed a slight decrease after heat setting (P1F). A similar trend was also observed in the high-twist series (P2C–P2F). This indicates that the winding process induces movement of surface fibers, while the heat-set/conditioned stage process allows partial reorientation of these fibers. Overall, higher twist levels resulted in lower hairiness values compared to lower twist levels.

Figure 2. Effect of yarn form and twist level on the hairiness index (h) of cotton yarns



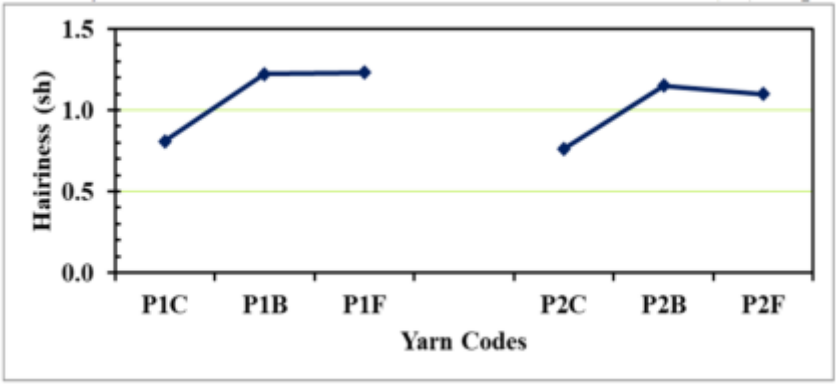
In cotton yarns, a slight increase in hairiness was observed during the transition from the cop form to the bobbin form, followed by a limited decrease after heat-setting/conditioning. However, these changes were less pronounced compared to other raw materials. The increase in twist level did not produce a statistically significant decrease in hairiness. This can be attributed to the variation in fiber length and the short fiber content characteristic of cotton.

Figure 3. Effect of yarn form and twist level on the hairiness index (h) of Tencel yarns



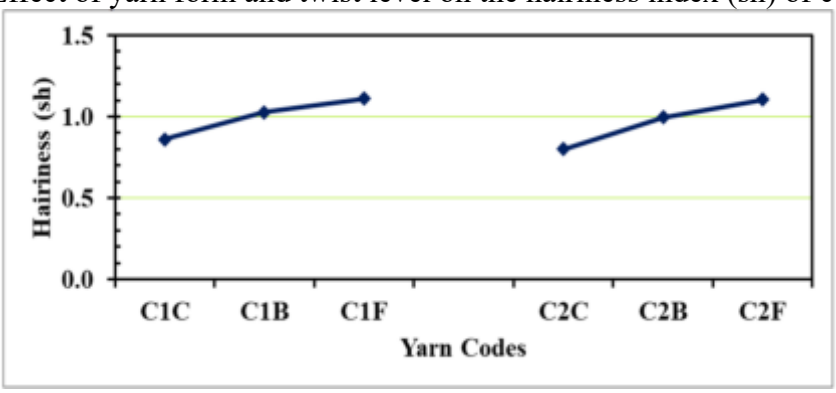
In Tencel yarns, hairiness values, similar to those of polyester, increased when transitioning from the cop form to the bobbin form and decreased after heat setting/conditioning. The high-twist series (T2C–T2F) exhibited markedly lower H values compared to the low-twist series (T1C–T1F). This trend highlights the sensitivity of Tencel fibers to twist increase, owing to their high length uniformity.

Figure 4. Effect of yarn form and twist level on the hairiness index (sh) of polyester yarns



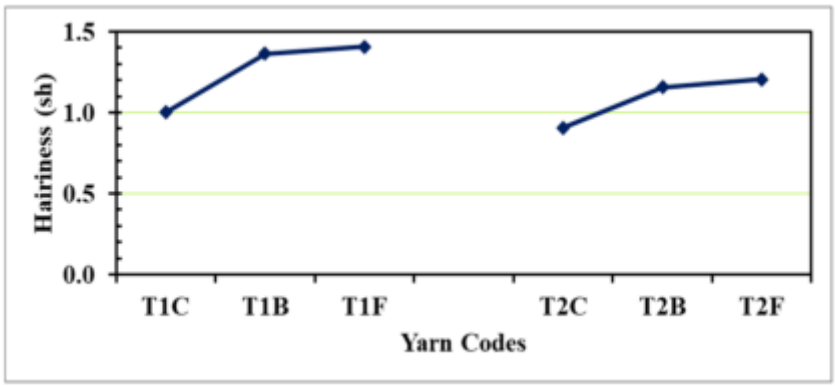
In polyester yarns, hairiness variation (sh) increased during the winding stage but decreased again after heat setting. This suggests that fibers move irregularly during winding, while the heat-setting process provides surface stabilization. High twist levels generally led to a decrease in sh values.

Figure 5. Effect of yarn form and twist level on the hairiness ındex (sh) of cotton yarns



In cotton yarns, sh values remained relatively stable throughout all stages. Although a slight increase was observed during winding and a minor decrease after heat setting, these changes were not statistically significant. The irregularity in fiber structure masked the effect of twist on sh values

Figure 6. Effect of yarn form and twist level on the hairiness index (sh) of Tencel yarns



In Tencel yarns, sh values exhibited a similar trend to those of polyester yarns. Hairiness variation increased during the winding stage and decreased after heat setting/conditioning. The higher twist level significantly reduced sh values. This demonstrates that the regular and low variation fiber length structure of Tencel fibers responds compatibly to increased twist.

CONCLUSION

In this study, the hairiness properties of yarns produced from different raw materials (polyester, cotton, and Tencel (lyocell)) and at two different twist levels were examined in their cop, bobbin, and heat-set/conditioned bobbins forms. Based on the experimental results, the following conclusions can be drawn:

Across all fiber types, winding from cop to bobbin increased hairiness (H) and its variation (sh), indicating mechanical disturbance of surface fibers. Heat-setting reversed this effect by decreasing both parameters and improving surface stabilization.

Higher twist levels decreased hairiness in polyester and Tencel yarns through tighter fiber binding, while cotton showed minimal response due to its variable fiber lengths and higher short-fiber content. Tencel displayed the lowest overall hairiness, whereas cotton maintained relatively stable values across all stages.

Hairiness variation followed the same pattern as H, increasing after winding and decreasing after heat-setting, with stabilization observed on both twist levels polyester and Tencel yarns.

The effect of the process on yarn hairiness is similar for all three raw material yarns; hairiness increases significantly when transitioning from cop to bobbin form. There is no significant change between the hairiness values of the yarn in bobbin form and those in heat set-conditioned forms.

Overall, the results indicate that fiber type, twist level, and processing stage collectively influence yarn hairiness and can be optimized to improve yarn quality and performance.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Barella, A. (1983). Yarn hairiness. Textile Progress, 13(1), 1–61.

Haleem, N., & Wang, X. (2015). Recent research and developments on yarn hairiness. Textile Research Journal, 85(14), 1443–1458. https://doi.org/10.1177/0040517514538692

Pillay, K. P. R. (1964). A study of the hairiness of cotton yarns: Part II: Effect of processing factors. Textile Research Journal, 34(9), 783–791.

Usta, I., Usta, A., & Ipek, A. (2012). Isıl Fiksenin Polyester Örme Kumaşların Boyutsal Stabilitesi Üzerine Etkileri. Tekstil ve Konfeksiyon, 22(4), 312-317.

Ülkü, Ş., & Ömeroğlu, S. (2002). Bobinleme işleminin iplik tüylülüğüne etkileri üzerine bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *7*(1), 141–146. https://acikerisim.uludag.edu.tr/entities/publication/5ddd2f36-7580-4512-af96-5792b6fc2fd9

Üreyen, M. E., & Kadoglu, H. (2006). Regressional estimation of ring cotton yarn hairiness from HVI fiber properties. Textile Research Journal, 76(5), 360–366.

Wang, X., & Chang, L. (2003). Reducing yarn hairiness with a modified yarn path in worsted ring spinning. Textile Research Journal, 73(4), 327–332.

Yükseloğlu, S. M., & Çelik, P. (2018). Konvansiyonel ring iplikçilikte iplik tüylülüğünü iyileştirmek için yapılan çalışmalar. Tekstil ve Mühendis, 25(112), 350–363.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ANTİK YUNAN MİTOLOJİSİNDE ÇALGILARIN VE MÜZİĞİN ETHOSU

Aynur KOÇAK
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı
ORCID: 0000-0002-9555-1088

Onur GENÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Müzik ve Sahne Sanatları Bölümü
ORCID: 0009-0008-3698-188X

Özet
Mitler, insanlığın sorularına cevaplar bulmaya çalıştığı anlatılardır. Sıklıkla mistik ve açıklanması güç temaları ele aldığı görülmektedir. Mitlerdeki kişiler; güçlü, yaratıcı, doğaüstü gözüken tanrılar, kahramanlar ve hayvanlardır. Ayrıca mitler, müzik ile de iç içedir. Mit ve müzik ilişkisi sayesinde günümüzde kullanılan pek çok müzikal terim oluşmuştur. Tanrıların taşıdıkları özellikleriyle günümüze kadar gelen müzik terimleri mevcuttur. Mitlerde geçen tanrı ya da kahramanlardan bazılarının müzikle ve çalgılarla doğrudan veya dolaylı bir ilişkisi söz konusudur. Kimi anlatılarda bazı çalgıların yaratıcısının, kimisinde de müziğin iyi veya kötü bir şekilde kullanımının işlendiği bilinmektedir. Ethos terimi ise, anlam bakımından ahlak olarak bilinirken bilinç ve müzik bağlamında hareketlerin ve davranışın etik açıdan şekillenmesi yönünde değerlendirilebilir. Antik Yunan mitolojisinde geçen müzik temalı noktalarda ethosun anlatılarda görülen tanrı ve kahraman gibi karakterlerin üzerindeki etkisi ele alınmaktadır. Mitolojide geçen tanrıların, kahramanların ve doğaüstü canlıların çalgıları ve müziği ethos bağlamındaki kullanımları veya kendi yaşadıkları etkilerin ele alınması müziğin insan üzerindeki etkisini de değerlendirmeyi sağlaması bakımından önemlidir. Bu sebeple Antik Yunan mitolojisinde görülen pek çok karaktere çalgıların ve müziğin nasıl etki ettiğini, karakterlerin müziğe nasıl yaklaştığını anlatılarda görmek ethos kavramını müzik içerisinde değerlendirmeyi kolaylaştırabilir. Anlatılar aracılığıyla mitolojik karakterlerin müziği ne amaçla kullandıklarını görmek mümkün olacaktır. Bu çalışmada Apollon, Athena, Sirenler, Orpheus ve Marsyas gibi Antik Yunan mit anlatılarında görülen pek çok tanrı ve kahramanın müzik ve ethos kavramının birleşimiyle davranış, hareket ile müziğe yaklaşımları ele alınacaktır. Özellikle mitlerde geçen müzik temalı bölümlerde, doğaüstü kahramanların insansı bir yaklaşım olan ethosla bir bağlantısının olup olmadığı mit-müzik ilişkisine güçlü bir bakış sunacaktır.
Anahtar Kelimeler: Müzik, Mitoloji, Çalgılar, Ethos, Antik Yunan.

THE ETHOS OF INSTRUMENTS AND MUSIC IN ANCIENT GREEK MYTHOLOGY

ABSTRACT
Myths are narratives that attempt to find answers to humanity's questions. They often address mystical and elusive themes. The characters in myths are powerful, creative, and seemingly supernatural gods, heroes, and animals. Furthermore, myths are intertwined with music. The relationship between myth and music has given rise to many musical terms used today. There are musical terms that have survived to this day, reflecting the characteristics of the gods. Some of the gods or heroes in myths have a direct or indirect relationship with music and instruments. It is known that some narratives depict the creator of certain instruments, while others depict the good or bad use of music.

The term ethos, while meaningfully known as morality, can be interpreted in the context of consciousness and music as the ethical shaping of actions and behavior. Music-themed themes in ancient Greek mythology explore the influence of ethos on characters such as gods and heroes in the narratives. Discussing the ethos-based use of instruments and music by the gods, heroes, and supernatural beings in mythology, or their own experiences, is important for assessing the impact of music on humans. Therefore, observing how instruments and music influenced many characters in Ancient Greek mythology, and how these characters approached music, can facilitate an appreciation of the concept of ethos within music. Through narratives, it becomes possible to understand the purposes for which mythological characters used music. This study will examine the behavior, movement, and approaches to music of many gods and heroes in Ancient Greek myths, such as Apollo, Athena, the Sirens, Orpheus, and Marsyas, through the combination of music and ethos. In particular, in sections on music within myths, examining whether supernatural heroes are connected to the humanistic ethos will provide a compelling insight into the relationship between myth and music.

Keywords: Music, Mythology, Instruments, Ethos, Ancient Greece.

YAŞAR KEMAL'İN *BİR ADA HİKÂYESİ* SERİSİNDE ALTIN ÇAĞ MİTOSU

Arş. Gör. Dr. Özlem SÜRÜCÜ
Atatürk Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü
ORCID: 0000-0001-8762-8893

"Benim için dünya binbir çiçekli bir kültür bahçesidir. Bir çiçeğin bile yok olmasını, dünya için büyük bir kayıp sayarım."

ÖZET
İnsanlığın mutluluk ve refah içinde yaşadığı bir başlangıç dönemi olarak da bilinen Altın Çağ mitosu, doğayla uyum içinde olunan bir süreci işaret eder. Bu dönemde insan, basit ihtiyaçlara sahip olan bir varlık iken doğa da onun istek ve arzularını karşılamada oldukça yeterlidir. Herhangi bir mücadelenin, savaşın, rekabetin söz konusu olmadığı Altın Çağ mitosunda insan da henüz yozlaşmamış ve kötülükle tanışmamıştır. Birçok medeniyette benzer anlatılarla betimlenen Altın Çağ, Âdem ve Havva'nın cennette geçen hikâyesine dayandırılarak cennet anlatılarıyla da birleştirilir. Doğayla uyum içinde, sade bir yaşantı, yozlaşmamış bir kültür ve tüm bunlarla yetinen insan, cennet betimlemesiyle örülü olarak edebiyata da yansımıştır. Türk edebiyatının önde gelen romancılarından biri olan Yaşar Kemal, eserlerinde geleneksel anlatılardan sıkça esinlenmiş, arkaik anlatıları modern bağlamlara taşımıştır. *Bir Ada Hikâyesi* serisi olarak anılan *Fırat Suyu Kan Akıyor Baksana, Karıncanın Su İçtiği, Tanyeri Horozları ve Çıplak Deniz Çıplak Ada* adlı dörtlemesinde, nüfus mübadelesi ile değişen hayatları, ortak bir kaderin mekânı olan Karınca Adası odağında ele alır. Rumların yaşadığı Karınca Adası nüfus mübadelesiyle birlikte boşaltılınca onların yerine ülkenin farklı yerlerinden, farklı etnik kökenlere sahip insanlar gelip adaya yerleşerek sıfırdan bir hayat kurmaya çalışırlar. Bu sırada yazar, Karınca Adası'nın doğasını, denizini, botanik yapısını, canlı çeşitliliğini övgülerle aktarırken adanın bu güzelliğini bir zamanlar orada yaşamış olan insanların iyiliğine ve oradaki yaşamın basitliğine bağlar. Aynı şekilde, Rumlardan sonra adaya gelip yerleşen insanların sürgün edildikleri memleketleri de cennet benzetmeleriyle, tam bir mutluluk ve memnuniyet ifadeleriyle birlikte anılır. Altın Çağ mitosunu hatırlatacak kadar kusursuz bir yaşantıyı işaret eden yazarın romana seçtiği ana mekânın bir ada olması da ütopya anlatıları bakımından dikkate değerdir. Bildiride *Bir Ada Hikâyesi* serisinde Karınca Adası ile birlikte insanın içine doğup yetiştiği ve doğayla uyum içinde yaşadığı memleketi, Altın Çağ Mitosu bağlamında ele alınacaktır. Ayrıca mekân olarak seçilen ada, adaya yerleşen insanların kolektif yaşamları ütopya çerçevesinde değerlendirilecek ve bu çerçevede cennet anlatılarına da değinilecektir.
Anahtar Kelimeler: Yaşar Kemal, *Bir Ada Hikâyesi,* altın çağ, roman, cennet, mübadele.

THE GOLDEN AGE MYTH IN YAŞAR KEMAL'S *STORY OF AN ISLAND* SERIES

ABSTRACT
The myth of the Golden Age, also known as a period when humanity lived in happiness and prosperity, signifies a time of harmony with nature. During this period, humans were beings with simple needs, and nature was quite sufficient in fulfilling their desires and wishes. In the myth of the Golden Age, where there is no struggle, war, or competition, humans are also uncorrupted and have not yet encountered evil. Depicted in similar narratives in many civilizations, the Golden Age is combined with stories of paradise, based on the story of Adam and Eve in paradise.

A life in harmony with nature, a simple existence, an uncorrupted culture, and humans content with all this have been reflected in literature, woven into the depiction of paradise. Yaşar Kemal, one of the leading novelists of Turkish literature, has often drawn inspiration from traditional narratives in his works, bringing archaic narratives into modern contexts. In his four-part series known as *Bir Ada Hikâyesi* (Story of an Island), consisting of *Fırat Suyu Kan Akıyor Baksana* (Look, the Euphrates River is Bleeding), *Karıncanın Su İçtiği* (The Ant Drinks Water), *Tanyeri Horozları* (Roosters at Dawn), and *Çıplak Deniz Çıplak Ada* (Naked Sea, Naked Island), he addresses the changing lives brought about by population exchange, focusing on Karınca Adası (Ant Island), a place of shared destiny. When Ant Island, home to the Greeks, was evacuated due to population exchange, people from different parts of the country and of different ethnic origins came to settle on the island, trying to build a new life from scratch. Meanwhile, the author describes the nature, sea, botanical structure, and biodiversity of Ant Island with praise, attributing the island's beauty to the kindness of the people who once lived there and the simplicity of life on the island. Similarly, the people who came to settle on the island after the Greeks are remembered with comparisons to paradise and expressions of complete happiness and satisfaction. The fact that the author chose an island as the main setting for the novel, signifying a life so perfect it recalls the Golden Age myth, is also noteworthy in terms of utopian narratives. In the paper, within the context of the Golden Age Myth, the homeland where humans are born and raised and live in harmony with nature will be discussed alongside Ant Island in the *Story of an Island* series. Furthermore, the island chosen as the setting will be evaluated within the framework of utopia in terms of the collective lives of the people who settled there, and paradise narratives will also be addressed in this context.
Keywords: Yaşar Kemal, *Story of an Island,* golden age, novel, paradise, population exchange.

GİRİŞ

Türk edebiyatının önemli isimlerinden biri olan Yaşar Kemal, toplumcu gerçekçi bir anlayışla kaleme aldığı eserlerinde genellikle insanın toplumsal sorunlarını toplumdaki yerinden hareketle ele almıştır. Yazarın insan ve toplum ilişkisi kadar önem verdiği bir diğer detay da insan ve doğa ilişkisidir. Eserlerinde çoğunlukla romanın bir karakteri şeklinde tasarlayıp canlı bir biçimde kurguya dâhil ettiği doğa, modern dünyada insanın ötelemiş olduğu önemini insana hatırlatmayı amaçlar. *Bir Ada Hikâyesi* serisi adıyla anılan dörtlemede doğa insan ilişkisi, serinin konu edindiği savaşlar ve kıyımlardan geride kalan insanların tutunma mücadelesinden hareketle mitik bir anlatıya evrilir. İnsanlığın huzur içinde yaşadığı, insan ile doğa ilişkisinin çarpıklaşmadığı ilk dönemlere olan özlem şeklinde nitelenen Altın Çağ mitosu, Yaşar Kemal'in bu dörtlemesinde öne çıkan bir arkaik unsur olur.

Tüm toplumların insanlığın mutluluk ve memnuniyet içinde yaşadığı bir Altın Çağ söylencesi ya da bir başlangıç dönemi mevcuttur. Bu başlangıç döneminde yaşam sade ve yeterli, insan ve doğa birbiriyle uyum içindedir. Doğanın zenginliği insanın ihtiyaçlarını ve arzularını karşılayabilmektedir. Bundan dolayı savaş ve baskı güdüleri henüz bulunmadığı gibi insan sabahtan akşama dek yorucu işlerle uğraşmak durumunda da kalmamaktadır. Rahatlık ve bolluk içinde süregiden bu yaşamda insan, sade ve dindar yaşantısıyla tanrılara da yakındır ve bu yakınlığı hissedebilmektedir (Kumar 2005: 13). Hıristiyanlık terminolojisinde "insanın düşüşünden önceki dönem"i ifade eden Altın Çağ'da bozulmadan, yozlaşmadan, kötülükten; kısacası ızdırap kaynaklarından söz edilemez. Bu dönemde doğa ile altın bir uyum içinde yaşayan insanın ihtiyaçları ve arzuları da sınırlıdır. Doğa ile herhangi bir mücadele içinde olmayan insana doğa her istediğini sunabilmektedir.

Bu sebeple de insan iradesine rastlanılmadığı Altın Çağ'da savaşlara, rekabetlere ve çatışmalara yol açacak bir durum da söz konusu değildir. Tüm bunlardan hareketle Altın Çağ mitosunun çalışan, yorgun sınıfların hayali olduğu ve bundan dolayı da hemen hemen her medeniyette var olduğu söylenebilir (Yalçınkaya, 2004: 52).

Kutsal kitaplarda da izine rastlanılan Altın Çağ özlemi, Tevrat'ta Aden Bahçeleri anlatısıyla bilinir. Yahudiler, özgürlüklerini ve yurtlarını kaybedip Roma İmparatorluğu'nun boyunduruğuna girince kralları Davud zamanında yaşadıkları bolluk döneminin hasretini çekmişlerdir. Antik Yunan'da Altın Çağ mitosuna dönüşen bu anlatılar, kuzeyden gelerek Yunanistan'a yerleşen İyon, Dor ve Eolya boylarıyla anılır. Bu insanlar Yunanistan'a yerleştikten sonra ilk dönemler eşitlik ve özgürlük içinde yaşamışlar, doğanın nimetlerini ortaklaşa kullanmışlardır. Fakat daha sonra mal edinme arzusu devreye girince eşitlik ve refahları bozulmuş, anlaşmazlıklar ve uyuşmazlıklar ortaya çıkmıştır (Bayka, 2011: 8). Antik Yunan'da Altın Çağ anlatısı, Hesiodos'un *İşler ve Günler* adlı eserinde "insanların tanrılar gibi yaşadığı dönem" olarak anılır. Her zaman diri ve genç kalan bu insanların kaygıları ve acıları yoktur. Şölenlerde coşan, tatlı uykulara ölür gibi dalan bu insanlar, sayısız nimet ortasında rahat ve memnun yaşayıp gitmişlerdir (Hesiodos, 2024: 53). Böyle bir mitosun insanlığın olumsuz anında anımsadığı bir anlatı olması, içinde bulunulan durumdan kaçış veya bir sığınak arayışı şeklinde açıklanabilir.

Semavi inanışlara göre cennetle bütünleştirilen ve dolayısıyla bu dünyaya ait olmayan bir yer veya dönem şeklinde nitelendirilebilecek olan Altın Çağ mitosu, pagan inanışlarında dünyada yaşanmış bir çağ ile ilişkilendirilir. Bu sebeple de çok eski döneme ait bir ütopya tasavvuru olarak kabul edilir. Ütopya ve ada ilişkisini inceleyen Akşit Göktürk'e göre ada, bir yazar için sınırları kesinlikle belli bir yaşam alanıdır ve bu durum da onun dış dünyadan daha iyi veya daha kötü bir yer olmasını belirlemede etkilidir. Dış dünyanın alabildiğine geniş ortamında yarış hâlindeki bir yaşamda varlığını sürdüremeyen insan için ada, eylemlerin sınırlı ve zamanın durağan olması insana rahat bir soluk aldırabilirken aynı zamanda durağanlığıyla çevredeki her şeye görünüşte bir cennet erinci kazandırabilir. Eserlerdeki ortamların açıklığı, kapalılığı, genişliği veya darlığı, o ortamda uyanacak duyguların özelliğiyle paraleldir. Kişi, ada ile anlamlı bir bütün olabildiği gibi yazarın amacına göre de eserde yapısal bir unsura dönüştürülür. Altın Çağ söylencesiyle de birleştirilen ada kavramı, ilkçağlardan bu yana ütopyacı yazının temelinde yer almıştır. Atlantik okyanusunda bir masal adası olarak çizilen Atlantis, Altın Çağ insanları gibi tanrısal bir bolluk içindeki yaşamı anlatır. Eumeros'un sözünü ettiği Panchaia, yine, tanrısal özü bozulmamış insanların yaşadığı bir masal adasıdır. Iambulos'un "Güneş Adaları" ise Thomas More ve Campanella gibi yazarlara ilham olan, güneşin her yere eşit yayılmasıyla insan yaşamındaki eşitliğe örnek olan bir ada eseridir. Bolluk ve zenginlikle anılan bu adalarda yaralar kendiliğinden iyileşirken acılar da kendi kendine diner (Göktürk, 2012: 12-21). Dolayısıyla insanlığın henüz kötülük ve rekabetten uzak olduğu Altın Çağ mitosu, ada ve ütopya kavramlarıyla birleşmiş hâliyle çağdaş Türk edebiyatında Yaşar Kemal'in *Bir Ada Hikâyesi* serisinde karşımıza çıkar. Ana tema olan nüfus mübadelesi bağlamında, bir zamanlar Rumların yaşadığı Karınca (Mirmingi) Adası ve onlar gittikten sonra adaya gelen sürgün insanlar üzerinden Altın Çağ mitosu, ilk yaşanılan yerin veya geçmişte kalan yaşantının cennetle özdeşleştirilmesiyle romanlarda sık karşılaşılan bir unsurdur.

Türk tarihinin önemli dönüm noktalarından biri, Millî Mücadele sonrası alınan kararlarla uygulanan nüfus mübadelesidir. 1922 yılında Anadolu Yunan işgalinden kurtulunca Türkiye'de ülke dışına göç, iç göç ve ülke dışından Türkiye'ye göç şeklinde kitlesel bir göç hareketi başlar. İşgalden kurtulan bölgelere doğru başlayan iç göçlerin çoğunluğunu, Anadolu'dan İstanbul'a veya Yunanistan'a giden Rumlar oluşturur.

1922 yılının sonuna dek Türkiye'den göçen Rumların sayısı 1 milyonu aştığında zaten bozulmuş olan toplumsal yapıyla ülke, ekonomik eşitsizlikler ve daha da derinleşen sorunlarla baş başa kalır. Bu duruma Lozan Barış görüşmelerinde bulunan çözüm 1923 yılında imzalanır ve yürürlüğe girer. Bu anlaşmaya göre İstanbul ve Batı Trakya'daki Rumlar hariç tutularak Türk topraklarında yerleşmiş Rumlar ile Yunan topraklarında yerleşmiş Türklerin zorunlu mübadelesine girişilecek, bunlardan hiçbiri Türk ve Yunan hükümetlerinin izni olmadıkça Türkiye'ye veya Yunanistan'a dönüp yerleşemeyeceklerdir (Arı, 2000: 6-18). Bu anlaşma ve mübadele, siyasi ve toplumsal hayattaki yansımalarının yanı sıra edebî eserlerde de sıkça işlenmiş, filmlere konu edilmiştir. Türkiye'deki etnik grupları farklı yönleriyle eserlerine dâhil eden Yaşar Kemal, *Bir Ada Hikâyesi* serisinde de başta Rumlar olmak üzere farklı etnik kimliklerin, dönemin savaş sonrası atmosferinin ve insanın doğayla ilişkisinin izini sürer. Bu aşamada tüm bu atmosfer Altın Çağ mitosundan hareketle cennet anlatısıyla bağlantılı olarak sunulur.

Modern Zamanlarda Bir Altın Çağ Düşü: *Bir Ada Hikâyesi*

Altın Çağ anlatılarının Batı'da Yahudi-Hıristiyan cennetiyle kaynaştırıldığını ifade eden Krishan Kumar'a göre cennet söylencesi, ilk Altın Çağ düşüncesini tekrarlar. Bununla birlikte Hıristiyan cenneti sadece geçmişle anılmaz, geleceğe de uzanır. Bir kere kaybedilmiş olan cennet geri kazanılabilir ve kazanılacaktır. Başka kültürlerde de bulunan bu kurtuluş ve yenilenme inanışına göre, seller, afetler gibi insanlık sefaletinin yaşanmasından sonra peşi sıra başlangıçtaki "yaratılış"a dönülecek ve böylelikle Altın Çağ geri gelecektir (Kumar, 2005: 15-16). Doğanın insana sağladığı faydadan ziyade, yalnızca doğa olduğu için övgüye lâyık oluşu, Yaşar Kemal'in romanlarında sık karşılaşılan bir durumdur. Bundan farklı olarak *Bir Ada Hikâyesi* serisindeki doğa, cennetle özdeşleştirilmiştir. Hatta *Fırat Suyu Kan Akıyor Baksana* romanında Karınca Adası'ndaki bir kuşun cennette bile görülemeyeceğinden söz edilir: "'Bak, bak!' Poyraz Musa şimdiye kadar böylesine pırıltılı, dehşet bir mavide balkıyan bir kuş görmemişti. 'Bak, bak! Cennette bile böyle bir mavi var mıdır?' 'Yok,' dedi Poyraz. 'Yok,' diye yineledi doktor, 'yok.'" (Yaşar Kemal, 2008a: 218). Karınca Adası yalnızca doğasıyla ve içinde yaşayan canlılarla değil, insanıyla da ideal bir mekân olarak tasvir edilir. Serinin üçüncü kitabı *Tanyeri Horozları*'nda adaya kötü biri gelse bile iyi bir insana dönüşeceği, adada hiçbir kötünün baş vermeyeceği ifade edilir. "Adamız dolduğunda, bu adaya bir kötü adam, kötü bir insan ayak basmışsa bu adada iyi insan olacak. Medeniyetlerin verimli, iyi topraklarda yeşerdiği gibi bizim adamızda da hep iyi insanlar yetişecektir. Bu adada kötü hiçbir şey baş vermeyecektir." (Yaşar Kemal, 2008c: 287). Kötü olan hiçbir şeyin bulunmadığı bir yer tasarısı, gerçek bir mekândan çok akla ütopik bir yeri veya cenneti getirmektedir.

Seride ideal bir ortam olarak tasarlanan mekânın aslında gerçekte var olmayan bir yer olması, bir anlamda ütopik bir tasarı olmasıyla da ilgilidir. Ege Denizi'nde Kaz Dağları'na yakın bir yer olarak tasvir edilen Karınca Adası, gerçekte var olmayışıyla ve ada oluşuyla da dikkate değerdir. Yazar ideal mekân tasarısını ütopik adalardan esinlenerek bir ada şeklinde kurgulamıştır. Düşsel adalar dışarıya kapalı, dışarıdan içeriye, içeriden dışarıya giriş ve çıkışın zor olduğu yerlerdir. Dışarıya bu tür bir kapalılık, adanın içindeki örnek düzenin korunmasını sağlarken aynı zamanda dışarıdan içeriye gelecek bozucu etmenlerin önlenmesini sağlar. Böyle bir düşsel adaya girmeyi başaran kişinin önünde bir yeryüzü cenneti, bir örnek yaşama düzeni uzanır ve bu durumda ada, dünyadan daha iyi bir yer olarak değer kazanır. Bir yeryüzü cenneti, örnek bir yaşama düzeni şeklinde tasarlanan ada özlemi, ilkçağlardan 18. yüzyıla dek bütün ütopya adalarının belirgin özellikleri olur. Her yeni çağ insanının kafasında bürünen yeni nitelikleriyle yeryüzü cenneti olarak ada, günümüze dek değişik biçimlerde ulaşmıştır (Göktürk, 2012: 171-172).

Bir Ada Hikâyesi serisinde Karınca Adası, mübadele öncesi Rumların yaşadığı dönemde örnek bir yaşama düzeniyle, adeta bir yeryüzü cenneti şeklinde sunulur. Serinin ilk kitabı *Fırat Suyu Kan Akıyor Baksana* romanında mal müdürü Abdülvahap Bey, adaya yerleşmek isteyen Poyraz Musa'ya mal devrederken Karınca Adası'ndan nasıl haberdar olduğunu sorar. Poyraz Musa, savaş döneminde Çanakkale'deki yaralılara hastane görevi görmüş bu adayı savaştan yaralı kurtulmuş bir arkadaşından duyduğundan söz eder: "Çanakkale'de yaralanmış, Karınca Adasının hastahanesinde yatmış bir arkadaşım söyledi. Bu adayı anlata anlata bitiremiyordu. Ona göre ada bir cennet, insanları da melekti. Ben de efendim, savaş bitince ömrümü bu adada tamamlayayım, dedim." (Yaşar Kemal, 2008a: 30). Karınca Adası'nın cennetle, insanlarının da iyilik meleğiyle özdeşleştirilmesi, yazarın dörtleme boyunca sık sık tekrar ettiği bir durumdur.

Romanın ilerleyen bölümlerinde Karınca Adası'na farklı coğrafyalardan insanlar gelmeye başlar ve cennet benzetmesine tekrar değinilir. Türkiye'den giden Rumların yerine gönderilen Yunanistan Türklerinden biri olan Ali Paşa Selim Bey, ailesiyle birlikte Karınca Adası'na geldiğinde Poyraz Musa ile tartışmaya girer. Bir paşa torunu olan Ali Paşa Selim Bey, geride bıraktığı yaşantısının görkeminden sonra bu küçük adaya gönderilmesine içerler ve adada yaşamak için de geçinmek için de hiçbir şeyin olmadığını savunur. Onun bu sözlerine öfkelenen Poyraz Musa, adanın bir cennet olduğunu, bu adada bulunan zeytinlerin hiçbir yerde olmadığını, meyvelerin benzersiz olduğunu, adanın arı kovanıyla ve denizinin de balıklarla dolu olduğunu ifade eder. Ali Paşa Selim Bey'in ikna olmadığını görünce Poyraz Musa'nın adanın benzersizliğiyle ilgili betimlemeleri, cennetten mitolojiye, mitolojiden yeryüzüne doğru genişler:

Burası, bu ada Allah'ın yeryüzüne gönderdiği cenneti âlâdan bir köşe. Yeryüzünde böyle bir cennet köşesi Çini Maçinde, Şol Arabistanda, Kafdağının arkasında, Frengistanda, gavur Yunanistanda, Hazreti Ademin cennetten yeryüzüne çıktığı Serendip adasında yok. (…) Burada türlü renkte, mor, kırmızı, turuncu mavi kelebekler, binbir renkte de uçan cennet kuşları var. Burası bir cennet. Burasının cennet olduğunu yalnız insanlar anlar. Başka tepegöz mahlukatlar anlayamazlar (Yaşar Kemal, 2008a: 202-204).

Doğanın renklerinden, çeşitliliğinden, vericiliğinden ve güzelliğinden eserlerinde sıkça söz eden Yaşar Kemal, bu seride yaratmak istediği Altın Çağ mitosuna uydurarak doğayı "cennet"e dönüştürmüştür. Onun insana bakışının doğa ile olan ilişkisinde yattığını ifade eden Feridun Andaç'a göre doğa aynı zamanda Yaşar Kemal'de bir roman kahramanıdır:

Yaşar Kemal, daha çok insana bakar. Oradan varmak ister insanlığın temel gerçekliklerine. Yaşama düzeni, karşılıklı ilişkiler, onun doğa ile ilişkisinde belirir. Bu da, anlatıcının "anakara"sının, bir bakıma anlatı ülkesinin en temel gerçeği olarak karşımıza çıkar.

Bu anlamda romanlarının önemli bir bölümü bu eksen üzerine kurulur. Doğa ayrılmaz bir gerçek, bir roman kahramanıdır (Andaç, 2012: 32).

Seride Karınca Adası, nüfus mübadelesiyle birlikte boşaltılınca savaştan çıkmış, kaçmış veya sürgün edilmiş insanlarla dolmaya başlar. Adaya gelen insanların ortak özelliği, olumsuz bir geçmişi arkasında bırakmaya, yeni bir hayat kurmaya çalışmalarıdır. Ada, onların yeni yurtları olduğu gibi aynı zamanda da kaçış ve sığınma noktalarıdır. Akşit Göktürk, ütopya adalarının özelliklerine değinirken bu mekânların seçiminin eserlerde dış dünyadan kaçmak veya dış dünyaya kapalı olmak şeklinde belirlendiğinden söz eder:

Dışarıya kapalılık, kendiyle sınırlanmışlık, duran-zaman biçimi, "ada"yı dışarının, "dünya"nın karşıtı kılar. Ada ortamının bu özelliklerine karşılık "dünya", genişlik, sınırsızlık, tarihsel-zaman ilkeleriyle belirlenmiştir. Adanın dünyadan daha iyi ya da daha kötü bir yer, ütopya ya da robinsonad adası olarak kavranması ise, o adayla ilgili gözlemlerin sahibi olan kişinin dünya yaşantısının niteliğine bağlıdır.

Dünyada tedirgin olan kişi için ada, yaşamaya bir güven, derli topluluk, süreklilik, dünyada mutlu bir kişi için de tutsaklık, darlık, can sıkıntısı yönünde duygular uyandıran bir ortam olur. Yaratıcı yazında bir olayın ya da durumun yeri olan ortam hiçbir zaman edilgin değildir, anlatılan kişileri şu ya da bu yönde etkiler. Bu bakımdan düşsel ada ortamı da ancak içindeki insanların izlenimleriyle belirlenebilir (Göktürk, 2012: 172).

Göktürk'ün bu sözleri *Bir Ada Hikâyesi* serisinde dünyada tedirgin olan kişilerin güvenli yer arayışıyla anlam kazanmaktadır. *Fırat Suyu Kan Akıyor Baksana* kitabında Sarıkamış'ı görmüş, Yezidiler'in katliamına tanık olmuş ve Bedevilerden kaçıp adaya sığınmış olan Poyraz Musa ile birlikte Karınca Adası'na güvenli bir yaşantı arzusu taşıyanlar gelir. *Karıncanın Su İçtiği* kitabında Girit Türklerinden olan ve mübadele sonucunda ailesiyle Karınca Adası'na gelen Musa Kazım Ağaefendi, gördükleri kötü muamelelerden sonra adada karşılaştığı güvenli ortamı görünce gözleri yaşarır: "'Bu kadar itilip kakıldıktan sonra sizin gibi insanlarla karşılaşmak ne iyi' dedi." (Yaşar Kemal 2008b: 186). Seride seçilen mekân, savaş yıllarında türlü eziyetler çekmiş olan insanların tedirgin oldukları dünyadan uzaklaşmalarını sağlayacak hem kötülüklerle hem de geçmişleriyle aralarına mesafe koyacak bir ada olmuş, bu ada da kendileriyle aynı kaderi taşıyan mübadele Rumlarının mekânı olmuştur.

Esasen seride Altın Çağ mitosuyla öne çıkan özellik, benzer kaderlere sahip insanların içlerine doğdukları memleketlerindeki memnuniyet, eşitlik ve huzur ortamlarına dair duydukları özlemdir. Yaşar Kemal, Türkiye'nin muhtelif yerlerinden kaçan veya sürülen insanları, bir başka sürgün ortamı olan Karınca Adası'nda bir araya getirir. Bunun sebebi, Karınca Adası'nın da Rumlar gönderilmeden önce Altın Çağ mitosuna benzer bir mutlak memnuniyet ortamı şeklinde sunulmasıdır. Adadaki yaşantı, doğa ile insanın birbirine yettiği, insanın doğayı sömürmediği, doğanın insandan intikam almadığı, basit ve sade bir yaşamdır. Bu dönemin memnuniyet ve huzurunu savaşlar bozmuş, fakat savaşlar sona erdikten sonra Rumlar, mübadeleye dek aynı basit, sade ve huzurlu yaşantılarına devam etmişlerdir. Savaşlardan önce Rumlar, Karınca Adası'nda arıcılıkla, zeytin yetiştiriciliğiyle ve balıkçılıkla uğraşır. Haftada iki gün balıkçılar tarafından düzenlenen şölenle bütün ada halkı, tutulan balıkları temizleyerek çınarların altında büyük bir yer sofrası kurar. İçkinin içilmediği bu şölenlerde pişen balıklar fırından çıkan taze ekmeklerin arasına konarak yenir. O sırada denizden geçen yabancılar pişen balığın kokusuyla adaya iner ve adalılar tarafından sofranın baş köşesine alınır. Rumlar bu şöleni en son mübadele haberini aldıktan sonra gerçekleştirirler ve kimsenin gitmekten söz etmediği bu şölen, onların en görkemli şöleni olur (Yaşar Kemal, 2008a: 81-82). Yazarın burada "şölen" şeklinde bahsettiği etkinlik, oldukça basit, hemen hemen her insanın gerçekleştirebileceği kadar sade bir toplu yemek ortamıdır. Böyle bir etkinliğin "şölen" şeklinde nitelendirilmesi, insanın doğayla yetinebildiği Altın Çağ mitosunu anımsatmaktadır. Denizden tuttukları balığı pişirerek kendi yaptıkları taze ekmekle toplu bir sofrada yiyen ve bunu "şölen" olarak gören Rumlar, Karınca Adası'nda Altın Çağ'larını yaşamış, basit, sade ve doğayla yetindikleri hayatlarında tam bir memnuniyet hâlinde olmuşlardır. Bu durumda dış dünyadan yalıtılmış bir adada olmalarının, dünyanın kötülüklerinden görece uzak yaşamalarının da payı vardır.

Ancak seride Altın Çağ mitosuyla örtüşen mekânlar ve yaşayışlar yalnızca Karınca Adası ve Rumlara özgü değildir. Rumlar gittikten sonra sürgün edildikleri yerlerden gelip adaya yerleşen insanlar aracılığıyla da yazar, onların memleketlerini mutlak bir memnuniyet içinde sunar. *Karıncanın Su İçtiği* kitabında Kadri Kaptan'ın annesi Melek Hanım, memleketi olan Kaz Dağları'nı sık sık anar ve bu dağları güzelliğiyle birlikte aynı zamanda oradaki yaşantısının memnuniyetiyle anlatır: "Ben o dağlardan olurum. Oraya binbir pınarlı, bin çiçekli bin çeşit kuşlu Kazdağı derler. Benim kocam, işi varmış, bizim dağa geldi.

Göz göze gelince o bana gönlünü kaptırdı, ben de ona. İkimiz de sevda ateşinde kavrulduk, sonra da bin pınarlı, binbir çiçekli dağından kaçtık." (Yaşar Kemal, 2008b: 48). Girit Türklerinden olan Musa Kazım Ağaefendi, Girit'te bir çiftlikte doğup büyümüş, dedesi ve babasından sonra kendisi de at yetiştiricisi olmuş, Yunanistan'ın namlı atlarını yetiştirmiştir. Atlarını, geride bıraktığı çiftliğini, çocukluğunu ve gençliğini özlemle anan Ağaefendi, Girit'i toprağı, suyu ve iklimiyle bir cennet ada olarak tasvir eder (Yaşar Kemal, 2008b: 421-422). *Tanyeri Horozları* kitabında Poyraz Musa, hem doğup büyüdüğü yer olan Toroslar'ı hem de dedesinin memleketi Kafkasya'yı masalsı bir bağlamda anlatır. Bu atmosferde sunulan ortamda yine tabiat güzelliği, insanların iyiliği ve bunlarla yetinenlerin yaşamı öne çıkar (Yaşar Kemal, 2008c: 47-48). Romanın ilerleyen bölümlerinde Musa Kazım Ağaefendi, bir sohbet ortamında yine memleketi Girit'ten övgüyle söz etmeye başlayınca herkes tek tek söz alıp Girit övgüsüne devam eder. Yazar bu bölümde Girit'i görmemiş olan bu insanların övgüsünün aslında Girit'e değil, kendi memleketlerine olduğunu, Baytar Cemil'in Van'ı, Melek Hanım'ın Kaz Dağları'nı anlattığını ifade eder. (Yaşar Kemal, 2008c: 283-284). Girit'i hiç görmemiş insanların betimlemelerinin gerçekçiliği üzerinden yazar, karakterleri ortak bir memleket ve ilk yaşanılan yer özleminde buluşturmaya çalışmıştır. Serinin son kitabı olan *Çıplak Deniz Çıplak Ada*'da Girit'te kimsenin kapısını kilitlemediği, çünkü hırsızlığın olmadığı ifade edilir (Yaşar Kemal, 2012: 79-80). Romanın ilerleyen kısımlarında ise herkesin memleketini cennet olarak anması bizzat dile getirilir: "Adadaki insanların çoğu geldikleri memleketlerini anlatıp duruyordu. Onların memleketleri birer cennetti. Bu savaşlar herkesin belini kırmıştı." (Yaşar Kemal, 2012: 125). Herkesin memleketini adeta bir cennet olarak tarif etmesi, insanların mutluluk içinde yaşadığı, savaşların, rekabetlerin ve kötülüklerin olmadığı Altın Çağ mitosuna örnek oluşturması anlamında dikkat çekmektedir. Öte yandan savaş sonrası geçirilen toplumsal dönüşümü insanların memleket özlemlerinden geriye dönüşlerle işleyen Yaşar Kemal, bu dönüşümü insan merkezinden vermeye çalışmıştır. Adnan Binyazar, onun romanlarında toplumsal değişime verdiği önemi ifade eder: "Bütün bunların yanında Yaşar Kemal'in romanı, Türkiye'nin geçirdiği toplumsal değişim açısından da büyük önem taşır. Romanların herbiri toplumsal yapımızı ve bu yapıdaki değişimi vurgular." (1992: 31). Dolayısıyla *Bir Ada Hikâyesi* serisinde tarihsel bir süreç ve bunun sonucu olarak toplumsal dönüşüm, insan psikolojisi odaklı işlenir.

Seride yeryüzü cenneti özdeşleştirmesiyle Altın Çağ mitosunu anımsatan Karınca Adası'ndaki yaşantının ütopik taraflarından biri de sosyalist ütopyaları andıran kısımlardır. Doğanın bir parçası olarak insan, henüz kapitalistleşmemiş ortamda insan emeği ve sermayeye hizmet etmediği müddetçe çalışmanın güzelliği, romanlarda yer alan ve sosyalist ütopyayı anımsatan örneklerdir. Sosyalist ütopyaya göre çalışmak ve iş, yabancılaşmış emek ve hayatın birinci ihtiyacı olmaktan arındırılarak bireysel bir tatmin hâline getirilecek, bu bireysel tatmin de insanın ürettiğinin başka bir insanın ihtiyacına uygun olmasından dolayı olacaktır. Emek hayatın özgür bir ifadesi, üretilen şey ise insanın doğasının aynası olacaktır. Aynı zamanda sosyalist ütopyacılar komünizmi insancılık olarak görürler ve doğanın da insanileştirilmesi gerektiğini savunurlar (Kumar, 2006: 104-111). *Fırat Suyu Kan Akıyor Baksana* kitabında Karınca Adası'ndan göçen Rumlar arasında cömertliği ve iyiliğiyle tanınan Tanasi Koçiras, geride bıraktığı ve neredeyse bütün adayı besleyecek olan kileriyle anılır. Yazar Tanasi'nin depoladığı yiyecekler üzerinden insan emeğine ve emeğe değer vermenin geride bıraktığı "ermiş" yankısına değinir: "Her yaratığın bir güzelliği vardır, bir güzel yanı. Ne demiş ermiş Tanasi, yeter ki bir damla insan teri boşa gitmesin. İnsan soyunun güzelliği alın terindedir. Hey bre Tanasi, boşa giden, insanın karnına girmeyen bir buğday tanesi, bir tek zeytin, bir elma, bir... Neye, ne kadar alın teri dökmüşse insanoğlu hepsi bizden sonra bu adaya geleceklere analarının sütü gibi helal olsun, demiş ermiş Tanasi." (Yaşar Kemal, 2008a: 247).

Dördüncü kitap olan *Çıplak Deniz Çıplak Ada*'da ise dünyanın tadına varmanın çalışmayla elde edileceği ifade edilir: "Çalışmanın güzelliğinin tadına varmasaydık dünyanın da tadına varamazdık." (Yaşar Kemal, 2012: 224). Yazarın burada sözünü ettiği çalışma, kapitalist düzene edilen hizmetten ziyade bir şeyler üretmek ve dünyaya fayda sağladığının bilincinde olmaktır. Yaşar Kemal'in benimsediği toplumcu gerçekçi anlayışla bağlantılı olan bu düşünce, aynı zamanda insanın gereğinden fazla çalışmak zorunda kalmadığı dönem olan Altın Çağ ile de örtüşmektedir.

İnsanlığın dâimi bir özlemi olan ve hem cennet anlatısıyla hem de ütopya düşüncesiyle birleşen Altın Çağ mitosu, Yaşar Kemal'in *Bir Ada Hikâyesi* serisinde savaş sonrası atmosferdeki insanların sığındığı bir kaçış noktası olmuştur.

SONUÇ

Eserlerinde sözlü kültür ürünlerinden ve bu ürünlerin özelliklerinden sıkça faydalanan Yaşar Kemal, genel hatlarıyla 1920'lerin savaşlar sonrası Türkiye'sini ve sürgün edilmiş bir grup insanı konu aldığı *Bir Ada Hikâyesi* serisinde bu kez Altın Çağ mitosu ile karşımıza çıkar. İnsanlığın çalışmak zorunda kalmadığı, doğayla savaş içinde olmadığı, herhangi bir kötülükten söz edilmediği dönemi olarak bilinen Altın Çağ, semavi dinlerde de cennet anlatısıyla kendine yer bulmuştur. Modern dönemlerde ütopyalara evrilen bu ortam, dünyadan yalıtılmışlıkla birleştirildiği için genellikle bir ada şeklinde tasavvur edilmiştir. *Bir Ada Hikâyesi,* seriye de adını veren Karınca Adası ekseninde kaleme alınmış, gerek mübadele öncesi Rumların yaşantısıyla gerekse adaya sürgün gelenlerin kurdukları hayatla basit ve sade yaşamın mutlak memnuniyetinin bilincinde olma şeklinde kurulmuştur. Yazarın cennet tasvirleriyle birleştirerek sunduğu yer yalnızca Karınca Adası olmamış, adaya sürgün edilen insanların içine doğdukları ve memnuniyet içinde yaşadıkları memleketleri de bir Altın Çağ mitosu gibi anılmıştır. Savaşlardan, kıyımlardan ve sürgünlerden çıkıp hayatta kalabilmeyi başarmış olan bu insanlar, önceki yaşamlarını Altın Çağ gibi görmeye meyilli olmuş, kendileriyle aynı kaderi taşıyan Rumların geride bıraktıkları adayı da bu psikolojiden hareketle cennetle özdeşleştirmişlerdir. İnsanın doğayla ilişkisini bu eserinde insanın insanla olan ilişkisinden yola çıkarak irdeleyen Yaşar Kemal, doğası bozulan her varlığın ilk yaşantı özlemiyle kendine kaçış bulacağını Altın Çağ mitosuna benzeterek sunmuştur.

KAYNAKÇA

Andaç, F. (2012). *Yaşar Kemal -Sözün Büyücüsü-.* İstanbul: Kavis Kitap.

Arı, K. (2000). *Büyük Mübadele -Türkiye'ye Zorunlu Göç (1923-1925)-.* İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları.

Bayka, M. H. (2011). "Ütopya ya da Başka Bir Dünyanın Olabilirliği Üzerine". *Güneş Ülkesi.* (Çev. Selahattin Bağdatlı). İstanbul: Say Yayınları.

Binyazar, A. (1992). "Yaşar Kemal Gerçeği". *Yaşar Kemal -Çağımızın Büyük Romancısı,* (Haz. Alpay Kabacalı), İstanbul: Tüyap Fuarcılık.

Göktürk, A. (2012). *İngiliz Yazınında Ada Kavramı.* İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Hesiodos, (2024). *Theogonia – İşler ve Günler.* (Çev. Azra Erhat, Sabahattin Eyüboğlu). İstanbul: İş Bankası Kültür Yayınları.

Kumar, K. (2005). *Ütopyacılık.* (Çev. Ali Somel). İstanbul: İmge Kitabevi.

Kumar, K. (2006). *Modern Zamanlarda Ütopya ve Karşı Ütopya.* (Çev. Ali Galip). İstanbul: Kalkedon Yayınları.

Yalçınkaya, A. (2004). *Eğer'den Meğer'e Ütopya Karşısında Türk Romanı.* Ankara: Phoenix Yayınevi.

Yaşar Kemal, (2008a). *Fırat Suyu Kan Akıyor Baksana -Bir Ada Hikâyesi 1-.* İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Yaşar Kemal, (2008b). *Karıncanın Su İçtiği -Bir Ada Hikâyesi 2-*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Yaşar Kemal, (2008c). *Tanyeri Horozları -Bir Ada Hikâyesi 3-*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Yaşar Kemal, (2012). *Çıplak Deniz Çıplak Ada -Bir Ada Hikâyesi 4-*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

TEVFİK FİKRET'İN HÜSEYİN DÂNİŞ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Doç. Dr. Servet TİKEN
Atatürk Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü
ORCID: 0000-0002-6443-6466

ÖZET
Servet-i Fünûn Dönemi'nde şiir ve eleştiri türünde verdiği eserlerle tanınan Hüseyin Dâniş, sanat anlayışı bakımından Servet-i Fünûn şairleriyle ortak duyarlılıklara sahiptir. İran asıllı bir şair olan Hüseyin Dâniş, Frasça ve Türkçe şiirler kaleme almış, İran kültür ve edebiyatını tanıtma amacını taşımıştır. Bunun yanı sıra şiirlerinde Batılılaşan Türk şiirinin yeniliklerine ayak uydurmuş ve döneminin sanat özelliklerini yansıtan eserler yazmıştır. Uzun yıllar Mekteb-i Sultânî'de ve Darülfünun'da Farsça hocalığı yapan Hüseyin Dâniş, Batılı şair ve eleştirmenleri de yakından takip etmiştir. Bu doğrultuda Batı edebiyatından yaptığı çevirilerle, Avrupa'da sanat ve edebiyat alanındaki gelişmelere dikkat çekerek Türk edebiyatına teorik katkılar sunmuştur. Bir taraftan gazel, kaside ve kıt'a gibi klasik biçimleri sürdüren şair, bir taraftan da şiirlerinde sone ve terzarima gibi Batı edebiyatından gelen biçimlere yer vermiştir. Dönemin öne çıkan şairi Tevfik Fikret'ten etkilenmiş, sanat hayatında Tevfik Fikret'e özel bir önem atfetmiştir. Klasik bir kültürde yetişmiş olan Hüseyin Dâniş'in Tevfik Fikret'in kişiliğine duyduğu saygı ve sanatına yönelttiği ilgisi, Tevfik Fikret'in döneminde oldukça güçlü bir etkiye sahip olduğunu ve birçok şaire ilham verdiğini örnekler. Aynı zamanda Servet-i Fünûn şiir anlayışının döneminde kazandığı hâkimiyete de işaret eder. Bu bağlamda bildiride Servet-i Fünûn şairlerinden biri olarak anılan Hüseyin Dâniş'in sanat anlayışı açıklanacak ve Tevfik Fikret'in şairin üzerindeki etkisi ele alınacaktır. Türk edebiyatında güçlü bir ekolün oluştuğu dönemde, iki şair arasındaki etkileşim dikkatlere sunulacaktır.
Anahtar Kelimeler: Tevfik Fikret, Hüseyin Dâniş, Servet-i Fünûn, Etki.

TEVFİK FİKRET'S INFLUENCE ON HÜSEYİN DÂNİŞ

ABSTRACT
Hüseyin Dâniş, known for his works in poetry and criticism during the Servet-i Fünun period, shares common sensibilities with Servet-i Fünun poets in terms of his artistic approach. An Iranian-born poet, Hüseyin Dâniş wrote poems in French and Turkish, aiming to introduce Iranian culture and literature. In addition, he kept pace with the innovations of Westernised Turkish poetry in his own poems and wrote works reflecting the artistic characteristics of his period. Hüseyin Dâniş, who taught Persian at the Mekteb-i Sultânî and Darülfünun for many years, also closely followed Western poets and critics. In this vein, through his translations from Western literature, he drew attention to developments in the fields of art and literature in Europe and made theoretical contributions to Turkish literature. While continuing to use classical forms such as ghazals, odes and quatrains, he also incorporated forms from Western literature such as sonnets and terzinas into his poetry. Influenced by Tevfik Fikret, the prominent poet of the period, he accorded special importance to Tevfik Fikret in his artistic life. Hüseyin Dâniş, who was raised in a classical culture, exemplifies the strong influence Tevfik Fikret had during his time and the inspiration he provided to many poets through the respect he had for Tevfik Fikret's personality and the interest he directed towards his art. It also points to the dominance that the Servet-i Fünûn understanding of poetry gained during that period.

In this context, the paper will explain the artistic understanding of Hüseyin Dâniş, who can be considered one of the Servet-i Fünûn poets, and will address Tevfik Fikret's influence on the poet. The artistic interaction between the two poets during a period when a powerful school of thought was forming in Turkish literature will be presented.
Keywords: Hüseyin Dâniş, Tevfik Fikret, Servet-i Fünun, Influence.

GİRİŞ

Asıl adı Mirza Hüseyin olan Hüseyin Dâniş, 1870 yılında İstanbul'da dünyaya gelir. Babası, 1850'li yıllarda İstanbul'a yerleşmiş İsfahanlı bir tüccar olan Mehmed Haşim Efendi; annesi ise Mısırlı prens Mustafa Fazıl Paşa'nın himayesinde yetişmiş Çerkes Fatma Hanım'dır.

Hüseyin Dâniş, ilk eğitimine İstanbul'da mahalle mektebinde başlar. Bu sırada babasından Farsça okuyup yazmayı öğrenir. Rüştiye eğitimini tamamladıktan sonra bir müddet Mekteb-i Mülkiye'ye devam eder ancak yarıda bırakır. Beyoğlu'nda Institution Française adlı bir okula devam edip burada iki sene Fransız edebiyatı dersleri alan Dâniş, daha sonra Arapça ve Farsçasını geliştirmek için İstanbul'da faaliyet gösteren Debistân-ı İrâniyân adlı okula başlar. Bir süre sonra buradan da eğitimini tamamlamadan ayrılır (Hüseyin Daniş, 2022: 28).

Hüseyin Dâniş yüksek bir tahsili tamamlamaya muvaffak olamasa da yirmi dört yaşına kadar devam ettiği okullarda aldığı dersler ve özel gayretleriyle kendini yetiştirmeyi başarır. Fransızca ve İngilizceden çeviriler yapabilecek kadar bu dillere hâkim olan, Türkçe ve Farsça eserler yazan şair, aynı zamanda bu dillerin edebiyatları üzerinde derin bir bilgi sahibi olur. Edebiyat dünyasına ilk adımı atması ise *İkdam* gazetesinin yayın heyetine girmesiyle olur. Bu gazetede şiir yayımlamayan Dâniş; hikâye, makale ve çeviri türünde yayınlara imzasını atar. Gazetede Fransız edebiyatı ve şairleri hakkında bilgi veren makaleleri de dikkat çekici bir sayıdadır.

Gazete ve dergilerde imzasının görülmeye başladığı bu yıllarda Hüseyin Dâniş, "Klâsikler tartışması" diye edebiyat tarihinde yer alan tartışmada adından söz ettirir. Ahmet Mithat Efendi tarafından başlatılan ve dönemin birçok tanınmış şahsiyetinin katıldığı tartışmaya Dâniş de *İkdâm ve Malûmat*'tan cevaplar verir. Klâsikler çerçevesinde ileri sürdüğü görüşler, tartışmaya yol açan metinler arasında değerlendirilir (Kaplan, 1998).

Daniş, *İkdâm* ve *Malûmat*'taki yazılarının yanı sıra *Hazine-i Fünûn* ve *Mekteb*'de şiirler yayımlar. Ardından *Servet-i Fünûn* dergisine de "Hüseyin Dâniş" imzasıyla şiirler vermeye başlar. Böylelikle şair kimliğiyle dönemin son derece önemli bir dergisinde yer alan şairin, buradaki ilk şiiri *Servet-i Fünûn* dergisinin 367. sayısında "Bir Aile Hâtırası" başlığıyla 24 Mart 1898 tarihinde yayımlanır. 1898 yılında neredeyse her hafta dergiye şiirler veren şair, 1899'un sonlarına kadar şiirlerini yayımlatmayı sürdürür. *Servet-i Fünûn*'da Dâniş'in makalelerine de rastlanır. *Servet-i Fünûn*'da şiirlerini yayımladığı bu devrede, çevirileriyle de dikkat çeker. Türk edebiyatında derin ilgi uyandıran ve birçok kez çevirisi yapılan Alphonse de Lamartine'nin Le Lac (Göl) şiirini çevirerek 1897'de *Resimli Gazete*'nin 50. sayısında yayımlar. Ardından Lamartine'in *Raphaél* adlı eserini çevirir. Ayrıca, edebiyat dünyasında adını yeni duyurduğu bu yıllarda Doğu ve Batı edebiyatlarıyla ilgili yazmış olduğu makalelerini ve Batı edebiyatından bazı tercümelerini *Nevâ-yı Sarîr* ismiyle 1899'da yayımlar (Tiken, 2015: 12).

Türkçe ve Farsça şiirler yazan Dâniş, *İkdam* ve *Servet-i Fünûn* dışında birçok dergi ve gazetenin yazar kadrosuna dâhil olur. Şairin *Mekteb*, *Hazine-i Fünûn*, *Resimli Gazete*, *İctihâd, Malûmat*, *Peyâm*, *Peyâm-ı Edebî*, *İleri, Edebiyât-ı Umumiyye Mecmuası* ve *Rübab*'da imzası görülür. Şiirlerini 1925 yılında *Kârvân-ı Ömr* adıyla bir araya getiren Dâniş'in şiirlerinde Servet-i Fünûn döneminin etkisi görülür. Aşk, sevgili, hüzün ve tabiat izlekli şiirlerinde dönem şairleriyle ortak duyarlılık yansıtan şair, şiirlerinde biçim bakımından da yeniliklere açık kapı bırakır. Oldukça ağır ve süslü bir dile sahip olan şair, Farsçanın söz varlığından geniş ölçüde yararlanır.

Hüseyin Dâniş'in Tevfik Fikret Üzerine Görüşleri

Türk edebiyatında şiir, eleştiri ve hikâye türünde verdiği eserlerle döneminde adından söz ettirmeyi başaran Hüseyin Dâniş, Abdülhak Hamid, Tevfik Fikret, Rıza Tevfik ve Süleyman Nazif gibi dönemin ünlü isimleriyle dostluklar kurar. Dönemin bir başka önemli şairi Cenâb Şahabeddin ve Ali Kemâl ile birlikte Darülfünun'da hocalık yapar. Mekteb-i Mülkiye'de bir müddet Recaizâde Ekrem'in ve Mizancı Murad'ın öğrencileri arasında eğitim görür. (Hüseyin Dâniş, 2022: 28). Damat Mahmut Paşa'nın oğulları Prens Sabahattin ve Lütfullah Beylere özel hocalık yapan Hüseyin Dâniş, Damat Mahmut Paşa'nın çocuklarıyla birlikte Avrupa'ya firarında onlara eşlik edecek kadar yakınlık kurar. (Kuran, 2000: 168).

Döneminde sanat, edebiyat ve siyaset dünyasının öne çıkan simalarıyla bir araya gelen Hüseyin Dâniş'in Tevfik Fikret ile dostluğu dikkat çekicidir. Hüseyin Dâniş, üzerinde büyük bir tesir bırakan Tevfik Fikret için iki şiir kaleme almış, *Nevâ-yı Sarîr* ve *Hediyye-i Sâl* adlı iki eserini ona ithaf etmiştir. Ayrıca Tevfik Fikret'in Türk edebiyatındaki önemini ifade eden değerlendirmelerde bulunmuştur. Onun Türk edebiyatının büyük bir şairi olduğuna işaret eden Hüseyin Dâniş şiirlerinde ve yazılarında şairden saygı ve övgüyle söz etmiştir. Şairin ölümü üzerine kaleme aldığı "Tevfik Fikret" adlı şiiri ve Tevfik Fikret'i eleştirenlere cevap olarak "Tevfik Fikret'in Muârızlarına" başlığıyla yayımladığı şiiri, Hüseyin Dâniş'in şaire gösterdiği saygının yansımalarıdır. Buna mukabele ederek Tevfik Fikret de, Hüseyin Dâniş'ten övgüyle söz eden ifadeler kaleme almıştır.

Servet-i Fünun'un yazar kadrosunda yer aldığı dönemde Hüseyin Dâniş,1899 yılında *Nevâ-yı Sârîr* adlı eserini Tevfik Fikret'e ithaf ederek yayımlar. Bu eser, Hüseyin Dâniş'in daha önce yayımlamış olduğu makalelerden oluşmaktadır. Doğu ve Batı edebiyatının ele alındığı, İran şairleri ile Fransız sanatçıların edebî akımlar çerçevesinde incelemelerinin yapıldığı *Nevâ-yı Sarîr'*de, tarih ve müverrih ile ilgili makalelerin yanı sıra bazı tercümeler de mevcuttur (Sürücü, 2022). Eserini, "Edîb-i muazzez Tevfik Fikret Beyefendi'ye" diye ithaf ederek şu ifadelere yer verir:

> "Refik-i mesleğim,
> Yazılmış ve evrâk-ı matbuatta neşrolunmuş iken tabiatın mevâlid-i ânisi gibi henüz ferdâ-yı neşrinde fenaya mahkûm olan o matbuat ile birlikte silk-i mensiyâta geçmiş makâlatımdan intihâb ettiklerime bir risâle şekli vererek nâm-ı ercümend-i edibanenize ithafa cür'et ettim. Ufk-ı edebiyemizde bir fecr-i müşa'şa'ın –ki kaleminizin serptiği reşehât-ı beyânı onun bir bâkûre-i nüvid-âveridir- karîben infilâkını hissettiğim için vaktiyle yazdığım şeylerin daha geçkin bir hâle gelmeden, devr-i fertûtîye vâsıl olmadan neşrini tensîb ettim. Ömr-i ebede mazhar olamayacak eserlerin -ezhâr-ı çemen-ârâ gibi- mevsiminde açılıp solması daha tabîat-pesenttir.
> Bu da bir şükûfe-i hazânîdir: Mâzîye âid bir iki nefha-i yâd-ı dil-pezir ile rûh-ı şâiranenizi ta'tîr edebilirse müellifi cidden bahtiyârdır." (Hüseyin Dâniş, 1315; Tevfik Fikret, 2021: 1618).

Hüseyin Dâniş'in Tevfik Fikret'e karşı oldukça saygılı bir dille yaptığı bu ithafa Tevfik Fikret, bir açık mektupla cevap verir. Hüseyin Dâniş, şairin ifadelerini *Nevâ-yı Sarîr*'in başına ekleyerek eserini yayımlar. Tevfik Fikret, Hüseyin Dâniş için şu sözleri söyler:

> "Kitabınızı teşkîl eden makâlat-ı müfideyi bundan evvel neşrolundukları evrâk-ı matbûâtta parça parça okumuştum…
> Maksadım makâlâtınızın o "bir kısm-ı neşriyât-ı edebiyemiz" arasında cidden hâ'iz-i kıymet olduğunu söylemekti. Hâ'iz-i kıymet her şey için bezl olunan bunca ta'rizâttan bu makâlelerin masûn kalmış olması şâyân-ı hayret bir eser-i tâli'dir. Şu mazhariyeti bunların hey'et-i mecmûası için *Nevâ-yı Sarîr* için de temenni ederim.
> *Nevâ-yı Sarîr'*inizi bahş ve ithâf için intihâb ettiğiniz nâmın sâhibi bu iltifâtın altında ezildiğini i'tirâf ederse inanınız. Böyle hakîki bir mahsûl-i tedkîk ve tetebbu'un bir mahsûl-i iktidârın bütün eser-i ma'rifeti, iki boş kâfiye arasında âvâre-ser koşmaktan ibâret olan ve bu hakîkati nefsine karşı mahcûb ve aciz, ammâ dâimâ tekrâr eden bir bedbaht kaleme, bir bî-nasîb-i fen ve hikmete ihdâ' edilmesinde ne acı bir perde-i istihzâ'-yı şuûn var, bilir misiniz?" (Hüseyin Dâniş, 1315; Tevfik Fikret, 2021: 1619).

Nevâ-yı Sarîr'den sonra Hüseyin Dâniş'in Tevfik Fikret'e ithaf ettiği diğer eseri 1914 yılında yayımladığı Farsça manzumesinin yer aldığı *Hediyye-i Sâl* adlı risalesidir. "Tevfik Fikret Bey'in nâm-ı ercümendine ithâf" ifadesinin ardından Farsça bir beyite yer verir. *Hâfız Divanı*'ndan bir beyitteki "bülbül" kelimesini "Fikret" diye değiştirerek "Ağla ey Fikret, eğer benimle dostluğun varsa, çünkü biz iki ağlayan şairiz ve işimiz inlemektir" anlamındaki şu mısralarla şaire olan sevgisini dile getirir:

"Bi-nâl *Fikret* eger bâ menet ser-i yâr'ist
Ki mâ du' âşık-ı zârîm u kâr-ı mâ zâri'st" (Hüseyin Dâniş, 1330).

Hüseyin Dâniş, Tevfik Fikret'e olan sevgisini ve saygısını şairin ölümünün hemen ardından kaleme aldığı "Tevfik Fikret" adlı şiirinde de dile getirir. Onun Türk şiiri için büyük bir iftihar kaynağı olduğunu belirten mısraların yanı sıra şairin ölümünden duyduğu üzüntüyü ifade eder:

"…
Derûnunda yanan âteş onun nâr-ı mukaddesti,
Hurâfâtı yakıp kül etti cân-perver lehîbiyle;
Mezâhirden doğan her fikri, bir şeh-kâr-ı enfesti.
Değer Türk iftihâr etse bu zî-kudret edîbiyle.

Ganîmet bildiği ömr-i semîni şi're harc etti,
Yarattı hep bedâyi', hep nefâ'is, bikr ü rengârenk;
O, aheng-i terakkîyi nevâ-yı târe mezc etti,
Dedi şâ'irlere: işte budur san'at, budur âhenk!

Severdi emr-i vicdânı, o bir münkâd-ı vicdândı,
Dil-i mecrûhuna ba'zen hazîn bir şi'r merhemdi;
Perîşânîsini gördükçe eyyâmın perîşândı,
Cihân efsürde kâm oldukça "Fikret" zâr u derhemdi.

Rübâb"ın savtını edvâr-ı istikbâle nakl eyler,
O ses mahsûr olup kalmaz bir İstânbûl hisârında.
Sanırdım bir gün arkamdan benim "Fikret" dirîğâ! der,
Dirîğâ! Ben derim şimdi onun pîş-i mezârında." (Hüseyin Dâniş, 1925).

Hüseyin Dâniş'in Tevfik Fikret için kaleme aldığı bir başka şiiri "Tevfik Fikret'in Muârızlarına" başlığını taşır. Tevfik Fikret, Türk şiirinde yeniliklerin öncüsü bir şair olarak büyük bir beğeni kazandığı kadar, düşüncelerinden dolayı bazı eleştirilere de muhatap olmuştur. 1919 yılında yazdığı şiirinde, Tevfik Fikret karşıtlığına tepki gösterir. Şairin ilerici yönüne dikkat çeker, sanatının gücüne vurgu yapar. Şiirinde şu mısralara yer verir:

"Fikret'i tel'în edenler, hevl ile, feryâd ile
Bir şey isbât eylemezler dînden istimdâd ile.

Şi'r dâ'im şi'rdir, her kayddan âzâdedir;
Şâ'iriyyet zabt edilmez habl-i istibdâd ile.

Dâ'im evzâ-ı gerdûn rû-be-istikmâldir,
Kimse kâni' olmaz artık sîret-i ecdâd ile.

Fikret'in yazdıkları Furkân değildir, şi'rdir;
Kimse dîn etmez ta'allüm ondan istişhâd ile.
…
Etmem inkâr-ı mezâyâ-yı selef, lâkin derim:
Varsa var ancak terakkî Fikret'i âzâd ile." (Hüseyin Dâniş, 1925).

Hüseyin Dâniş'in, Tevfik Fikret ile ilgili düşüncelerini ifade ettiği bir yazısı, şairin ölümünün ikinci yıldönümü dolayısıyla *Muallim Mecmuası*'nın özel sayısında yayımlanır. Hüseyin Dâniş, yazısında şairle yakınlığından söz eder. Tevfik Fikret'in vefatının Türk edebiyatı için büyük bir kayıp olduğunu dile getirir. Yazısında şu ifadelere yer verir:

> "Dört, beş sene kadar merhûm Tevfik Fikret'in rüfekâ-yı mesâîsi arasında muntazaman bulundum. Mesleğini meslek edindim. Bu müddet zarfında merhûmun ancak bir fikir ile müteharrrik olduğunu, ancak bir rûh ile yaşadığını, bütün varlığı yalnız bir hayal ile meşbu, bütün mevcûdiyeti yalnız bir emele mevdu bulunduğunu gördüm ki o da esâsını kurduğu "Yeni Edebiyat"ı yaşatabilmek ve ondan ümit ettiği semerâtı, velev kısmen olsun, kendi hayatında kendi eliyle iktitâf etmekti.
>
> Hiç unutmam, zaman 1899 sene-i milâdiyesinin fasl-ı şitâsına ve Servet-i Fünûn'un açtığı devr-i cedîd-i edebînin üçüncü senesine müsâdifti. O sıralarda Tevfik genç, dinç, lisanı hadîdi nâsiyesi parlak ve besîm, kaviyyü'l-bünye, nazarı mâtuf-ı tefekkür bir sevdâzede-i tabîattı. Fırsat buldukça açtığı yeni meslek hakkında muhâvereler, münâkaşalar eder ve efkârını muhâtabına daima âteşîn bir lisân ile ifade eylerdi. Tevfik sözünde ihtiyât-pesend olduğundan konuşmadığı müddetçe rûhunu yakan âteş-i cevvâl-i san'at kalıb-ı raşin-i cismâniyesinden pek anlaşılmazdı. Lâkin konuşmaya başlayınca gıdâsı kâmilen muhabbet, vâsıta-i tahayyülü muhabbet, lerze-i huzûzu muhabbet, râşe-i tehevvürür muhabbet, vecd-i dâimîsi muhabbetten ibaret bir vücûd-ı nâzenîn olduğunu gösterirdi. Nerede şimdi sâha-i edebde öyle bir nefha-i cân-bahş!...
>
> Şimdi iki senedir Tevfik aramızda yoktur. Üstâd Ekrem de ondan evvel göçtü; Tevfik hakkında beslediği hüsn-i tekrîm ve takdîri defaâtle Üstâd Ekrem'in lisânından bizzât işitmiştim. Bugün de eski, yeni bütün mesâlik-i edebîye müntesiblerinin ihtilâf-ı fikr ü nazâr-ı bir tarafa bırakarak Fikret'in nâm-ı bülendi etrafında kâffeten ittihâd eylediklerini ve bu ittihâd sayesinde vatanlarına biraz daha ziyâde merbutiyet, insâniyyete biraz daha ziyâde muhabbet duyduklarını görüyorum ki, bu da memleket için az istifâde değildir. Dehânın önünde teşettüt-i efkâr güneşe mâruz karlar gibi dâima erir gider." (Hüseyin Dâniş, 2015).

Hüseyin Dâniş'in Tevfik Fikret'e yönelik sözleri, derin bir sevginin ve saygının ifadeleridir. Servet-i Fünûn'un büyük şairine ölümünden sonra da gösterdiği vefa dikkat çekicidir.

SONUÇ

İran asıllı bir şair olan Hüseyin Dâniş; eleştiri, hikâye, şiir, sözlük ve çeviri çalışmalarıyla Türk edebiyatına katkı sağlamış, üzerinde Servet-i Fünûn etkisinin belirgin olduğu Türkçe şiirler kaleme almıştır. Dönemin öne çıkan şairleriyle dostluklar kuran Hüseyin Dâniş, Tevfik Fikret'e yönelik beğenisini ve saygısını şiir ve yazılarıyla ifade etmiştir. Tevfik Fikret'i Türk şiirinin büyük bir şairi olarak görmüş, şairin düşünce dünyasıyla da önemli bir sima olduğuna vurgu yapmıştır. Sonuç olarak Hüseyin Dâniş'in şiir ve yazılarında dile getirdiği ifadeler, Tevfik Fikret'in döneminde oldukça güçlü bir etkiye sahip olduğunu ve birçok şaire ilham verdiğini örnekler. Servet-i Fünûn döneminde şairler arasında dikkat çekici bir etkileşimin olduğunu gösterir.

KAYNAKLAR

Hüseyin Dâniş, (1315). *Nevâ-yı Sârir*. İstanbul: Âlem Matbaaası Ahmed İhsan ve Şürekâsı.

Hüseyin Dâniş, (1330). *Hediyye-i Sâl.* İstanbul: Matbaa-i Hayriyye ve Şürekâsı.

Hüseyin Dâniş, (1925). *Kârvân-ı Ömr*. İstanbul: Yeni Matbaa.

Hüseyin Dâniş, (2015). "Tevfik Fikret". *Muallim Tevfik Fikret Özel Sayısı tıpkıbasım-çeviri.* (haz. Bahanur Garan). İstanbul: Çağrı Yayınları.

Hüseyin Daniş, (2022). *Muhtasar İran Edebiyatı Tarihi ve Tartışmalar*. (haz. Mehmet Sümer). İstanbul: Kriter Yayınları.

Kaplan, R. (1998). *Klâsikler Tartışması -Başlangıç Dönemi-*, Ankara: Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı Yayınları.

Kuran, A. B. (2000). *İnkılap Tarihimiz ve Jön Türkler*. İstanbul: Kaynak Yayınları.

Sürücü, Ö. (2022). "Nevâ-yı Sârîr (Hüseyin Dâniş)", *Türk Edebiyatı Eserler Sözlüğü*. http://tees.yesevi.edu.tr/madde-detay/neva-yi-sarir-huseyin-danis. [Erişim Tarihi: 08 Aralık 2025].

Tevfik Fikret. (2021). *Tevfik Fikret Bütün Eserleri*. (haz. Nazım Hikmet Polat). İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Tiken, S. (2015). *Hüseyin Dâniş Kârvan-ı Ömr ve Kitap Dışında Kalan Şiirler*. Ankara: Serüven Kitap.

ÖĞRENME GÜÇLÜĞÜ OLAN VE OLMAYAN ÖĞRENCİLERİN YAZMA BECERİLERİNİN İNCELENMESİ

Aleyna YILMAZ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı Özel Eğitim Bölümü
ORCID: 0009-0007-9714-771X

Dr. Öğr. Üyesi Tuğba PÜRSÜN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
ORCID: 0000-0002-5436-1464

ÖZET
Bu araştırmanın amacı öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencilerin yazma becerilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Karşılaştırmalı tarama modeli ile desenlenen araştırmanın çalışma grubunu 27'si öğrenme güçlüğü tanısı almış ve 27'si tipik gelişim gösteren toplam 54 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırma verileri Yazım Hataları Formu, Çok Boyutlu Okunaklılık Ölçeği, Kopyalama ve Dikte Ettirilen Metinler aracılığıyla toplanmıştır. Elde edilen verilerin analizinde Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin hem kopyalama hem de dikte ettirilen metinlerde yazı okunaklığı açısından tipik gelişim gösteren akranlarına göre daha düşük puan aldıklarını ortaya koymuştur. Öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin kopyalama metinde harf atlama/ekleme, hece atlama/ekleme, harf karıştırma, sözcükleri bitişik/ayrı yazma, sözcük atlama/ekleme, sözcüğü yanlış yazma ve imla hatalarının tipik gelişim gösteren öğrencilere göre anlamlı düzeyde farklılaştığı tespit edilmiştir. Dikte ettirilen metinlerde ise hem öğrenme güçlüğü olan hem de tipik gelişim gösteren öğrencilerin hece atlama/ekleme, sözcükleri bitişik/ayrı yazma, satır sonunda hece ayırma ve sözcük atlama/ekleme hataları yaptıkları belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Öğrenme Güçlüğü, Yazma Becerisi, Yazım Hatası, Yazı Okunaklığı

AN EXAMINATION OF THE WRITING SKILLS OF STUDENTS WITH AND WITHOUT LEARNING DISABILITIES

ABSTRACT
The aim of this study is to examine the writing skills of students with and without learning disabilities in a comparative perspective. The study group for the research, designed using a comparative screening model, consisted of a total of 54 students, 27 of whom had been diagnosed with learning disabilities and 27 of whom showed typical development. Research data were collected through Spelling Errors Form, Multidimensional Legibility Scale, Copied and Dictated Texts. The Mann-Whitney U test was used in the analysis of the obtained data. Students with learning disabilities had lower scores than their typically developing peers in terms of legibility in both copied and dictated texts. It was found that students with learning disabilities were significantly different from typically developing students in terms of omitting/adding letters, omitting/adding syllables, mixing up letters, writing words together/separately, omitting/adding words, misspelling words, and making spelling mistakes when copying text. In dictated texts, both students with learning disabilities and typically developing students made errors in skipping/adding syllables, writing words together/separately, separating syllables at the end of a line, and skipping/adding words.
Keywords: Learning Disability, Writing Skill, Spelling Error, Legibility

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

KONTEYNER KENTTE KALAN 6. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN FEN KONULARINDA YAŞADIKLARI ZORLUKLAR VE ÇÖZÜMLERİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA

Aysun ÇELİK
Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi
ORCID: 0009-0008-0246-7751

Merve BOZAT
Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi
ORCID: 0009-0000-7351-9610

Medine KURTARAN
Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi
ORCID: 0009-0008-9887-0691

Prof. Dr. Murat AYDIN
Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi
ORCID: 0000-0001-6013-0411

ÖZET

İnsanoğlu var olduğu günden beri neredeyse her dönem deprem, yangın, sel, tsunami gibi çeşitli doğal afetler ile karşılaşmıştır. Doğal afet, insanoğlunun var olduğu yerlerde fiziksel, ekonomik gibi maddi kayıplar yanında sosyal kayıplar oluşturan normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran ya da kesintiye uğratan ve bu durumdan etkilenen insanların baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa olayları şeklinde ifade edilebilir. 6 Şubat 2023 tarihli asrın felaketi olarak nitelendirilen depremlerde insanlarda hem maddi hem de manevi açıdan oldukça fazla yaralar açtığı bir gerçektir. Her ne kadar depremin ilk etkileri fiziksel yıkımla başlasa da daha sonraki aşamalarda psikolojik yıkıma yol açmaktadır. Bu araştırmanın amacı, konteyner kente yaşayan 6. sınıf öğrencilerinin fen konularında yaşadıkları zorlukları belirleyerek, basit deneyler yardımıyla giderilmesine katkı sağlamaktır. Ayrıca, deprem dolayısıyla yaşadıkları zorlukları göz önüne alarak derslerine yönelik ilgilerini canlandırmak, grupla çalışarak iletişim becerilerini arttırmak, yaparak yaşayarak öğrenmeyi de amaçlamaktadır. Araştırmanın çalışma grubunu Adıyaman İli K-1 Konteyner kentte yaşayan 16 gönüllü ortaokul 6. Sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak bu öğrencilerin fen konularında zorlandıklarını belirlemek için araştırmacılar tarafından geliştiren anket uygulandı. Anket verilerine ve gözlemler sonucu elde edilen bilgiler ışığında yapılacak basit deneyler planlandı. Uygulama esnasında öğrenciler beş ve altılı olacak şeklide üç gruba ayrıldı. Her grubun başında araştırmacılardan (öğretmen adaylarından oluşan) birer görevli bulunması sağlandı. Daha sonra öğrencilerin anlamlı öğrenmelerini sağlamak amacıyla tahmin et açıkla tekniği yardımıyla ilgili deneyler birlikte yapıldı. Daha sonra yine araştırmacılar tarafından hazırlanan anket uygulandı. Deneylerin yapılışı esnasında araştırmacıların öğrencilerin ilgilerinin gözlemleri ve ankete verdikleri yanıtların analizi yapıldı. Elde edilen veriler frekans ve yüzdelerine ayrılarak tabloya işlendi. Öğrencilerin genel anlamda öğretmen adayları ile birlikte deney yapmalarından çok mutlu oldukları saptandı. En çok gezegenler modeli ile ilgili deneylerden keyif aldıklarını ifade ettikleri görüldü. Yine ileride bu deneylerin kendilerine faydalı olabileceğini ifade eden öğrencilerin yüzdesi seksen olarak tespit edilmiştir.

Deney esnasında öğrencilerin ekip arkadaşları ile uyumlu biçimde ve herkesin bir şeylerin uçundan tutmaya çalışmaları öğrencilerde projede çalışma kültürünün geliştirilmesi bakımından önemli olduğu söylenebilir. Bu araştırmanın sonuçları ışığında depremden etkilenen çocukların eğitim süreçlerine katkı sağlayacağı ve benzer durumdaki diğer çalışmaların yapılmasının yararlı olabileceği önerilebilir.
Anahtar Kelimeler: Deprem, Fen Eğitimi, Ortaokul Öğrencileri, Konteyner Kent.

AN INVESTIGATION INTO THE CHALLENGES FACED BY SIXTH-GRADE STUDENTS LIVING IN CONTAINER CITIES IN LEARNING SCIENCE AND PROPOSED SOLUTIONS

ABSTRACT
Since the existence of humankind, people have faced various natural disasters such as earthquakes, fires, floods, and tsunamis throughout history. Natural disasters can be defined as natural events that cause physical, economic, and social losses, disrupt or interrupt normal life and human activities, and exceed the coping capacity of the affected individuals. The earthquakes that occurred on February 6, 2023-referred to as the “disaster of the century”-left deep wounds on people both materially and spiritually. Although the initial effects of the earthquake manifested as physical destruction, it subsequently led to psychological devastation as well. The purpose of this study is to identify the difficulties experienced by 6th-grade students living in container cities in learning science topics and to contribute to overcoming these difficulties through simple experiments. Additionally, it aims to rekindle their interest in science lessons considering the challenges caused by the earthquake, enhance their communication skills through group work, and promote learning by doing and experiencing. The study group consisted of 16 volunteer 6th-grade students residing in the K-1 Container City in Adıyaman Province. As a data collection tool, a questionnaire developed by the researchers was applied to determine the students’ challenges in science subjects. Based on the questionnaire results and observations, simple experiments were planned. During implementation, the students were divided into three groups of five or six members, each supervised by one researcher (teacher candidate). The experiments were conducted collaboratively using the “predict–explain” technique to ensure meaningful learning. Afterward, another questionnaire prepared by the researchers was administered. The data obtained from the students’ responses and researchers’ observations were analyzed by calculating frequencies and percentages. The findings indicated that students were generally very happy to conduct experiments with the teacher candidates. It was observed that they particularly enjoyed the experiments related to the planetary model. Moreover, 80% of the students stated that these experiments could be beneficial to them in the future. The fact that students worked harmoniously with their teammates and each took an active role suggests that the project contributed positively to developing a sense of collaboration. In light of the findings, it can be suggested that this study contributes to the educational processes of children affected by earthquakes and that similar studies would be beneficial in comparable situations.
Keywords: Earthquake, Science Education, Middle School Students, Container City.

GİRİŞ
Doğal afetler, insanoğlu var olduğundan beri insanlığı etkilemektedir. Doğal afetler tüm kişisel eşyaları ve altyapıyı yok edebilir ve insanları zorlu ortamlardan korunma imkanından yoksun bırakabilir (Oshiro vd., 2022). Depremler özellikle tsunamilerle ilişkili olduğunda, diğer tüm afetlerin toplamından daha fazla insanın ölümüne neden olmuştur (Peleg vd., 2002).

Her yıl dünyanın çeşitli bölgelerinde milyonlarca deprem meydana gelmektedir. Gece, insanların evlerinde uyurken meydana gelen depremler, tsunamiler ve seller, genellikle gündüz meydana gelen afetlerden daha fazla yaralanmaya ve ölüme neden olmaktadır (Oshiro vd., 2022). Ülkemizin yaşadığı 6 Şubat depremleri gibi büyük ölçekli doğal afetler, dünyanın dört bir yanındaki toplumları ölümler, insanların yerinden edilmesi, fiziksel sermaye ve altyapıya verilen zararlardan dolayı etkiler (Barone ve Mocetti, 2014). Doğal afetlerin en acı sonuçlarından biri de insan hayatının kaybıdır. Özellikle deprem gibi büyük çaplı doğal afetler binlerce can kaybına neden olabilir. Birçok yapı hasar görür veya yıkılabilir. Alderman vd.(2006) bu kayıpların toplumun duygusal ve ruhsal sağlığı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu ifade etmektedirler. Ayrıca, binaların yıkımı toplumların büyük ekonomik kayıplarına sebebiyet verebilir (Hebebci., 2023).

Eğitim, deprem gibi afetlerden en çok etkilenen alanlardan biri olduğu bilinmektedir (Baytiyeh, 2018). Hebebci (2023)'ye göre afetlerin eğitim üzerindeki etkisi üç kategoriye ayrılabilir: eğitimciler, öğrenciler ve eğitim tesisleri. Afetler, öğrencileri ve öğretmenleri fiziksel, psikolojik ve sosyal olarak etkileyebilir. Öğrenciler ve öğretmenler afetler nedeniyle hayatını kaybedebilir ve fiziksel ve psikolojik sağlık sorunları yaşayabilir. Eğitim altyapısı ve tesisleri zarar görebilir, bu durum öğretim tesislerine erişimi sınırlandırabilir (Liu vd.,2019). Deprem gibi bir afet sırasında, eğitim kurumları hasar görebilir veya yıkılabilir (Nguyen ve Minh Pham, 2018). Bu durum eğitim süreci üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Ayrıca öğrencilerin eğitim faaliyetlerine erişimini sınırlar (Baytiyeh, 2018). Afetlerin ardından ailelerin çadır ve konteyner gibi geçici yaşam alanlarında konaklaması ve eğitim tesislerinin yetersizliği, öğrencilerin düzenli olarak eğitim faaliyetlerine katılmasını engeller. 2020 yılında Peru'da meydana gelen depremlerde okul hizmetlerindeki aksaklıkların, özellikle yoksul ailerin çocuklarında daha fazla olumsuz etkisinin olduğu saptandı (Segarra-Alméstica vd., 2022).

Depremler gibi doğal afetler hem öğrenciler hem de öğretmenler üzerinde fiziksel ve psikolojik etkilere sahip olabilir. Afetlerden kaynaklanan yer değiştirmeler ve yas, öğrencilerin eğitime katılımını ve odaklanmasını, öğretmenlerin ise motivasyonunu ciddi şekilde etkileyebilir. Ayrıca, bu tür olaylar, özellikle travmatik olaylar yaşamanın stresini yaşayan öğrenciler ve öğretmenler üzerinde olumsuz bir etki yaratabilir ve bu da öğrenme sürecini olumsuz etkileyebilir (Nguyen ve Pham, 2018). 6 Şubat 2023 depremleri sonrası konteyner kentte yaşayan ortaokul öğrencilerinin yaşadıkları sorunları ve bu sorunların okula yansımalarını belirlemeye ilişkin yapılan araştırmada konteyner kentte yaşayan öğrencilerin davranış problemleri, psikolojik ve sosyal sorunlar yaşadıkları saptanmıştır (Yaylar vd., 2025). Yine aynı çalışmada dar yaşam alanının öğrencilerin ders çalışmalarını engellemekte olduğu bu nedenle de akademik başarıda düşüş ve motivasyon kaybı yaşandığı tespit edilmiştir. Yıldırım ve Dilekmen (2025) tarafından yapılan bir araştırmada deprem yaşantısının ortaokul öğrencileri üzerinde travmatik etkiler yarattığı, yoğun korku oluşturduğu, öğrencilerin öfke ve uyku problemleri yaşadıkları belirlenmiştir.

Deprem gibi doğal afetlerin yarattığı kriz anlarında, toplumun en savunmasız ve en çok etkilenen grubunu istisnasız bir şekilde çocuklar oluşturmaktadır (Yaylar vd., 2025). 6 Şubat depremlerinin ardından ortaya çıkan tablo, bu gerçeği acı bir şekilde teyit etmektedir. Çocuklar üzerindeki etkiler, anlık fiziksel zararların çok ötesine geçerek derin psikolojik travmaların yanı sıra, bilişsel ve duygusal gelişim yörüngelerinde sapmalara ve kalıcı öğrenme kayıplarına yol açma riski taşımaktadır.

6 Şubat depremlerin ardından yaşanan yaygın barınma sorunu, on binlerce ailenin geçici yaşam alanları olan konteyner kentlere yerleşmesini zorunlu kılmıştır. Bu yeni yaşam düzeni, özellikle öğrenciler için mevcut travmalarına ek olarak bir dizi yeni ve ciddi zorluğu da beraberinde getirmiştir.

Konteyner kentlerin fiziksel ve sosyal ortamı, öğrencilerin eğitim süreçlerini doğrudan etkileyen kendine özgü sorunlar yaratmıştır. Yapılan araştırmalar (Yaylar vd., 2025), bu ortamın fiziksel kısıtlılıklar, mahremiyet ihlalleri, akademik gerileme ve psikososyal bozulmayı içeren ve birbirini besleyen bir dezavantajlar sendromu yarattığını ortaya koymaktadır.

Depremlerin eğitim üzerindeki genel etkileri literatürde belgelenmiş olsa da, özellikle konteyner kentlerde yaşamını sürdüren öğrencilerin karşılaştığı spesifik sorunlara odaklanan çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Bu araştırma, bu alandaki önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Çalışmanın önemi, yalnızca genel eğitim sorunlarını değil, aynı zamanda belirli bir ders ve yaş grubundaki derinlemesine dinamikleri anlamaya yönelik özgün yaklaşımında yatmaktadır.

Araştırmanın Fen Bilimleri dersine odaklanması tesadüfi değildir. Fen Bilimleri, doğası gereği soyut düşünme becerisi, sürekli dikkat, deney ve materyal kullanımı gerektiren bir alandır. Konteyner kentlerin ders çalışmak için özel bir alanın, sessizliğin ve kaynakların kısıtlı olduğu bozucu ortamı, bu dersin öğrenimini diğer derslere kıyasla daha savunmasız hale getirmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin Fen Bilimleri'nde yaşadıkları güçlükleri tespit etmek, afet sonrası eğitimde karşılaşılan zorlukların niteliğini anlamak için kritik bir gösterge niteliği taşımaktadır. Çalışma grubunun 6. sınıf öğrencileri olarak belirlenmesi de stratejik bir öneme sahiptir. Bu dönem, öğrencilerin temel bilimsel kavramlarla tanıştığı, analitik düşünme becerilerini geliştirmeye başladığı ve bilime karşı tutumlarının şekillendiği kritik bir geçiş evresidir. Bu aşamada yaşanacak öğrenme güçlükleri, öğrencinin ilerleyen yıllardaki akademik yörüngesini kalıcı olarak etkileyebilir. Dolayısıyla, bu özel ve konu temelli zorlukları anlamak, yalnızca mevcut durumu tespit etmek için değil, aynı zamanda geleceğe yönelik hedefe odaklı ve etkili eğitimsel müdahaleler geliştirmek için de hayati bir zorunluluktur.

Bu araştırmada konteyner kente yaşayan 6. sınıf öğrencilerinin fen konularında yaşadıkları zorlukları belirleyerek, basit deneyler yardımıyla giderilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, deprem dolayısıyla öğrencilerin yaşadıkları zorlukları göz önüne alarak derslerine yönelik ilgilerini canlandırmak, grupla çalışarak iletişim becerilerini arttırmak, yaparak yaşayarak öğrenmelerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

YÖNTEM

Araştırma Deseni

Bu çalışma, nitel araştırma yöntemlerinden fenomenolojik yaklaşıma dayalı olarak tasarlanmıştır. Araştırmanın amacı, Adıyaman ili K1 konteyner kentinde yaşayan 6. sınıf öğrencilerinin fen bilimleri konularında yaşadıkları güçlükleri derinlemesine incelemek ve bu güçlükleri gidermeye yönelik geliştirilecek basit deney uygulamalarının öğrenme süreçlerine katkısını ortaya koymaktır. Bu doğrultuda araştırma, betimsel bir nitel süreç ile uygulamalı (intervention) bir süreci bir arada içermektedir.

Araştırmanın çalışma grubunu, K1 konteyner kent kütüphanesi ve ders çalışma ofislerini kullanan gönüllü 6. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Yetkililerle yapılan ön görüşmeler sonucunda öğrencilerin fen bilimleri derslerinde ek desteğe ihtiyaç duydukları belirlenmiştir. Bu doğrultuda amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmış ve araştırmaya 16 gönüllü öğrenci dâhil edilmiştir.

Veri Toplama Araçları ve Süreci

Veriler, sözlü ve yazılı veri toplama tekniklerinin birlikte kullanıldığı yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla elde edilmiştir. Öğrencilere 20–25 dakika süren kısa 13 sorudan oluşan yazılı sorular yöneltilmiştir. Elde edilen veriler tablo 1 de görülmektedir.

Tablo 1. Deney Öncesi Elde Edilen Verilerin Frekans ve Yüzde Dağılımları

Sorular	**Öğrenci İfadeleri**	**N**	**%**
1. Fen bilimleri dersinde yaşadığınız zorluklar nelerdir?	Maddenin doğası	1	0.625
	Basınç konusu	2	12.50
	Sabit hız	1	6.25
	Güneş sistemi	2	12.50
	Deney yaparken patlar korkusu	1	6.25
	Elektrik yükü	1	6.25
	Solunum sistemi	2	12.50
	Sürtünme kuvveti	1	6.25
	Bilmem, yok.	5	31.25
2. Fen bilimleri dersinde en sevdiğiniz konu hangisidir?	Basınç	2	12.50
	Elektrik	3	18.75
	Gezegenler	11	68.75
	Sürtünme kuvveti	-	-
3. Deney yaparken kendini güvende hissediyor musun?	Evet	16	100
	Hayır	-	-
4. Fen bilimleri dersine karşı ilgini arttıran şeyler nelerdir?	Deneyler	3	18.75
	Elektrik	3	18.75
	Birçok şey	2	12.50
	Gezegenler	2	12.50
	Teknoloji	2	12.50
	Yok	4	25.00
5. Fen derslerinde aktif katılım sağlıyor musun?	Evet	13	81.25
	Hayır	-	-
	Ara sıra	3	18.75
6. Fen derslerinde öğrendiğin bilgilerin günlük hayatta işe yaradığını düşüyor musun?	Evet	13	81.25
	Bazen	2	12.50
	Hayır	1	6.25
7. Evde kendi kendine fen ile ilgili küçük deneyler yaptığın oluyor mu?	Sıklıkla	2	12.50
	Bazen	10	62.50
	Hiç yapmıyorum	4	25.00
8. Deneylerle desteklenen dersleri daha iyi anladığını düşünüyor musun?	Evet	11	68.75
	Hayır	2	12.50
	Bazen	3	18.75
9. Fen derslerinde hangi deneylerin daha çok yapılmasını istersin?	Elektrik devresi	4	25.00
	Gezegenler modeli	7	43.75
	Solunum sistemi	2	12.50
	Dolaşım sistemi	-	-
	Sürtünme kuvveti	1	6.25
	İletkenlik deneyi	2	12.50
10. Deneylerde görev almaktan hoşlanır mısın?	Evet	11	68.75
	Hayır	-	-
	Bazen	5	31.25

11. Deney sırasında ekip çalışmasını nasıl buluyorsunuz?	İyi	15	93.75
	Orta	1	6.25
	Zayıf	-	-
12. Bir şeyin nasıl çalıştığını merak eder misin?	Evet	12	75.00
	Hayır	1	6.25
	Bazen	3	18.75
13. Deneylerin öğrendiklerini aklında tutmanı kolaylaştırdığını düşünüyor musun?	Evet	11	68.75
	Hayır	4	25.00
	Kısmen	1	6.25

Tablo 1 de toplanan veriler göz önüne alınarak öğrencilerin yapabilecekleri basit deneyler tespit edildi. Daha sonra basit deneyler için malzemeler temin edildi ve konteyner kentte yer alan öğrencilerin çalışma salonu olarak kullandıkları salona götürüldü. Öğrenciler uygulama esnasında beş ve altılı olacak şeklide üç gruba ayrıldı. Her grubun başında araştırmacılardan (öğretmen adaylarından oluşan) birer görevli bulunması sağlandı. Daha sonra öğrencilerin anlamlı öğrenmelerini sağlamak amacıyla tahmin et açıkla (TGA) tekniği yardımıyla ilgili deneyler birlikte yapıldı. Daha sonra yine araştırmacılar tarafından hazırlanan anket uygulandı. Deneylerin yapılışı esnasında araştırmacıların öğrencilerin ilgilerinin gözlemleri ve ankete verdikleri yanıtlar yardımıyla veri toplandı. Öğrencilerin etkinlikler esnasındaki karelerden fotoğraf Resim 1 de görülmektedir.



Resim 1. Öğrencilerin etkinlik yaparkenki görüntüleri

BULGULAR

Deneyler sonrası öğrencilerin yapılan etkinlikler ile ilgili görüşleri Tablo 2 de frekans ve yüzde dağılımları yer almaktadır.

Tablo 2. Deney Sonrası Elde Edilen Verilerin Frekans ve Yüzde Dağılımları

Sorular	**Öğrenci İfadeleri**	**N**	**%**
1. Yapılan deneylerin ileride sana faydalı olacağını düşünüyor musun?	Evet	11	68.75
	Hayır	5	31.25
2. Deney sırasında birlikte çalışırken neler hissettin?	İyi ve güzel hissettim	12	75.00
	Bilmiyorum	4	25.00
3. Deneyler yapılırken güvenlik kurallarına uyuldu mu?	Evet	9	56.25
	Bazen	7	43.75
	Hayır	-	-
4. Yapılan deneylerden en keyif aldığın deney hangisiydi?	Elektrik devresi	4	25.00
	Basınç	1	6.25
	Gezegenler modeli	6	37.50
	Solunum sistemi	1	6.25
	Dolaşım sistemi	1	6.25
	Sürtünme kuvveti	1	6.25
	İletkenlik deneyi	2	12.50
5. Yapılan deneylerden en zorlandığın deney hangisiydi?	Elektrik devresi	7	43.75
	Basınç	3	18.75
	Gezegenler modeli	-	-
	Solunum sistemi	2	12.50
	Dolaşım sistemi	-	-
	Sürtünme kuvveti	2	12.50
	İletkenlik deneyi	2	12.50
6. Deneyler esnasında ekip arkadaşlarından destek aldığın oldu mu?	Evet	6	37.50
	Ara sıra	7	43.75
	Hayır	3	18.75
7. Deney yapılırken aktif katılım sağladın mı?	Evet	11	68.75
	Bazen	4	25.00
	Hayır	1	6.25
8. Öğretmenlerin deney yaparken yeterince yardımcı olduğunu düşünüyor musun?	Evet	9	56.25
	Kısmen	7	43.75
	Hayır	-	-
9. Deneylerin yapıldığı ortam deneylere uygun muydu?	Evet	14	87.50
	Hayır	2	12.50
10. Deneyler yapılırken kendini güvende hissettin mi?	Evet	8	50.00
	Bazen	8	50.00
	Hayır	-	-

Yapılan deneylerin kendilerinin öğrenmelerine faydalı olduğunu ifade edenlerin oranı %68.75 olarak saptandı. Bu bulgu, gerçekleştirilen etkinliklerin öğrencilerin kavramsal öğrenmelerine olumlu yönde katkı sunduğunu göstermektedir. Yine öğrencilerin birlikte çalışmaktan ve etkinlik yapmaktan memnuniyet duyma yüzdeleri %75.00 olarak tespit edildi. Bu durum, öğrencilerin işbirlikli öğrenme süreçlerine karşı olumlu tutum geliştirdiklerini ortaya koymaktadır.

Deneylerde güvenlik kurallarına uyulup uyulmadığına ilişkin öğrenci görüşleri incelendiğinde, öğrencilerin %56.25'i güvenlik kurallarına uyulduğunu, %43.75'i ise bunun "bazen" gerçekleştiğini ifade etmiştir. Öğrencilerin olumsuz bir görüş bildirmemiş olması, uygulamalarda temel güvenlik önlemlerinin genel olarak benimsendiğine işaret etmektedir.

Öğrencilerin en çok keyif aldıkları deneyler ise; %37.75 ile gezegenler modeli, %25.00 ile elektrik devresi, %12.50 ile iletkenlik deneyleri olduğu belirlendi. Bu bulgu, öğrencilerin daha çok somut ve görselleştirmeye dayalı etkinliklerden hoşlandıklarını göstermektedir.
Depremzede öğrencilerin en çok elektrik devresi (%43.75) ile ilgili deneylerde zorlandıklarını ifade ettikleri görüldü. Bu durum, elektrik konularının soyut yapısı nedeniyle öğrenciler için daha fazla bilişsel çaba gerektirdiğini düşündürmektedir.
Deney sırasında ekip arkadaşlarından ara sırada olsa destek aldıklarını ifade edenlerin yüzdelik oranı %81.25 olarak saptandı. Bu bulgu yapılan etkinliklerde öğrencilerin işbirlikli çalışmaya ve öğrenmeye istekli olmalarını göstermesi bakımından önemlidir.
Yine deney yapılırken öğrencilerin %68.75'inin deneylerde aktif olarak rol aldıklarını ifade etmeleri de önemli bir bulgudur. Bu bulgu, depremzede öğrencilerin sorumluluk alma konusunda sıkıntı yaşamadıklarını göstermesi bakımından önemlidir diyebiliriz.
Öğretmen desteğine ilişkin bulgular değerlendirildiğinde, öğrencilerin %56.25'i öğretmenlerin yeterli düzeyde yardımcı olduğunu, %43.75'i ise kısmen yardımcı olduklarını belirtmiştir. Deney ortamının uygunluğuna ilişkin görüşlerde ise öğrencilerin büyük çoğunluğu (%87.50) ortamın deneyler için yeterli olduğunu ifade etmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada depremzede ortaokul öğrencilerinin fen konularında yaşadıkları zorlukları belirlenerek, basit deneyler yardımıyla giderilmesine; öğrencilerin deneylerin öğrenmelerine katkısı, işbirliği süreçleri, güvenlik algıları ve deney ortamına yönelik değerlendirmeleri ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular, mevcut alan yazını ile karşılaştırılarak burada tartışılmıştır.
Depremzede öğrencileri maddenin doğası, basınç, sabit hız, güneş sistemi, elektrik, solunum sistemi, sürtünme kuvveti gibi konularda zorlandıklarını ifade etmişlerdir (Tablo 1). Yaşar Çetin (2021) yapmış olduğu çalışmada ortaokul öğrencilerinin "Güneş — Dünya — Ay" ünitesinde yaptıkları çizim ve açıklamalarda; ay, dünya, güneş, tutulmalar, gece-gündüz, mevsimler gibi konularda yaygın kavram yanılgıları olduğunu saptamıştır. Yine başkan bir çalışmada, ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin "uzay ve evren" kavramlarına dair bilişsel yapılarına bakıldığında, öğrencilerin büyük kısmının – bilimsel olmayan — günlük yaşam imgeleri ile gezegenleri, uzay ve evreni izah ettikleri tespit edilmiştir (Bolat ve Değirmenci, 2020; Yaşar Çetin, 2021). Maddenin doğası konusunda önceden yapılan çalışmalar da ortaokul öğrencilerinin maddenin doğası konusunu anlamada çeşitli bilişsel, kavramsal ve sezgisel güçlükler yaşadığını ortaya koymaktadır (Çepni vd., 2005; Ormancı ve Balım, 2014; Duman ve Avcı, 2016; Altay ve Balım, 2021). Benzer olarak daha önce yapılan çalışmalarda da öğrencilerin basınç (Ayvacı ve Durmuş, 2016; Gang ve Guo, 2018), sabit hız (Nuhluoğlu, 2008), sürtünme kuvvet (Yüzbaşıoğlu ve Kurnaz, 2022), elektrik (Yılmaz ve Een, 2014; Minas ve Gündoğdu, 2022), solunum sistemi (Gültepe vd., 2008; Yeşılyurt ve Gül, 2012) gibi konuları anlamlı öğrenmede zorluk çektiklerini göstermektedir.
Araştırmaya katılan öğrencilerin yapılan deneylerin kendilerinin öğrenmelerine faydalı olduğunu büyük oranda (%68.75) ifade ettikleri saptandı. Deneylerin öğrencilerin öğrenmesine katkı sağladığı bulgusu, fen eğitimi literatürüyle paralellik göstermektedir. Hofstein ve Lunetta (2004), laboratuvar ve deney temelli etkinliklerin öğrencilerin kavramsal anlamalarını güçlendirdiğini ve fen bilimlerine yönelik olumlu tutum geliştirdiğini belirtmektedirler. Ayrıca, Hussain ve Akhtar (2013) tarafından yapılan çalışmada, öğrencilerin deneysel etkinlikler yoluyla aktif öğrenmeye katılımının, öğrenilen bilgilerin kalıcılığını artırdığı vurgulanmıştır. Benzer şekilde, ortaokul öğrencilerinin fen etkinliklerine katılımının hem teorik bilgiyi anlamalarını hem de bilimsel süreç becerilerini geliştirmelerini sağladığı çeşitli araştırmalarda rapor edilmiştir (Şen vd., 2018).

Sonuç olarak, ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersinde deney etkinliklerini faydalı bulmaları, öğrenme süreçlerinde deney ve uygulamalı etkinliklerin önemini desteklemektedir.

Araştırmada, öğrencilerin birlikte çalışmaktan ve etkinlik yapmaktan memnuniyet duyma oranının %75,00 olarak belirlenmesi, ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersinde işbirlikli öğrenme süreçlerini olumlu karşıladıklarını göstermektedir. Bu bulgu, öğrencilerin yalnızca bireysel olarak değil, grup hâlinde etkinliklere katılım sağladıklarında da öğrenme sürecinden memnuniyet duyduklarını ve ders etkinliklerine motivasyonlarının arttığını ortaya koymaktadır. Önceki yapılan çalışmalarda, işbirlikli öğrenmenin öğrencilerin akademik başarılarını ve sosyal becerilerini geliştirdiğini desteklemektedir. Johnson vd. (2014) çalışmalarında, grup çalışmalarının öğrencilerin problem çözme becerilerini ve kavramsal anlamalarını güçlendirdiğini vurgulamışlardır. Benzer şekilde, Slavin (2014), öğrencilerin birlikte çalıştıkları etkinliklerde hem öğrenme süreçlerine aktif katılım sağladıklarını hem de sosyal etkileşim yoluyla bilgiyi daha kalıcı biçimde öğrendiklerini belirtmiştir. Sonuç olarak, ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin birlikte çalışmaktan memnuniyet duymaları, fen bilimleri dersinde işbirlikli öğrenme stratejilerinin etkinliğini göstermesi bakımından önemli olduğu söylenebilir.

Araştırmada, öğrencilerin deney etkinliklerinden keyif aldıklarını ifade etmeleri, fen etkinliklerine katılım motivasyonlarının yüksek olduğunu ve derslerde sunulan deneysel etkinliklerin öğrenme sürecini daha çekici hâle getirdiğini gösterir. Fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin derse ilgisini artırmak ve kavramsal öğrenmeyi desteklemek açısından deneyler önemli bir araç olarak kabul edilmektedir. Hofstein ve Lunetta (2004), laboratuvar ve deney temelli etkinliklerin öğrencilerin fen kavramlarını anlamalarını güçlendirdiğini ve derslere karşı olumlu tutum geliştirmelerini sağladığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak, ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin deney etkinliklerinden keyif alması, fen bilimleri derslerinde uygulamalı ve deneysel öğretim yöntemlerinin etkinliğini destekler nitelikte olduğu ifade edilebilir.

Çalışmanın bulgularından, depremzede öğrencilerin en çok elektrik devresi (%43,75) ile ilgili deneylerde zorlandıklarını ifade ettikleri görülmüştür. Bu bulgu, ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin elektrik konularında kavramsal olarak daha fazla güçlük yaşadıklarını göstermektedir. Elektrik konusu öğrenciler için soyut bir konu olarak bilinmektedir (Yılmaz ve Een, 2014). Bu nedenle, öğrencilerin elektrik konusu ile ilgili deneyleri yapmakta da zorlandıkları söylenebilir.

Araştırmada deney sırasında ekip arkadaşlarından ara sıra da olsa destek aldıklarını ifade edenlerin oranının %81,25 olarak saptanması, ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersinde işbirlikli öğrenme süreçlerine açık olduklarını ve birlikte öğrenmeye istekli olduklarını göstermektedir. Bu bulgu, öğrencilerin sadece bireysel öğrenmeye değil, grup içinde etkileşimli olarak bilgi paylaşımına ve problem çözmeye de değer verdiklerini ortaya koymaktadır. İşbirlikli öğrenme, öğrencilerin akademik başarılarını artırmasının yanı sıra sosyal ve bilişsel becerilerinin gelişmesine de katkı sağlamaktadır (Johnson vd., 2014). Fen bilimleri derslerinde öğrencilerin ekip arkadaşlarından destek almaları, hem öğrenilen kavramları tartışmalar yoluyla pekiştirmelerini hem de deney sırasında karşılaştıkları güçlükleri daha kolay aşmalarını sağlamaktadır (Slavin, 2015). Ayrıca, grup çalışmalarına katılım, öğrencilerin sorumluluk alma, işbirliği yapma ve bilimsel süreç becerilerini geliştirme fırsatlarını artırır. Sonuç olarak, öğrencilerin deneylerde ekip arkadaşlarından destek aldıklarını ifade etmeleri, işbirlikli ve etkileşimli öğrenme ortamlarının öğrencilerin fen bilimleri öğrenimindeki etkinliğini artırdığını gösterdiği söylenebilir.

Farklı çalışmalar yapılarak depremzede öğrenciler gibi özel koşullara sahip öğrenci gruplarının fen bilimleri deney etkinliklerine yönelik algıları daha kapsamlı incelenebilir. Özellikle elektrik, sürtünme kuvveti, basınç, sabit hız, solunum ve dolaşım sistemi gibi kavramsal olarak zor konuların uzun dönemli öğrenme etkileri ve öğrencilerin motivasyon, tutum ve işbirlikli öğrenme becerileri üzerine etkisi araştırılabilir.

Teşekkür

Bu araştırma TÜBİTAK tarafından 2209-A Üniversite Ögrencileri Arastırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012461364 numaralı proje olarak desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Alderman, H., Hoddinott, J., & Kinsey, B. (2006). Long-term consequences of early childhood malnutrition. Oxford Economic Papers, 58(3), 450–474.

Altay, E., & Balım, A. G. (2021). Maddenin Tanecikli Yapısı ile İlgili Kavram Yanılgılarının Tespiti. Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 12(2), 576-592.

Ayvacı, H. Ş., & Durmuş, A. (2016). Basınç konusuna ilişkin kavram yanılgıları: Ortaokul öğrencileri üzerine bir çalışma. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi, 5*(2), 125–138.

Bolat, A., Değirmenci, S. (2020). Ortaokul Öğrencilerinin Zihin Haritalarının Belirlenmesi: "Dünya ve Evren" Öğrenme Alanı. Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi, 14(1),84-105.

Barone, G., & Mocetti, S. (2014). Natural disasters, growth and institutions: A tale of two earthquakes. Journal of Urban Economics, 84, 52–66.

Baytiyeh, H. (2017). Why School Resilience Should Be Critical for the Post-Earthquake Recovery of Communities in Divided Societies. Education and Urban Society, 51(5), 693-711.

Çepni, S., Ayas, A., Akdeniz, A.R., Özmen, H., Yiğit, N. ve Ayvacı, H.Ş. (2005). Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi. Dördüncü Baskı Pegem A Yayıncılık, Ankara.

Duman, M.Ş. & Avcı, G. (2016). Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin Maddenin Halleri Ve Isı Ünitesine Yönelik Kavram Yanılgıları. Uşak Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 2(3), 129-165.

Gang, S., & Guo, F. (2018). Students' misconceptions about pressure in liquids and gases: An investigation. International Journal of Science Education, 40(1), 1–19.

Gültepe, M. B., Yıldırım, O., & Sinan, O. (2008). Solunum sistemi konusunun oluşturmacı yaklaşıma dayalı öğretiminin 6. sınıf öğrenci başarısına etkisi. *İlköğretim Online, 7*(2), 522–536.

Hebebci, M.T. (2023). The Impact of Natural Disasters on Education. International Conference on Social Science Studies (IConSoS), April 27-30, 2023, Marmaris/Turkey.

Hussain, M., & Akhtar, M. (2013). Impact of hands-on activities on students' achievement inscience: An experimental evidence from Pakistan. Middle East Journal of ScientificResearch, 16. 626-632.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. Science Education, 88(1), 28–54.

Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (2014). Cooperative learning: Improving university instruction by basing practice on validated theory. Journal on Excellence in College Teaching, 25(3-4), 85–118.

Liu, S., Lu, L., Bai, Z.-Z., Su, M., Qi, Z.-Q., Zhang, S.-Y., Chen, Y., Ao, B.-Y., Cui, F.-Z., Lagarde, E., & Lii, K. (2019). Post-Traumatic Stress and School Adaptation in Adolescent Survivors Five Years after the 2010 Yushu Earthquake in China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(21), 4167.

Minas, R. & Gündoğdu, K. (2022). Farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin elektrik ünitesindeki başarısı ve girişimcilik becerisi üzerindeki etkisi. Journal of Science Mathematics Entrepreneurship and Technology Education, 5(3), 278–297.

Nguyen, C. V., & Minh Pham, N. (2018). The impact of natural disasters on children's education: Comparative evidence from Ethiopia, India, Peru, and Vietnam. Review of Development Economics, 22(4), 1561-1589.

Nuhoğlu, H. (2008). İlköğretim Öğrencilerinin Hareket ve Kuvvet Hakkındaki Bilgilerinin Değerlendirilmesi. İnönü University Journal of the Faculty of Education, 9(16), 123-140.

Ormancı, Ü., Balım, A.G. (2014). Secondary School Students' Ideas Related to the Subject of Matter: Drawing Methods. Elementary Education Online, 13(3), 827-846.

Oshiro, K., Tanioka, Y., Schweizer, J., Zafren, K., Brugger, H., & Paal, P. (2022). Prevention of Hypothermia in the Aftermath of Natural Disasters in Areas at Risk of Avalanches, Earthquakes, Tsunamis and Floods. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(3), 1098.

Peleg, K., Reuveni, H., & Stein, M. (2002). Earthquake disasters–Lessons to be learned. Israel Medical Association Journal, 4, 361–365.

Segarra-Alméstica, E., Caraballo-Cueto, J., Cordero, Y., & Cordero, H. (2022). The effect of consecutive disasters on educational outcomes. International Journal of Disaster Risk Reduction, 83, 103398.

Slavin, R. E. (2014). Cooperative learning in elementary schools. Education, 43(1), 5-14.

Şen, Ş., Yılmaz, A. ve Erdoğan, Ü. I. (2016). Sorgulamaya Dayalı Laboratuvarlara İlişkin Öğretmen Adaylarının Görüşleri. İlköğretim Online, 15(2), 443-468.

Yaşar Çetin, B. (2021). 5. Sınıf öğrencilerinin temel astronomi kavramları ile ilgili imajları. İnformal Ortamlarda Araştırmalar Dergisi, 6(1), 1-23.

Yaylar, M., Demirtaş, H. ve Atik, S. (2025). 6 Şubat 2023 Depremleri Sonrası Konteyner Kentte Yaşayan Ortaokul Öğrencilerinin Yaşadıkları Sorunların Okula Yansımaları, Disiplinlerarası Eğitim Araştırmaları Dergisi, 9(20), 90-113.

Yeşilyurt, S., & Gül, Ş. (2012). Ortaöğretim öğrencilerinin taşıma ve dolaşım sistemleri ünitesi ile ilgili kavram yanılgıları. Kuramsal Eğitimbilim Dergisi, 5(1), 17-48.

Yıldırım, K. ve Dilekmen, M. (2025). Ortaokul öğrencileri üzerinde depremin travmatik etkileri: Nitel bir çalışma. Turkish Journal of Educational Studies, 12(1), 29-55.

Yılmaz, M., & Een, A. (2014). Sınıf öğretmen adaylarına basit elektrik devreleri konusunun simülasyon ve laboratuvar uygulaması teknikleriyle öğretimi. Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 4(2), 84–99.

Yüzbaşıoğlu, M. K., & Kurnaz, M. A. (2022). Ortaokul öğrencilerinin kuvvetin ölçülmesi ve sürtünme ünitesine yönelik alternatif fikirlerinin incelenmesi: Skor analizi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 61, 1–22.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

MEB ÖĞRETMENLİK MESLEĞİ GENEL YETERLİKLERİNİN GÜNCELLENMESİ: UNESCO'NUN ÖĞRETMENLER İÇİN YAPAY ZEKA YETERLİKLERİ ÇERÇEVESİYLE UYUMLU ÖNERİLER

Prof. Dr. Mehmet Ali DOMBAYCI
Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Felsefe Grubu Eğitimi Ana Bilim Dalı
ORCID: 0000-0002-2428-8884

Yaren ARNAK
Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitim Anabilim Dalı, Felsefe Grubu Eğitimi Bilim Dalı
ORCID: 0009-0008-2059-1203

ÖZET

Yapay zekâ uygulamalarının eğitimde sağladığı değişim ve dönüşüm, öğretmenlik mesleğinin bilgi, etik ve pedagojik sorumluluk çerçevesinde yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. UNESCO tarafından geliştirilen Öğretmenler için Yapay Zekâ Yeterlik Çerçevesi, öğretmenlerin yapay zekâyı öğretim süreçlerine entegre etme konusunda uluslararası perspektifler geliştirmelerini amaçlamaktadır. İnsan etkinliği ve çeşitliliğe saygı ilkelerine dayanan bu çerçeve, öğretmenlerin insan odaklı bir yaklaşımla yapay zekâ teknolojilerini değerlendirmelerini, uyarlamalarını ve yönlendirmelerini amaçlamaktadır. Yapı, öğretmenlerin zihin yapısı, yapay zekâ etiği, yapay zekâ temelleri, yapay zekâ pedagojisi ve mesleki gelişim için yapay zekâ alanlarında gelişim göstermeleri için tasarlanmış beş temel boyuttan oluşmaktadır.

Ayrıca bu çerçeve, öğretmenlerin mesleki ilerleme süreçlerine bütüncül bir yaklaşım getirme amacıyla, "Edinim (Acquire)", "Derinleştirme (Deepen)" ve "Yaratma (Create)" boyutlarını bir arada, üç aşamalı bir gelişim düzeylerini tanımlayarak öğretmenlerin mesleki ilerleme süreçlerine bütüncül bir yön kazandırmaktadır. Millî Eğitim Bakanlığı tarafından 2017 yılında hazırlanan Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri (ÖMGY) belgesi, Türkiye'nin eğitim sisteminde öğretmen eğitimi, mesleki gelişim, öğretmen performans değerlendirme politikaları açısından önemli bir belge olarak kabul edilmektedir. Ancak, bu belgenin mevcut teknoloji ve öğretmenlik mesleği bağlamında yapay zekâ, etik, pedagojik ve mesleki boyutları kapsayacak şekilde yeniden değerlendirilip güncellenmesi gerekmektedir.

Bu bildirinin amacı, UNESCO tarafından geliştirilen Öğretmenler için Yapay Zekâ Yeterlik Çerçevesi temelinde Türkiye'de geçerli olan Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri belgesini yapısal olarak incelemek ve olası güncelleme yönelimlerini belirlemektir. Bu doğrultuda, UNESCO'nun beş boyutlu yeterlik yapısı, Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri belgesinin alan-yeterlik-gösterge yapısıyla karşılaştırılarak örtüşen noktalar, eksik alanlar ve uyarlama olanakları betimsel olarak analiz edilecektir. Böylece, Türkiye'de öğretmen yeterlik yapısının insan odaklı, etik değerlere ve kanıta dayalı bir yapay zekâ pedagojisi ile yeniden yapılandırılması için felsefi ve pratik bir çerçeve önerisi geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Öğretmen Yeterlilikleri, UNESCO Yapay Zekâ Yeterlilik Çerçevesi, MEB Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri, Mesleki Gelişim

UPDATING MONE'S GENERAL COMPETENCIES FOR THE TEACHING PROFESSION: RECOMMENDATIONS ALIGNED WİTH UNESCO'S AI COMPETENCY FRAMEWORK FOR TEACHERS

ABSTRACT

The transformation brought about by artificial intelligence (AI) applications in education necessitates a reassessment of the teaching profession within a framework of knowledge, ethics, and pedagogical responsibility. UNESCO's AI Competency Framework for Teachers aims to enable teachers to develop international perspectives on integrating AI into teaching and learning processes. Grounded in the principles of human agency and respect for diversity, the framework encourages teachers to evaluate, adapt, and steer AI technologies through a human centred approach. Structurally, it comprises five core dimensions designed to guide development in teacher mindsets, AI ethics, AI foundations, AI pedagogy, and AI for professional development. In addition, by articulating the stages of "Acquire," "Deepen," and "Create," the framework provides a three-level developmental progression that brings a holistic orientation to teachers' professional growth. The Ministry of National Education (MoNE) of Turkey's 2017 General Competencies for the Teaching Profession is a key policy document for teacher education, professional development, and performance evaluation. However, the document requires updating to address AI-related ethical, pedagogical, and professional dimensions in today's technological context. This paper aims to conduct a structural analysis of MoNE's General Competencies based on UNESCO's framework and to identify potential directions for revision. This study compares UNESCO's five-dimensional competency architecture with MoNE's domain–competency–indicator structure and examines overlaps, gaps, and adaptation opportunities using descriptive analysis. The goal is to propose a philosophical and practical framework for reconstructing teacher competency architecture in Turkey, centred on a human- centred, ethically grounded, and evidence-based approach to AI pedagogy.

Keywords: Artificial Intelligence; Teacher Competencies, UNESCO AI Competency Framework for Teachers; MoNE General Competencies for the Teaching Profession; Professional Development

Giriş

Yapay zekâ uygulamalarının eğitim sistemlerine hızla entegre edilmesi öğretmenlik mesleğinin rolünü bilgi, etik ve pedagojik sorumluluk eksenlerinde yeniden değerlendirme zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, öğretmen yeterlik çerçevelerinin güncellenmesi yalnızca bir politika önerisi değil, eğitim sistemlerinin çağa uyum sağlaması açısından vazgeçilmez bir zorunluluktur. Mevcut öğretmen yeterlik çerçevelerinin, yapay zekâ çağının gerektirdiği bilgi, beceri ve değerleri karşılamakta yetersiz kaldığı, yapay zekâ çağının gerektirdiği algoritmik düşünme, veri okuryazarlığı, yapay zekâ etiği ve insan merkezli tasarım gibi boyutları, çoğu zaman yalnızca genel "dijital yeterlik" başlıkları altında ve sınırlı biçimde ele aldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, öğretmen yetiştirme politikalarının, hizmet içi eğitim programlarının ve performans değerlendirme sistemlerinin yeniden düzenlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu gereksinimlerin karşılanması, öğretmen yetiştirme politikalarının, hizmet içi eğitim programlarının ve performans değerlendirme sistemlerinin kapsamlı bir biçimde yeniden yapılandırılmasını gerektirmektedir.

UNESCO tarafından 2024 yılında yayımlanan Öğretmenler için Yapay Zekâ Yeterlik Çerçevesi (AI Competency Framework for Teachers), eğitim sistemlerine yapay zekânın dahil edilmesine dair küresel bir perspektif sunmaktadır (UNESCO, 2024). Birleşmiş Milletler'e bağlı olarak faaliyet gösteren eğitim, bilim ve kültür kuruluşu olan UNESCO, 2019 yılında kabul edilen Yapay Zeka ve Eğitim Üzerine Pekin Konsensüsü (Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education) ile başlayan süreçte, yapay zekânın eğitimde etik ve adil bir şekilde kullanılmasını teşvik etmektedir (UNESCO, 2019). İnsan hakları, eşitlik, kapsayıcılık ve sürdürülebilir kalkınma gibi evrensel değerlere dayanan bu çerçeve, öğretmenlerin insan odaklı bir bakış açısıyla yapay zekâ teknolojilerini değerlendirme, uyarlama ve yönlendirme becerilerini geliştirmeyi hedeflemektedir.

Türkiye Bağlamı

Türkiye'de 2017 yılında Millî Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri belgesi, öğretmen yetiştirme, mesleki eğitim, performans değerlendirme ve kariyer gelişimi konularında ana referans kaynağı olarak kullanılmaktadır (MEB, 2017). Bu belge, "mesleki bilgi", "mesleki beceri" ve "tutum ve değerler" başlıklarından oluşan üç yeterlik alanı ile birlikte bu alanların içinde yer alan 11 yeterlik ve bu yeterliklere dair 65 göstergeden oluşmaktadır. ÖMGY'nin geliştirilme aşamasında YÖK, ÖSYM, Mesleki Yeterlik Kurumu, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı ile birçok akademisyen ve öğretmenin görüşleri alınmış, ayrıca Avrupa Konseyi, Dünya Bankası, ILO, OECD, UNESCO ve UNICEF gibi uluslararası kuruluşların yeterlik çerçeveleri incelenmiştir (MEB, 2017).

Türkiye'de son yıllarda yayımlanan strateji ve politika belgeleri, eğitimde yapay zekâ kullanımına ilişkin güçlü hedefler ortaya koymaktadır. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi'nin *Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025* (Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi & Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021) ile Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü'nün *Eğitimde Yapay Zekâ Politika Belgesi ve Eylem Planı (2025-2029)* belgesi, öğretmenlerin yapay zekâ temelli öğrenme analitiği araçlarını kullanabilmesi, öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlığını geliştirebilmesi ve veri etiğine duyarlı uygulamalar yürütebilmesi gibi hedefleri açıkça vurgulamaktadır. Bu hedefler, ÖMGY'nin yalnızca dijital okuryazarlığı değil, özel olarak yapay zekâ yeterliklerini de içerecek biçimde güncellenmesini gerektiren ulusal bir bağlam oluşturmaktadır. 2017 yılından bu yana yapay zekâ alanında yaşanan çığır açan gelişmeler göz önüne alındığında ÖMGY'nin yeniden gözden geçirilmesine olan ihtiyaç belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Mevcut belgede yapay zekâ ile ilgili yeterlik tanımları, etik unsurlar ve eğitim uygulamalarının yeterince yer almadığı görülmektedir. UNESCO'nun 2024 yılında gerçekleştirdiği dünya genelindeki araştırmaya dayanarak 2022 yılı itibariyle yalnızca yedi ülkenin öğretmenler için yapay zekâ çerçeveleri veya programları geliştirdiği tespit edilmiştir (UNESCO, 2024). Bu durum, öğretmenlerin yapay zekâ çağına ait görevleri ve yeterliklerini tanımlamada dünya genelinde bir bilgi eksikliği olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bu bildirinin ana hedefi, UNESCO Öğretmenler için Yapay Zekâ Yeterlik Çerçevesi ile MEB Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri arasında içerik ve yapısal bir karşılaştırma yaparak Türkiye özelinde güncelleme önerileri geliştirmektir. Araştırmada betimsel karşılaştırmalı analiz yöntemi kullanılmış ve bu doğrultuda belge analizi temelli nitel bir yaklaşım benimsenmiştir.

Söz konusu yöntem, Türkiye'nin eğitim sistemi, kültürel yapısı ve politik öncelikleri göz önünde bulundurularak uygun önerilerin oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Bildirinin kapsamı, UNESCO çerçevesinin felsefi temelleri, beş boyutu ve üç gelişim düzeyinin kapsamlı bir şekilde incelenmesi; MEB Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri'nin yapısal bileşenleri, yeterlik alanları ve göstergelerinin sistematik analizi; iki çerçeve arasındaki benzerliklerin, farklılıkların ve eksikliklerin belirlenmesi ile sınırlandırılmıştır.

Araştırma ve Bulgular

UNESCO Öğretmenler için Yapay Zekâ Yeterlik Çerçevesi

UNESCO'nun Yapay Zekâ Yeterlik Çerçevesi, insan odaklı yapay zekâ anlayışı etrafında inşa edilmiştir (UNESCO, 2024). Bu anlayış, UNESCO tarafından 2021'de onaylanan Yapay Zekânın Etiği Üzerine Tavsiye Kararı ve 2022'de yayımlanan politika rehberleri ile şekillendirilmiştir (Miao, Holmes, Huang ve Zhang, 2021). İnsan etkinliği kavramını merkeze alan bu çerçeve, teknolojinin insanın bağımsızlığını sürdürmesine ve güçlendirmesine odaklanmayı hedeflemektedir. Floridi ve Cowls'ın (2019) önerdiği beş temel yapay zekâ ilkesi - iyilikseverlik, zarara karşı koruma, özerklik, adalet ve açıklanabilirlik - UNESCO çerçevesinin etik temelini oluşturmaktadır. Bu yapı, öğretmenlerin pedagojik bağımsızlıklarına saygı gösterirken profesyonel kararların yapay zekâ sistemleri tarafından desteklenmesini ön plana çıkarmakta ancak bu sistemlerin öğretmenlerin yerine geçmemesini vurgulamaktadır. Bu kapsamda, öğretmenler yapay zekâ önerilerini eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirme ve teknolojinin pasif bir tüketicisi olmanın aksine, etkin bir tasarımcı olma yükümlülüğüne sahiptir (UNESCO, 2024). Çerçevenin bir diğer önemli ilkesi olan çeşitliliğe saygı, farklı kültürel durumların tanınmasını ve şeffaflık, hesap verebilirlik, kapsayıcılık gibi etik değerlerin her alana yayılmasını gerektirmektedir (Luckin, Holmes, Griffiths ve Forcier, 2016).

Beş Temel Boyut

UNESCO (2024) çerçevesi, öğretmenlerin yapay zekâ yeterliliklerini geliştirmelerine yönelik beş ana alan tanımlamaktadır;

İnsan Merkezli Zihniyet: Öğretmenlerin insan ve yapay zekâ etkileşimlerinde geliştirmeleri gereken değerleri ve kritik tutumları tanımlar. Bu boyut, öğretmenleri eğitimde yapay zekâ kullanımında insan haklarını ve bireylerin gelişimi için gerekli olan ihtiyaçların ön planda tutulması konusunda sürekli olarak teşvik eder.

Yapay Zekâ Etiği: Öğretmenlerin anlaması ve uygulaması gereken temel etik değerler, prensipler, yasal düzenlemeler, kurumsal yönetmelikler ve pratik etik kurallarını tanımlar. Bu alan, öğretmenlerin yapay zekâyı güvenli ve sorumlu bir biçimde kullanma becerileri ile etik ilkelerin uyarlanmasında gereksinim duyulan kapsamlı yetkinlikleri belirlemektedir. Öğretmenlerin teknolojinin sosyal, kültürel ve ahlaki sonuçlarının farkında olmaları ve etik sorumluluk bilinci taşımaları beklenmektedir.

Yapay Zekâ Temelleri: Öğretmenlerin öğrenci merkezli yapay zekâ destekli öğretim ve öğrenme ortamları oluşturabilmesi amacıyla yapay zekâ araçlarının seçiminde, uygulamasında ve yaratıcı özelleştirmesinde ihtiyaç duyacakları kavramsal bilgileri ve taşınabilir operasyonel becerileri belirtmektedir.

Yapay Zekâ Pedagojisi: Yapay zekâ araçlarının ders hazırlığı, öğretim ve değerlendirme süreçlerine etkili bir şekilde entegre edilmesi için gerekli olan yetkinlikleri tanımlar. Bu kapsamda öğretmenlerin, yapay zekâ kullanımını etik ve insan merkezli bir bakış açısıyla eleştirel bir biçimde değerlendirerek kapsayıcı yapay zekâ destekli uygulamaları planlama ve gelişen yapay zekâ teknolojilerine uyum sağlayarak yenilikçi uygulamaları keşfetme kapasitelerini sürekli olarak geliştirmeleri gerekmektedir.

Mesleki Gelişim için Yapay Zekâ: Öğretmenlerin eğitim uygulamalarını değiştirmek için yapay zekâ kullanarak kendi sürekli mesleki öğrenim süreçlerini ve iş birliği temelli gelişimlerini desteklemeleri gereken yeni becerileri özetlemektedir.

Üç Aşamalı Gelişim Düzeyleri

UNESCO çerçevesi, öğretmenlerin mesleki gelişim süreçlerine bütünsel bir yaklaşım sağlamak amacıyla üç aşamalı bir gelişim modeli sunmaktadır (UNESCO, 2024):

Edinim: Bu aşama, temel düzeyde yapay zekânın pratik kullanımıyla ilgili ilk öğrenimin başladığı noktadır. Bu seviyede, tüm öğretmenlerin uygulamalarında yapay zekâ araçlarını etkili ve etik bir biçimde değerlendirmek, seçmek ve kullanmak için gerekli temel yapay zekâ yeterliliklerini edinmeleri hedeflenir. Öğretmenler bu aşamada, yapay zekâyı kullanma konusundaki en temel bilgi ve becerileri kazanarak uygulamaya geçmeye başlarlar. İnsan hakları, sosyal adalet ve insani değerler anlayışıyla desteklenmiş bir şekilde, öğretmenlerin eğitimin içinde yapay zekânın kullanımına ilişkin fırsatları ve riskleri tanımaları beklenmektedir.

Derinleştirme: Öğretmenlerin yapay zekâyı eğitim uygulamalarına entegre etme konusunda yeterlilik göstermeleri beklenmektedir. Bu entegrasyon, insan sorumluluğuna odaklanmayı ve yapay zekâ araçlarının güvenli ve sorumlu bir şekilde kullanımını içermektedir. Bu durum, ulusal ve yerel politikalara uyumu, paydaşların güvenliğini, gizliliğini ve haklarını korumayı ve yapay zekâ araçlarını etik yönlerden eleştirel bir şekilde değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Yaratma: Öğretmenler yapay zekânın sosyal etkileri ve vatandaşlık sorumlulukları hakkında eleştirel bir anlayış sergilemektedir. Eğitimde yapay zekâ ile ilgili politikaların oluşturulmasına ve yapay zekâ araçları için etik standartların ortak bir şekilde geliştirilmesine katkıda bulunmaları beklenmektedir. Bu seviyedeki öğretmenlerin, yerel bağlamlarda eğitimle ilgili sorunlara spesifik çözümler geliştirmek amacıyla açık kaynaklı veya özelleştirilebilir yapay zekâ araç takımlarını birleştirmesi veya değiştirmesi gerekmektedir.

MEB Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri Belgesinin Yapısı

MEB Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri, Türkiye'deki tüm öğretmenler için temel yeterlikleri tanımlayan normatif bir belge niteliğindedir (MEB, 2017). Bu belge, alan-yeterlik-gösterge modeline dayanan hiyerarşik bir yapı içermekte olup 2006 yılında yayımlanan ilk yeterlik belgesinin güncellenmesiyle hazırlanmıştır. Güncelleme sürecinde her bir öğretmenlik alanı için ayrı bir özel alan yeterliği belirleme uygulamasından vazgeçilmiş ve genel yeterlikler çerçevesinde alan bilgisi ile alan eğitimi bilgisi yeterlikleri eklenerek tüm öğretmenlik alanlarını kapsayan sade bir metin oluşturulmuştur.

ÖMGY, üç ana yeterlik alanından oluşmaktadır (MEB, 2017);

Mesleki Bilgi: Bu alan, alan bilgisi, alan eğitimi bilgisi ve mevzuat bilgisi gibi hem teorik hem de uygulamalı bilgi içeriklerini kapsamaktadır. Bu kapsamda öğretmenlerin kendi disiplinlerindeki güncel bilgileri izlemeleri ve eğitim-öğretim süreçlerinde bu bilgileri kullanmaları beklenmektedir.

Mesleki Beceri: Eğitim-öğretim sürecinin planlanması, öğrenme ortamlarının oluşturulması, öğretme ve öğrenme süreçlerinin yönetimi ile ölçme ve değerlendirme gibi mesleki uygulamalarda kullanılan becerileri içermektedir.

Tutum ve Değerler: Millî, manevi ve evrensel değerler, öğrenciye yönelik yaklaşım, iletişim ve iş birliği ile kişisel ve mesleki gelişim yeterlikleri bağlamında mesleki kimliği belirleyen değerler ve tutumları tanımlamaktadır.

Teknoloji ile İlgili Mevcut Vurgular

ÖMGY belgesinde teknolojiye dair genel ölçütler bulunsa da yapay zekâ ile ilgili referansların eksik olduğu gözlemlenmektedir. 2017 yılında hazırlanmış olan bu belgede, teknoloji ile ilgili vurgu daha çok klasik bilgi ve iletişim teknolojileri kapsamında kalmış ve dijital okuryazarlıkla teknoloji destekli öğretim yöntemleri üzerinde yoğunlaşılmıştır. Ancak, dijital okuryazarlık ile yapay zekâ okuryazarlığı arasında önemli kavramsal farklılıklar mevcuttur. Tuomi'nin (2018) belirttiği gibi, dijital okuryazarlık temel bilgisayar ve internet kullanımıyla ilişkilidir oysaki yapay zekâ okuryazarlığı algoritma mantığını kavrama, veri etiği ve makine öğrenimi prensipleri gibi daha karmaşık beceriler gerektirir. ÖMGY'de teknoloji kullanımı ölçütleri "Mesleki Beceri" başlığı altında değerlendirilmektedir fakat Holmes ve diğerlerinin (2019) belirttiği yapay zekâ sistemlerinin pedagojik entegrasyonu ve algoritmik ön yargı konusunda farkındalık gibi ileri düzey yetkinlikler ele alınmamaktadır. Bu durum, Selwyn'in (2019) belirttiği üzere, öğretmenlerin yapay zekâ döneminde gereken eleştirel yapay zekâ okuryazarlığının mevcut yeterlik yapısında yeteri kadar karşılanmadığını ortaya koymaktadır.

Karşılaştırmalı Analiz

Örtüşen Noktalar

UNESCO çerçevesi ile MEB ÖMGY arasında bazı temel ilkeler açısından benzerlikler bulunmaktadır. Her iki çerçeve de yaşam boyu öğrenme ve sürekli mesleki gelişime büyük önem atfetmektedir. Bu vurgu, Miao ve arkadaşlarının (2021) politika yapıcılar için hazırladığı rehberde de ön plana çıkmakta olup öğretmenlerin yapay zekâ yeniliklerine ayak uydurabilmeleri ve bu teknolojileri etkili bir biçimde entegre edebilmeleri açısından sürekli mesleki gelişimin gerekliliği ilkesiyle uyumludur.

Etik boyut açısından, ÖMGY'deki "Tutum ve Değerler" alanı ile UNESCO'nun "Yapay Zekâ Etiği" bölümü arasında kavramsal benzerlikler mevcuttur. Her iki belge de mesleki etik ilkelerine ve insan haklarına saygıyı önemle vurgulamaktadır. Pedagojik yeterlikler açısından ise öğrenci merkezli öğretim yöntemleri ve bireyselleştirilmiş öğrenme olanakları, ortak vurgular arasında yer almaktadır.

Eksik ve Zayıf Alanlar

Son yıllarda öğretmenler için yapay zekâ yeterliklerini ele alan çalışmaların sayısı artmakla birlikte, mevcut literatürün hâlâ dağınık ve sınırlı olduğu görülmektedir. Zhou ve diğerlerinin (2025) gerçekleştirdiği sistematik derleme, öğretmenler için önerilen yapay zekâ yeterlik çerçevelerinin sayıca az olduğunu ve çoğunlukla belirli pilot projeler ya da kurum içi düzenlemelerle sınırlı kaldığını göstermektedir. Tan ve diğerlerinin (2024) öğretimde ve öğretmenlerin mesleki gelişiminde yapay zekâ kullanımına ilişkin sistematik incelemesi ise mevcut araştırmaların büyük bölümünün teknik araç tanıtımı ve kısa süreli uygulama örnekleriyle sınırlı olduğunu; yeterlik temelli, uzun erimli politika çerçevelerinin ve ulusal ölçekte güncellemelerin seyrek olduğunu vurgulamaktadır. Bu bulgular, UNESCO çerçevesi ile ÖMGY'nin karşılaştırılmasına dayanan bu çalışmanın, hem ulusal düzeyde hem de uluslararası literatürdeki boşluklara işaret potansiyelini göstermektedir.

Karşılaştırmalı analizin en belirgin bulgusu, ÖMGY'nin yapay zekâ okuryazarlığına ilişkin doğrudan referanslar içermemesidir. Algoritmik düşünme, veri okuryazarlığı ve yapay zekâ sistemlerinin çalışma prensipleri gibi UNESCO tarafından "Yapay Zekâ Temelleri" başlığı altında tanımlanan kavramlar, ÖMGY'de yeterince ele alınmamaktadır. Uluslararası kaynaklar, öğretmen eğitimi programlarının bu alanda yetersiz olduğunu göstermekte ve Türkiye bağlamında ÖMGY'nin yenilenmesine duyulan ihtiyacı desteklemektedir.

Yapay zekâ etiği ve güvenliği konularında da önemli açıklar mevcuttur. Veri gizliliği, siber güvenlik, dijital vatandaşlık ve yapay zekâ araçlarının etik kullanımı ile ilgili göstergeler ÖMGY içerisinde bulunmamaktadır. Etik unsurların dikkate alınmaması, algoritma ön yargısı ve veri güvenliği gibi ciddi tehlikelerin ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Bununla beraber, eleştirel yapay zekâ okuryazarlığı, algoritma ön yargısı ve dezenformasyon konularında öğretmenlerin sorgulama ve değerlendirme yeterlikleri mevcut belgede yeterince vurgulanmamaktadır. Nihayetinde, ÖMGY'nin UNESCO çerçevesindeki "Edinim-Derinleştirme-Yaratma" tarzı kademeli bir gelişim modelini içermemesi, öğretmenlerin mesleki gelişimlerinin aşamalı takibini zorlaştırmaktadır. Gelişimsel bir bakış açısının eksikliği, etkili mesleki gelişim programlarının tasarımını güçleştirmektedir.

Uyarlama Olanakları

ÖMGY'nin yeterlik gösterge yapısı, UNESCO tarafından belirtilen beş boyutu kapsayacak şekilde genişletilmeye uygun bir esneklik sunmaktadır. Bu yapının esnekliği, belgenin ana yapısını koruyarak güncellemelere de imkân vermektedir.

Mevcut üç alan (Mesleki Bilgi, Mesleki Beceri, Tutum ve Değerler) korunarak "Yapay Zekâ Okuryazarlığı ve Dijital Yeterlikler" başlıklı dördüncü bir yeterlik alanı eklenebilir. Bu yeni alan, yapay zekânın temel ilkeleri ve işleyişi, veri okuryazarlığı ve algoritmik düşünmenin yanı sıra yapay zekâ araçlarının eğitimdeki kullanımı ve yapay zekâ etik normları ile dijital güvenlik gibi alt yeterlikleri içerebilir. Bu yaklaşım, belgenin bütünlüğünü koruyarak yapay zekâ yeterliklerinin sistematik bir biçimde entegre edilmesini sağlamaktadır.

Buna ek olarak yeni bir alan oluşturmanın yerine ya da yanında mevcut yeterliklere yapay zekâya dayalı göstergelerin entegre edilmesi de tercih edilebilir. Örneğin, Mesleki Bilgi alanına yapay zekâ destekli öğretim yöntemleri ve öğrencilerin öğrenimini yapay zekâ ile izleme, Mesleki Beceri alanına yapay zekâ araçlarının eğitim tasarımına entegre edilmesi ve kişiselleştirilmiş öğrenim deneyimlerinin tasarlanması, Tutum ve Değerler alanına ise dijital etik bilinci ve teknolojiye eleştirel bir yaklaşım gibi unsurlar eklenebilir. Her iki yaklaşımda da yapay zekâ yeterliklerinin mevcut öğretmen yeterlik çerçeveleri ile entegrasyonu bütüncül bir bakış açısı gerektirmektedir. Bu süreç, yalnızca teknik yeterliklerin eklenmesini değil, aynı zamanda etik, pedagojik ve mesleki unsurların dengeli bir şekilde ele alınmasını da zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin eğitim sistemi özellikleri, kültürel bağlamı ve politika öncelikleri dikkate alınarak özel düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Bu bağlamsal gelişme, uluslararası standartlarla uyumlu ama yerel ihtiyaçlara duyarlı bir yeterlik çerçevesinin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Güncelleme Önerileri

Felsefi ve Kavramsal Öneriler

ÖMGY'nin yenilenmesinde insan odaklı bir yaklaşımın güçlendirilmesi büyük bir öneme sahiptir. Floridi ve Cowls'ın (2019) önerdiği beş temel yapay zekâ ilkesi- iyilikseverlik, zarara karşı koruma, özerklik, adalet ve açıklanabilirlik- güncellenmiş çerçevenin felsefi temelini oluşturabilir. Eğitim anlayışında teknolojik unsurlar birer araç olarak ele alınmalı, insan ise kritik bir merkezi konuma yerleştirilmelidir. Ayrıca öğretmenlerin teknolojinin etkisine karşı eleştirel bir duruş sergilemeleri güncellenmiş çerçevenin temel ilkelerinden biri olmalıdır. UNESCO'nun etik ilkelerinin ÖMGY kapsamında belirlenmesi, yapay zekânın kullanımına ilişkin sorumluluk, şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkelerinin açıkça tanımlanmasını gerektirmektedir.

Yapısal Öneriler

Yapısal güncellemeler doğrultusunda, ÖMGY'ye "Yapay Zekâ Okuryazarlığı ve Dijital Yeterlikler" başlıklı yeni bir alanın eklenmesi önerilmektedir. Bu yeni alan, yapay zekânın temel kavramları ve çalışma prensipleri, veri okuryazarlığı ve algoritmik düşünme, yapay zekâ araçlarının eğitimde kullanılması ve yapay zekâ etiği ile dijital güvenlik gibi alt yeterlikleri kapsamayı hedeflemektedir. Holmes ve arkadaşlarının (2019) geliştirdiği çerçeveden hareketle, bu yeterlikler öğretmenlerin yapay zekâyı kavrama, uygulama ve değerlendirme yeteneği olarak üç ana başlık altında sınıflandırılabilir.

Mevcut alanlara eklenecek göstergeler söz konusu olduğunda, Mesleki Bilgi alanında yapay zekâ destekli öğretim yöntemleri, veri analitiği ve öğrenci öğrenme süreçlerinin yapay zekâ ile izlenmesi; Mesleki Beceri alanına yapay zekâ araçlarının ders tasarımına entegre edilmesi ve kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin geliştirilmesi; Tutum ve Değerler alanında ise dijital etik bilinci, teknolojiye eleştirel bir bakış açısı ve sürekli güncellemeye yönelik sorumlulukların artırılması gerektiği düşünülmektedir. UNESCO modelinde olduğu gibi üç aşamalı (Edinim-Derinleştirme-Yaratma) bir ilerleme çerçevesinin belirlenmesi, öğretmenlerin mesleki gelişim süreçlerinin aşamalı olarak izlenmesi ve desteklenmesine olanak sağlayacaktır.

Uygulama Önerileri

Hizmet öncesi öğretmen eğitimi çerçevesinde, eğitim fakültelerinde yapay zekâ okuryazarlığı derslerinin sunulması ve pedagojik formasyon programlarına yapay zekâ modüllerinin dahil edilmesi gerekmektedir. Luckin ve arkadaşları (2016), öğretmen adaylarının hizmet öncesi eğitim süreçlerinde yapay zekâ teknolojileriyle tanışmalarının, meslek yaşamlarında bu araçları etkin bir şekilde kullanmalarına yardımcı olduğunu göstermiştir.

Hizmet içi eğitim açısından, Millî Eğitim Bakanlığı'nın mevcut hizmet içi eğitim programlarının tekrar değerlendirilmesi ve öğretmenler için yapay zekâ sertifika programlarının oluşturulması önerilmektedir. Selwyn'in (2019) belirttiği gibi, hali hazırda çalışan öğretmenlerin yapay zekâ ile ilgili kapsamlı mesleki gelişim imkanlarına erişimi, eğitim sistemlerinin dijital dönüşüm süreci açısından kritik öneme sahiptir. Performans değerlendirme sistemlerinde de yapay zekâ yeterliklerinin değerlendirilmesi, güncellemelerin etkililiğinin takip edilmesi açısından oldukça önemlidir.

Sonuç

Bu çalışmada, UNESCO'nun Öğretmenler için Yapay Zekâ Yeterlik Çerçevesi ile MEB'in Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri arasında yapısal ve içerik açısından karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, her iki çerçevenin yaşam boyu öğrenme, etik değerler ve öğrenci odaklı pedagojinin temel ilkeleri bakımından benzerlikler taşıdığını göstermekte, fakat ÖMGY'de yapay zekâ okuryazarlığı, yapay zekâ etiği ve eleştirel yapay zekâ pedagojisi alanlarında önemli eksikliklerin bulunduğu ortaya koymuştur. Çalışmanın teorik katkısı, Türkiye'nin eğitim sistemine özel bir yapay zekâ yeterlik çerçevesi önerisi sunması ve karşılaştırmalı politika analizi alanına katkıda bulunmasıdır. Pratik boyutta ise, hizmet öncesi ve hizmet içi öğretmen eğitimi programları ile ve performans değerlendirme sistemlerinin güncellenmesi için somut öneriler sağlanmaktadır. Önerilen güncellemeler, ÖMGY'ye "Yapay Zekâ Okuryazarlığı ve Dijital Yeterlikler" alanının eklenmesi, mevcut yeterliklere yapay zekâ odaklı göstergelerin entegrasyonu ve UNESCO'nun "Edinim-Derinleştirme-Yaratma" modelinin benimsenmesi gibi üç temel eksen etrafında şekillenmiştir. Öğretmenlerin yapay zekâ çağında insan merkezli, etik ve eleştirel bir pedagojik yaklaşım ile donanması, eğitim sistemlerinin sürdürülebilir dönüşümü açısından büyük öneme sahiptir.

Türkiye'nin uluslararası eğitim standartlarıyla uyumlu, ancak kendi kültürel ve eğitim bağlamına özgü bir öğretmen yeterlik çerçevesi geliştirme potansiyeli bulunmaktadır. Bu çalışmanın önerileri, UNESCO'nun 2024 yılında yayımladığı küresel çerçeve ile uyumlu bir başlangıç noktası oluşturarak bu potansiyelin gerçekleştirilmesine katkı sağlamaktır. Gelecek araştırmaların, önerilen güncellemelerin pilot uygulamalarını gerçekleştirmesi ve öğretmenlerin yapay zekâ yeterliliklerini değerlendirmeye yönelik geçerli ölçüm araçlarının geliştirilmesi önerilmektedir.

Kaynakça

CUMHURBAŞKANLIĞI DİJİTAL DÖNÜŞÜM OFİSİ, & SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI. (2021). *Ulusal yapay zekâ stratejisi (2021–2025)*. Erişim adresi: https://cbddo.gov.tr/SharedFolderServer/Genel/File/TR-UlusalYZStratejisi2021-2025.pdf

Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. *Harvard Data Science Review*, *1*(4).

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson Education.

Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO Publishing.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2017). *Öğretmenlik mesleği genel yeterlikleri*. Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI. (2025). *Eğitimde yapay zekâ politika belgesi ve eylem planı (2025–2029)*. Erişim adresi: https://yegitek.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2025_06/17092340_egitimdeyapayzekapolitikabelgesiveeylemplani2025202520291.pdf

Tan, X., Cheng, G., & Ling, M. H. (2025). Artificial intelligence in teaching and teacher professional development: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *8*, 100355.

Tuomi, I. (2018). *The impact of artificial intelligence on learning, teaching, and education: Policies for the future* (EUR 29442 EN). Publications Office of the European Union.

UNESCO. (2019). *Beijing consensus on artificial intelligence and education*. UNESCO Publishing.

UNESCO. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO Publishing.

Zhou, T., Tondeur, J. & Howard, S. (2025). AI Competency Frameworks for Teachers: A Systematic Review. In T. Bastiaens (Ed.), *Proceedings of EdMedia + Innovate Learning* (pp. 648–654). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

BİREYSELLEŞTİRİLMİŞ FELSEFE ÖĞRETİMİNDE YAPAY ZEKA DESTEKLİ NANO ÖĞRENME: TEORİK BİR ÇERÇEVE

Yaren ARNAK
Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitim Anabilim Dalı, Felsefe Grubu Eğitimi Bilim Dalı
ORCID: 0009-0008-2059-1203

Prof. Dr. Mehmet Ali DOMBAYCI
Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Felsefe Grubu Eğitimi Ana Bilim Dalı
ORCID: 0000-0002-2428-8884

ÖZET

Öğrenme seviyeleri eğitimde sistematik ve çok katmanlı bir hiyerarşi içinde tanımlanabilir. En üst düzey olan supra düzey, eğitimin hedefleri ve kalitesi üzerine yapılan uluslararası tartışmaları ve anlaşmaları içerir. Bu düzey, PISA veya TIMSS gibi uluslararası karşılaştırmalı çalışmaların sonuçlarına dayanan politikaları kapsar. Makro düzey, ulusal müfredatlar, eğitim politikaları ve temel öğrenme hedefleriyle ilgilenir. Bunun bir alt kademesi olan mezo düzey, okul veya kurum ölçeğindeki müfredat tasarımlarını ve uygulama stratejilerini içerir. Mikro düzey, sınıf içi öğretim süreçlerini, ders planlarını, öğretim materyallerini ve öğretmen-öğrenci etkileşimlerini kapsar. En alt düzey olan nano düzey ise bireysel öğrenme alt sistemlerine ve öğrencinin kişisel ihtiyaçlarına odaklanır. Bu düzey, öğrenmenin kişiselleştirilmiş biçimlerini temsil eder ve genellikle kısa süreli, hedefe yönelik öğrenme birimleri kullanılarak bilgi edinimini en üst düzeye çıkarmak için çalışır. Nano öğrenme, mikro-öğrenmenin daha küçük bir parçası olarak tanımlanabilir ve mikro içeriği daha küçük parçalara ayırarak belirli bir amaca yönelik bilgi aktarımını mümkün kılar.

Bu sınıflandırma, öğrencilerin düşünme ve kavramsal anlama becerilerini geliştirmeleri ve öğrenme süreçlerini kişiselleştirmeleri açısından büyük önem taşır. Türkiye'de eğitimde yenilikçi yöntemlerin benimsenmesi ve bunların eğitim sistemine entegrasyonu önem taşımaktadır. Nano öğrenme, bu çerçevede, Türkiye'de eğitime katkı sunabilecek bir yenilik olarak değerlendirilebilir. Bu bildiride, yapay zekâ desteğiyle nano düzeyde kişiselleştirilmiş öğrenme birimlerinin felsefe eğitiminde nasıl tanımlanıp kullanılabileceği ele alınmaktadır. Ana hedef, her öğrencinin ihtiyaçlarına uygun bir eğitim deneyimi sunmak için nano düzeyde kişiselleştirilmiş öğrenme birimleri oluşturmaktır. Yapay zekâ burada sadece bir teknik araç olarak değil, aynı zamanda öğrencilerin düşünme becerilerini geliştiren bir rehber ve pedagojik bir akıl hocası olarak da işlev görür. Öğrencilerin düşünme süreçlerini izler, kavramsal hataları belirler ve argüman oluşturma yeteneklerini artırır. Ayrıca, öğrencilere anında geri bildirim sağlayarak öğrenme sürecini kişiselleştirir.

Çalışma, yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenmenin felsefe eğitimine entegrasyonunu teorik bir çerçevede incelemekte ve gelecekteki deneysel araştırmalara rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Felsefe öğretimi, Kişiselleştirilmiş öğrenme, Yapay zekâ destekli öğrenme, Nano düzey öğrenme

AI- SUPPORTED NANO-LEARNING IN THE PERSONALISED TEACHING OF PHILOSOPHY: A THEORETICAL FRAMEWORK

ABSTRACT

Levels of learning in education can be conceptualised within a systematic, multi-layered hierarchy. At the highest level, the supra level comprises international debates and agreements on educational aims and quality; it includes policies informed by international comparative studies, such as PISA and TIMSS. The macro level concerns national curricula, education policies, and foundational learning objectives. One tier below, the meso level encompasses curriculum design and implementation strategies at the school or institutional scale. The micro level covers classroom teaching processes, lesson plans, instructional materials, and teacher–student interactions. The lowest, the nano level, focuses on individual learning subsystems and the learner's personal needs. This level represents personalised forms of learning and typically seeks to maximise knowledge acquisition through short, goal-oriented learning units. Nano-learning may be defined as a subcomponent of micro-learning, enabling targeted knowledge transfer by partitioning micro-content into even smaller units. This stratification is significant for developing students' thinking and conceptual understanding, as well as for personalising learning processes. In Türkiye, the adoption of innovative methods in education and their integration into the education system is important. Within this framework, nano-learning can be considered a novelty with potential to contribute to education in Türkiye. This paper discusses how AI-supported, nano-level personalised learning units can be defined and operationalised in the Teaching of Philosophy. The primary objective is to develop nano-level, personalised learning units that provide an educational experience tailored to each student's needs. Here, AI functions not only as a technical tool but also as a guide and pedagogical mentor that cultivates students' thinking skills: it monitors students' thinking processes, identifies conceptual errors, and strengthens their capacity for argument construction. It also provides immediate feedback, thereby personalising the learning process. The study examines the integration of AI-supported personalised learning into the Teaching of Philosophy within a theoretical framework and aims to inform future experimental research.

Keywords: Teaching of philosophy; personalised learning; AI-supported learning; nano-level learning

GİRİŞ

Öğrenme Seviyeleri Hiyerarşisi ve Nano Öğrenme

Eğitim sistemlerinin yapısı, küresel politikaların yanı sıra bireysel öğrenim deneyimlerine uzanan karmaşık bir hiyerarşi çerçevesinde değerlendirilebilir. Supra yani en üst kısım, PISA ve TIMSS gibi uluslararası değerlendirmeler aracılığıyla şekillenen küresel eğitim yaklaşımlarını içermektedir. Makro düzey, ulusal müfredatların ve eğitim politikalarının oluşturulduğu düzeydir. Mezo düzey, okullar veya kurumlar özellikle uygulama düzeyindeki faaliyetleri temsil etmektedir. Mikro düzey, sınıf içinde eğitim yöntemlerinin yürütüldüğü alandır. En alt kısımda bulunan nano düzey ise bireye özgü öğrenme alt sistemlerine ve her öğrencinin belirli ihtiyaçlarına odaklanmaktadır.

Nano öğrenme kavramı, mikro öğrenmenin daha küçük parçalara bölünmesi biçiminde tanımlanabilir. Hug (2005), mikro öğrenmeyi 5-15 dakikalık kısa süreli modüller olarak tanımlarken; nano öğrenme, Aburizaizah ve Albaiz'in (2021) belirttiği üzere, bu süreyi 1-2 dakikaya kısaltarak daha yoğun bir öğrenme deneyimi sunmaktadır. Nano öğrenme, tek bir kavram üzerinde odaklanır ve öğrencinin dikkatini dağıtabilecek unsurlardan arındırılmış bir içerik sunar. Bu modüller, çeşitli formatların kullanımını içermekle beraber mobil teknolojilere de tamamen uyum sağlamaktadır.

Türkiye Bağlamında Yenilikçi Eğitim ve Nano Öğrenme

Türkiye'nin eğitim yapısı, yapay zekâ döneminin ihtiyaç duyduğu yetkinliklerin kazandırılması ve dijital okuryazarlığın geliştirilmesi amaçları doğrultusunda yeniden yapılandırılmaktadır. Ancak, kalabalık sınıflar ve standart öğretim yöntemleri, her bir öğrencinin bireysel ihtiyaçlarına uygun yanıt vermeyi zorlaştırmaktadır. Diğer yandan, mobil teknolojilerin yaygın kullanımı ve genç neslin dijital araçlara olan yatkınlığı, yenilikçi öğretim yöntemlerinin uygulanabilmesi için önemli bir fırsat sunmaktadır. Bununla beraber nano öğrenme, kısa süreli, hedefe yönelik ve kişiselleştirilmiş yapısıyla, öğrencilerin bireysel gereksinimlerine cevap verebilirken aynı zamanda öğretmenlerin farklılaştırma çabalarını destekleyebilmektedir.

Felsefe Eğitiminde Yapay Zekâ ve Nano Öğrenme

Felsefe eğitimi, soyut kavramların anlaşılması, karmaşık argümanların incelenmesi ve eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesi gibi özel zorlukları barındırmaktadır. Geleneksel öğretim yöntemleri, öğrencilerin çeşitli öğrenme hızları ve stillerine yeterince uyum sağlayamayabilir. Bu noktada nano öğrenme yaklaşımı, felsefi içeriğin tek bir amaca yönelik küçük ve son derece hedefli bilgi parçacıklarına dönüşmesine olanak tanıyarak bu zorlukların üstesinden gelinmesine yardımcı olabilir. Yapay zekâ teknolojileri, öğrencilerin düşünme süreçlerini izleyebilir, kavramsal hataları tespit edebilir ve anında geri bildirim verebilir. Bu parçalı yapı, öğrencilerin kavramsal yükünü azaltabilir ve soyut düşünceleri adım adım öğrenmelerine olanak tanıyabilir.

Çalışmanın Amacı

Bu bildirinin ana hedefi, yapay zekâ destekli nano düzeyde kişiselleştirilmiş öğrenme birimlerinin felsefe eğitimine nasıl entegre edilebileceğini teorik bir çerçevede araştırmaktır. Çalışma, her öğrencinin ihtiyaçlarına uygun nano öğrenme birimlerinin nasıl oluşturulabileceğini ve yapay zekânın bu süreçteki rolünü ele incelemektedir. Literatürde, felsefe gibi soyut düşünce gerektiren alanlarda nano öğrenmenin uygulanmasına dair sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu araştırma, bu boşluğu doldurmayı ve gelecekteki deneysel çalışmalar için teorik bir temel oluşturmayı hedeflemektedir.

Kuramsal Çerçeve

Nano Öğrenme ve Kavramsal Temelleri

Sweller'in (1988) bilişsel yük teorisi, çalışma belleğinin sınırlı kapasitesinin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır. Nano öğrenme, bilgiyi küçük parçalara ayırarak bilişsel yükü azaltma amacını taşımaktadır. Miller'in (1956) parçalama kavramı, bilgiyi anlamlı küçük birimlere ayırmanın bellek kapasitesini artırdığını göstermektedir. Modern öğrenicilerin dikkat sürelerinin kısalığı, nano öğrenmenin gerekliliğini desteklemektedir. Ayrıca, aralıklı tekrar ilkesi, kısa ve sürekli tekrar eden öğrenme oturumlarının daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, nano öğrenmenin mikro öğrenmenin yalnızca daha da kısaltılmış bir biçimi olmaktan ziyade, tek bir öğrenme hedefine odaklanan, çoğu zaman mobil ve informal bağlamlara gömülü mikro-mikro bir yapı sunduğunu vurgulamaktadır (Aburizaizah & Albaiz, 2021; Roy ve diğerleri, 2024). Bu yapı, özellikle dikkat süresi kısa, zaman baskısı yüksek ve cihaz-temelli etkileşimlerin yoğun olduğu öğrenme ortamlarında avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte, nano öğrenme birimlerinin tek bir "öğrenme noktası"na ve çok sınırlı bir zaman dilimine indirgenmesi, özellikle kavramsal derinlik ve uzun soluklu akıl yürütme gerektiren alanlarda, daha geniş ölçekli öğretim tasarımlarına eklemlenmediği takdirde yüzeyselleşme riskini de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle nano öğrenme, karmaşık disiplinlerde bağımsız bir öğretim modeli olmaktan çok, daha kapsamlı bir müfredatın içinde kavramsal giriş, ön-örgütleyici, köprü etkinlik veya pekiştirme aracı olarak konumlandırıldığında daha işlevsel görünmektedir (Reynolds, 2025; Pham ve diğerleri, 2023).

Kişiselleştirilmiş Öğrenmenin Kavramsal ve Tarihsel Temelleri

Kişiselleştirilmiş öğrenme fikri, eğitim tarihinde köklü temellere sahiptir. Bloom (1984), ustalık öğrenmesi yaklaşımında, her öğrencinin kendi hızında gelişebileceği ve belirli öğrenim hedeflerine ulaşana kadar gerekli desteği alabileceği bir sistemi önermiştir. Bu yöntem, kişiselleştirilmiş öğrenmenin erken örneklerinden birini teşkil etmektedir. Tomlinson (2001), farklılaştırılmış öğretim kavramını geliştirerek öğretmenlerin içeriği, süreci ve çıktıları, öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeylerine, ilgi alanlarına ve öğrenme tarzlarına uyacak şekilde uyarlaması gerektiğini vurgulamıştır.

Modern anlamda kişiselleştirilmiş öğrenme, U.S. Department of Education (2010) tarafından öğrenme deneyimlerinin, her bir öğrencinin özel öğrenme gereksinimlerine, ilgi alanlarına, hedeflerine ve kültürel geçmişine göre düzenlendiği bir strateji olarak tanımlanmaktadır. Pane, Steiner, Baird ve Hamilton (2015) tarafından gerçekleştirilen bir analiz bu yöntemlerin uygulanabilirliğini destekleyen dört temel yapısal bileşeni ortaya koymaktadır; öğrenci kontrolü ve tercihleri, esnek öğrenim ortamları, yeterlilik bazlı ilerleme ve öğrenci verilerine dayanan öğretim kararları.

Walkington ve Bernacki (2019) tarafından vurgulanan şekliyle, kişiselleştirilmiş öğrenme yaklaşımı esasen dört ana boyut etrafında şekillenmektedir. Bu boyutlar, öğrencinin etkinliğini ve özel ihtiyaçlarını en üst düzeye çıkarmayı hedeflemektedir. İlk olarak, Hız Kişiselleştirmesi, her öğrencinin konulara kendi bilişsel hızında yaklaşmasına imkân tanır. İkincisi, İçerik Kişiselleştirmesi, öğrencinin ilgi alanları, hedefleri ve kültürel geçmişi ile uyumlu olan ve öğrenmeyi daha bağlantılı hale getiren materyaller sunar (örneğin, etik teorilerin müzikle örneklendirilmesi). Üçüncü boyut, Yöntem Kişiselleştirmesi, Fleming ve Mills'in (1992) VARK modeline dayalı sınıflamaları kullanarak, öğrencinin bireysel öğrenme tarzına (görsel, işitsel, kinestetik) uygun öğretim stratejileri ve materyalleri seçmeyi gerektirir. Son olarak, Öğrenme Yolu Kişiselleştirmesi, ortak öğrenme hedeflerine ulaşmak için öğrencilere çeşitli ve esnek ilerleme yolları sunarak, bireysel öğrenme tercihlerine göre süreçlerin yönetilmesini sağlar.

Yapay Zekânın Kişiselleştirmedeki Rolü

Yapay zekâ teknolojileri, kişiselleştirilmiş öğrenme yöntemlerinin geleneksel sınırlamalarını aşarak bu stratejilerin geniş çapta ve sistematik bir şekilde hayata geçirilmesinde önemli bir etki yaratan bir dönüşüm sağlamaktadır (Luckin ve diğerleri, 2016). Bu dönüşümün merkezinde, öğrenci performansını sürekli olarak izleyen ve içeriği dinamik bir biçimde yeniden düzenleyen Adaptif Öğrenme Sistemleri (ALS) bulunmaktadır.

VanLehn (2011) ve Holmes ve diğerleri (2019) tarafından belirtildiği üzere, bu sistemler, bireysel özel ders deneyimini taklit etmekte ve öğrenci, pedagojik ve alan bilgi modellerini içeren Akıllı Öğretim Sistemleri (ITS) ile olan yakın bağları sayesinde etkilerinin özel dersler kadar güçlü olabileceği iddia edilmektedir. Ayrıca, Doğal Dil İşleme (NLP) ve büyük dil modelleri (Kuhail ve diğerleri, 2023), öğrencilerin felsefi argümanlarını inceleyerek mantıksal tutarsızlıkları tespit edebilir ve Sokratik sorgulamalar gerçekleştirerek etkileşimi derinleştirip yapay zekâ'nın mentor rolünü güçlendirmektedir.
Öğrenme Analitiği ve Tahmine Dayalı Modelleme (Baker & Inventado, 2014) ise geniş öğrenci verilerini analiz ederek, öğrenme risklerini önceden belirlemeyi ve öğretim müdahalelerinin optimize edilmesini mümkün kılmaktadır. Sonuç olarak yapay zekâ, öğrencilere bireysel öğrenme yolları geliştirme, anlık geri bildirim sağlama ve öğretmenlere veri temelli içgörüler sunma olanağı tanıyarak (Ally & Perris, 2022) akademik başarıyı, motivasyonu ve katılımı önemli ölçüde artırma kapasitesine sahip olduğu ifade edilmektedir (Zawacki-Richter ve diğerleri, 2019). Ancak son dönemde özellikle felsefi deneme yazımı bağlamında generatif yapay zekâ araçlarının kullanımı, kişiselleştirme ve geri bildirim potansiyeli kadar, özgünlük, değerlendirme ve felsefi yazma pratiğinin doğası açısından yeni tartışmalar da doğurmuştur. Teaching Philosophy dergisinde yayımlanan çalışmalar, büyük dil modellerinin öğrencilerin felsefi argüman kurma süreçlerinde iskelet metinler, örnek argümanlar ve stil önerileri sunarak belirli açılardan yazma sürecini kolaylaştırdığını; fakat aynı zamanda, hem akademik dürüstlük hem de öğrencinin "felsefe yapma" deneyimini doğrudan yaşaması bakımından ciddi sorular ortaya çıkardığını göstermektedir (Bohlmann & Berger, 2024). Benzer şekilde üretken yapay zekanın felsefe pedagojisine etkisini tartışan çalışmalar, bu araçların, öğrencilerin metinle doğrudan karşılaşmasını ve kendi kavramsal mücadelesini yaşamasını ikame edecek biçimde kullanılmasının, felsefi eğitimin hedefleriyle gerilim içinde olduğunu; buna karşın iyi yapılandırılmış, şeffaf ve sınırları açıkça tanımlanmış kullanımların, geri bildirim ve alıştırma üretimi gibi alanlarda öğretmenleri destekleyebileceğini vurgulamaktadır (Rossing, 2024; Zawacki-Richter vd., 2019).

Felsefe Eğitiminin Pedagojik Özellikleri

Felsefe eğitiminin hedefleri arasında eleştirel düşünme, argümantasyon ve kavramsal analiz bulunmaktadır. Ennis (1962), eleştirel düşünmeyi analiz yapma, değerlendirme, çıkarımda bulunma ve öz-düzenleme becerilerini içeren bir süreç olarak tanımlar. Felsefe eğitimi, öğrencilerin öz-farkındalıklarını artırmakta ve bağımsız düşünme yeteneklerini geliştirmektedir. Ancak, soyut kavramlar, yoğun içerikler ve karmaşık argümanlar önemli zorluklar teşkil etmektedir. Argümantasyon becerileri, argüman yapısını anlama, geçerliliği inceleme ve mantıksal hataları tespit etme yeteneklerini içermektedir.

Nano Öğrenme ve Yapay Zekâ Destekli Felsefe Öğretim Modeli

Nano Öğrenme Birimlerinin Tasarımı

Etkili bir nano öğrenme birimi, belirli ve ölçülebilir bir öğrenme hedefi ile yapılandırılmaktadır. Bu hedef, örneğin "Platon'un idea kavramını tanımlayabilme" olarak belirtilebilir. Bu birim, bir ila iki dakikayı aşmayan, çeşitli formatlarda sunulan içerik sunumu, öğrencilerin aktif katılımını teşvik eden ile etkililiği ölçen etkileşim ve değerlendirme ile birlikte açıklama, hata analizi ve yönlendirme sağlayan anında geri bildirim içeren dört temel unsurdan oluşmaktadır. Bu birimlerin uygulamalarında yapay zekâ, hem teknik araç olarak içerik dağıtımı ve veri işleme işlevini gerçekleştirmekte hem de pedagojik rehber olarak içeriği öğrenci seviyesine uygun bir şekilde uyarlamaktadır.

Yapay zekâ, aynı zamanda, öğrencilerin kavramsal hatalarını ve rasyonel tutarsızlıklarını tespit eden bir düşünce becerileri geliştirici ve Sokratik sorgulama tarzı ile eleştirel düşünmeyi teşvik eden bir akıl hocası rolü üstlenmektedir. Bu doğrultuda, geri bildirim özellikleri anlık, özelleştirilmiş ve farkındalık oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Öğrenme yolları ve ilerleme, nano birimlerin birbirine bağlı bir ağ yapısı içerisinde planlanmasına dayanır; burada uyarlanabilir algoritmalar, öğrencinin başarısına göre pekiştirme veya daha ileri birimlere yönlendirme sağlayarak dinamik bir ilerleme gerçekleştirir.

Bu işlevleri yerine getirebilen bir büyük dil modelinin (LLM) geliştirilmesi, genel amaçlı metin üreticilerden farklı olarak alan ve görev odaklı bir uyarlama sürecini gerektirmektedir. İlk aşamada model, felsefe ve akademik yazma korpusları üzerinde alan uyarlamasına tabi tutulur; bu korpus, birincil ve ikincil felsefe metinleri, felsefi deneme örnekleri, tez cümleleri, kavram tanımları, argüman paragrafları ile karşıt argüman–yanıt çiftlerini içerecek şekilde yapılandırılır. Bunu izleyen denetimli ince ayar (supervised fine-tuning) aşamasında, nano öğrenme birimlerinde tanımlanan her alt görev (problem belirleme, literatür stratejisi, tez güçlendirme, kavram tanımı, refleksiyon üretme, argümantasyon, karşıt görüşlere yanıt verme) açıkça etiketlenmiş öğretmen–öğrenci diyalogları ve "öğrenci metni → nitelikli geri bildirim ya da iyileştirilmiş çıktı" örnekleri üzerinden modele öğretilir. Böylece model, yalnızca dilsel olarak akıcı metin üretmeyi değil, belirli bir yazma aşamasında hangi tür pedagojik müdahalenin uygun olduğunu da örnekler üzerinden öğrenir.

İkinci aşamada, modelin nano öğrenme ve kişiselleştirilmiş geri bildirim davranışı için talimat ayarlı ve tercihe dayalı bir ince ayar süreci yürütülür. Her eğitim örneği, bağlama gömülü bir "öğrenci profili" (düzey, sık görülen hata türleri, ilgi alanları, önceki cevaplar vb.) ve "görev tipi" (örneğin tez güçlendirme, kavram tanımlama, karşıt görüş yanıtı ve benzeri) ile düzenlenir ve modelden kısa, odaklı, aşamaya uygun çıktı üretmesi beklenir. Felsefe ve felsefe eğitimi alan uzmanlarının model çıktıları üzerindeki değerlendirmeleri ve açıklamalı düzeltmeleri, tercihe dayalı İnsan Geri Bildirimli Pekiştirmeli Öğrenme (RLHF – Reinforcement Learning from Human Feedback) ve Yapay Zekâ Geri Bildirimli Pekiştirmeli Öğrenme (RLAIF – Reinforcement Learning from AI Feedback) optimizasyonları ile model geri beslenerek hem felsefi hem de pedagojik uygunluk bakımından iyileştirme sağlanır. Böylece ortaya çıkan LLM, nano öğrenme birimlerinin yapısına gömülü hedefleri tanıyan, öğrencinin önceki performansına duyarlı ve yazma sürecinin her aşamasında işlevsel, yapılandırılmış geri bildirim üretebilen bir bileşen hâline getirilir.

Uygulama Senaryoları

Örnek Senaryo: Felsefi Deneme Yazma Stratejisi

Felsefi deneme yazma, nano öğrenme için elverişli bir yapı sunar. Yazma sürecinin temel bileşenleri (felsefi problem belirleme, literatür taraması, ana tez oluşturma, temel kavramları tanımlama ve sınır çizme, refleksiyona dayalı düşünme, argümantasyon ve karşıt görüşlere yanıt verme) birbirinden ayrılabilir, kısa ve odaklı nano birimler hâlinde düzenlenebilir. Her bir nano birim, kısa bir açıklama, küçük bir etkileşim etkinliği ve öğrencinin seviyesine uyarlanmış kişiselleştirilmiş geri bildirim bileşenlerinden oluşur. Yapay zekâ burada hem içerik sunan teknik araç hem de yazma sürecini adım adım izleyerek öğrenciye rehberlik eden pedagojik bir destekleyici olarak konumlanır.

Felsefi Problem Belirleme: Felsefi denemenin başlangıç noktası, açık ve odaklı bir felsefi problemin belirlenmesidir. Geniş, belirsiz ve günlük dilde kalan sorulardan kaçınmak, bunun yerine kavramsal olarak açık ve tartışmaya elverişli sorular üretmek esastır. Örneğin "Özgürlük önemli midir?" gibi genel bir soru yerine "Determinist bir evrende ahlaki sorumluluk mümkün müdür?" gibi sınırları belirlenmiş bir soru tercih edilir.

Burada amaç, öğrencinin hem kavramları tanıması hem de soruyu argümantatif olarak işlenebilir hâle getirmesidir.

Etkileşim: Öğrencilere geniş bir konu (örneğin özgür irade, adalet, mutluluk) verilir ve bu konudan yola çıkarak üç farklı felsefi soru üretmeleri istenir. Ardından, bu üç sorudan hangisinin daha "felsefi olarak işlenebilir" olduğuna karar vermeleri ve gerekçelendirmeleri beklenir.

Kişiselleştirme: Yapay zekâ, öğrencinin önceki derslerde işlediği konuları ve okuma geçmişini analiz eder. Determinizm kavramına aşina olmayan bir öğrenciye önce "Determinizm nedir?" başlığı altında kısa bir kavramsal açıklama ve gündelik örnekler sunar. Metafizik ve özgür irade tartışmalarına daha önce aşina olan bir öğrenciye ise doğrudan "uyumculuk–sert determinizm–libertaryen özgürlük" ayrımına dayalı daha karmaşık soru örnekleri önerir.

Literatür Taraması: Felsefi deneme yazmada literatür taraması, yalnızca kaynak toplama değil, hangi tür metnin hangi işlevi gördüğünü ayırt edebilme becerisini de içerir. Birincil kaynaklar filozofların özgün metinleri, ikincil kaynaklar ise bu metinler üzerine yazılmış yorum ve incelemelerdir. Öğrencinin, içindekiler bölümü, kavram dizini veya anahtar terimler aracılığıyla ilgili bölümleri saptamayı öğrenmesi, sistematik tarama alışkanlığını güçlendirir.

Etkileşim: Öğrencilere belirli bir konu (örneğin "adalet" veya "özgür irade") verilir. Görev, bu konu için en az bir birincil (filozof metni) ve bir ikincil (yorum/inceleme) kaynak türünü tanımlamak ve her birinin denemedeki işlevini (örneğin, kavramsal çerçeve ve tarihsel bağlam oluşturma, eleştirel değerlendirme) kısaca yazmaktır.

Kişiselleştirme: Yapay zekâ, öğrencinin hazırladığı taslak tezleri ve kullandığı kaynakları inceler. Eğer tez, dayandığı metinlerle yeterince desteklenmiyorsa, yapay zekâ öğrencinin ilgi alanlarına (örneğin, siyaset felsefesi, etik, zihin felsefesi) uygun üç güçlü tez örneği ve bu tezlere temel oluşturabilecek birincil–ikincil kaynak eşleştirmeleri önerir.

Ana Tez Oluşturma: Felsefi denemenin omurgasını ana tez oluşturur. Tez, denemenin hangi iddiayı savunduğunu açık biçimde ifade eden, belirsiz ifadelerden arındırılmış bir cümle ya da cümleler bütünü olmalıdır. "Bu konuda farklı görüşler vardır" gibi betimleyici ve tarafsız cümleler tez yerine geçmez. Tez, tartışmaya açık, savunulabilir bir iddia ortaya koymalıdır.

Etkileşim: Öğrencilere, zayıf veya belirsiz tez örnekleri (örneğin "Özgür irade karmaşık bir konudur") sunulur ve bunları güçlü tez ifadelerine dönüştürmeleri istenir (örneğin "Eğer nedensel determinizm doğruysa, geleneksel anlamda anlaşılan ahlaki sorumluluk kavramı savunulamaz"). Öğrencilerden her dönüşüm için kısa bir gerekçe yazmaları beklenir.

Kişiselleştirme: Eğer bir öğrenci yeterli standartlara sahip bir tez üretemiyorsa, yapay zekâ öğrencinin önceki yazı örneklerini ve ilgi alanlarını dikkate alarak üç farklı yetkin tez örneği sunar. Bu tezler, öğrencinin seçtiği temalar (örneğin, özgürlük, adalet, mutluluk, yapay zekâ etiği) doğrultusunda yapılandırılır ve öğrenciye, kendi tezini bu örneklerden hareketle yeniden formüle etmesi için adım adım yönlendirme sağlanır.

Temel Kavramları Tanımlama ve Sınır Çizme: Felsefi denemede kullanılan temel kavramların (adalet, özgürlük, sorumluluk, determinizm vb.) tanımları açık seçik yapılmalı ve denemenin bağlamına uygun şekilde sınırlandırılmalıdır. Kavramların gündelik dildeki, hukuktaki veya belirli bir felsefi akımdaki kullanımları farklılık gösterebilir. Bu nedenle öğrenci, hangi anlamı esas aldığını metnin başında veya ilgili bölümde belirginleştirmelidir.

Etkileşim: Öğrencilere "adalet" gibi temel bir kavram verilir ve şu üç adımı tamamlamaları istenir: (1) Gündelik dilde adaletin nasıl kullanıldığını kısa bir paragrafta betimleme, (2) felsefi bir perspektiften adaleti tanımlama (örneğin, "herkese hak ettiğini verme" gibi bir ilkeden yola çıkarak), (3) seçilen tanımın sınırlarını belirleme (örneğin, bu adalet anlayışının eşitlik, liyakat, ihtiyaç, hakkaniyet gibi ilkelerle ilişkisini kısaca irdeleme).

Kişiselleştirme: Yapay zekâ, öğrencinin kavramsal açıklamalarını analiz ederek hangi düzeyde kavrama sahip olduğunu kestirir. Temel seviyedeki öğrencilere sade tanımlar ve gündelik hayattan örnekler (örneğin, sınıfta not dağıtımı, aile içinde paylaşım) sunar. İleri düzeydeki öğrenciler için ise kavramın farklı felsefi geleneklerdeki (örneğin, Aristotelesçi, Rawlsçu, faydacı) kullanımını karşılaştırmalı bir biçimde özetler ve öğrenciden, bunlardan hangisini benimseyip nedenini açıklamasını ister.

Refleksiyona Dayalı Düşünme: Literatür taraması ve kavramsal çözümlemelerden sonra öğrenci, kendi pozisyonunu belirlemelidir. Bu aşama, okunan argümanlar arasında hangilerinin daha ikna edici olduğuna karar verme, olası itirazları öngörme, kişisel veya kuramsal tercihlerin gerekçelendirilmesi süreçlerini içerir. Burada amaç, yalnızca görüş beyan etmek değil, bu görüşün hangi düşünsel dayanaklar üzerinde yükseldiğini açıkça gösterebilmektir.

Etkileşim: Öğrenciden, tartıştığı konuya ilişkin kısa bir kişisel pozisyon cümlesi kurması (örneğin "Nedensel determinizm doğru olsa bile, sorumluluğun belirli bir anlamı korunabilir") ve bu cümleyi en az iki gerekçeyle desteklemesi istenir. Ardından, bu gerekçelerden birinin zayıf noktasını belirlemesi ve onu nasıl güçlendirebileceğine dair kısa bir refleksiyon paragrafı yazması beklenir.

Kişiselleştirme: Yapay zekâ, öğrencinin önceki denemelerindeki eğilimleri (örneğin, belirli filozoflara aşırı bağımlı olma, yalnızca sezgisel gerekçelere yaslanma, ampirik verileri ihmal etme) tespit eder. Refleksiyon aşamasında, öğrencinin baskın eğilimlerini dengeleyecek yönlendirici sorular üretir. Örneğin, yalnızca sezgisel gerekçelerle yetinen bir öğrenciye, "Bu sezgini destekleyen kuramsal veya ampirik bir kaynak gösterebilir misin?" türünden sorular yöneltir.

Argümantasyon: Argümantasyon, temel bir iddianın (tez), bu iddiayı destekleyen kanıtların (örneğin, örnekler, alıntılar, düşünce deneyleri) ve bu ikisi arasındaki ilişkiyi açıklayan analiz veya gerekçelendirme bölümünün bütünlüklü bir yapı içinde bir araya getirilmesini gerektirir. Felsefi denemede paragraf düzeyinde dahi bu üç bileşenin uyumlu bir şekilde bulunması beklenir. Zayıf paragraflar çoğunlukla bu bileşenlerden birinin eksik veya belirsiz olduğu yerlerdir.

Etkileşim: Öğrencilere, tez ve kanıtı içinde barındıran ancak analizi eksik veya dağınık bir paragraf verilir. Görev, paragrafı "iddia–kanıt–analiz" yapısına uygun şekilde yeniden düzenlemek ve her bir bileşenin cümle düzeyinde hangi kısmı oluşturduğunu işaretlemektir. İkinci aşamada, öğrenciden kendi seçtiği bir tez için bu yapıya uygun özgün bir paragraf yazması istenir.

Kişiselleştirme: Yapay zekâ, öğrencinin geçmişte yazdığı metinleri tarayarak hangi bileşende daha sık hata yaptığını (örneğin, kanıt eksikliği, yetersiz analiz, tez–kanıt uyumsuzluğu) tespit eder. Daha sonra, öğrenciye bu zayıflık noktasına odaklanan mini alıştırmalar sunar; örneğin, yalnızca analiz kısmını güçlendirmeye yönelik cümle tamamlama etkinlikleri ya da mevcut kanıtlara uygun tez üretme çalışmaları tasarlar.

Karşıt Görüşlere Yanıt Verme: Felsefi bir denemede tezi güçlendirmenin temel yollarından biri, bu teze yöneltilebilecek karşıt görüşleri ciddiye almak ve bunlara sistematik yanıtlar üretmektir. Buradaki amaç, karşıt görüşleri yüzeysel biçimde bertaraf etmek değil, onları en güçlü hâlleriyle formüle edip buna rağmen savunulan tezin neden hâlâ geçerli ve tercih edilebilir olduğunu göstermektir. Örneğin, "Nedensel determinizm ahlaki sorumluluğu ortadan kaldırır" tezine karşı "Ahlaki sorumluluk için nedensel zorunluluktan ziyade rasyonel özdeşleşme ve akıl yürütme yeterlidir" şeklinde bir karşı tez geliştirilebilir. Öğrenciden beklenen, hem bu tür itirazları doğru anlaması hem de kendi tezini bu itirazları hesaba katarak yeniden yapılandırmasıdır.

Etkileşim: Öğrencilere belirli bir tez ve bu teze yöneltilmiş iki kısa karşıt argüman verilir. İlk aşamada, öğrenciden her bir karşıt argümanı kendi cümleleriyle yeniden ifade etmesi (itirazı doğru anlama) istenir. İkinci aşamada, her bir itiraza en az bir rasyonel cevap üretmeleri beklenir. Son olarak, seçtikleri bir itiraza "mini paragraf" formatında, yani tez, karşıt görüş, yanıt ve kısa sonuç bileşenlerini içeren yapılandırılmış bir metin yazmaları istenir.
Kişiselleştirme: Yapay zekâ, öğrencinin önceki denemelerini analiz ederek hangi tür karşıt görüşleri sistematik olarak ihmal ettiğini (örneğin, deneysel bulgulara dayalı itirazlar, kavramsal ayrım talep eden itirazlar, değer yüklü/ahlaki itirazlar) tespit eder. Uygulama sırasında, öğrencinin zayıf kaldığı türden karşıt görüş örneklerini özellikle seçer. Temel düzeydeki öğrenciler için yarı yapılandırılmış yanıt kalıpları (örneğin "Bu itiraza şöyle yanıt verebilirim: … çünkü …") sunar. İleri düzeydeki öğrenciler için ise farklı felsefi pozisyonlardan (örneğin uyumculuk, sert determinizm, libertaryen özgürlük anlayışı) gelen çok katmanlı itiraz–yanıt kombinasyonları önerir ve öğrenciden, kendi tezini bu çerçevede yeniden formüle etmesini ve gerekçelendirmesini ister.
Bu senaryo, felsefi deneme yazma sürecinin her aşamasını nano öğrenme birimlerine dönüştürerek, yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş bir yazma pedagojisi taslağı sunar. Her bir nano birim, kısa süreli ama derin düşünme gerektiren etkinliklerle hem yazma becerisini hem de felsefi düşünme derinliğini hedefler.

Sınıf İçi Uygulama

Öğretmen, yapay zekâ sistemi aracılığıyla elde dilen kişiselleştirilmiş analiz raporunda her bir öğrencinin nano öğrenme modüllerindeki performansını bireysel olarak kapsamlı şekilde görüntüleyebilmektedir.
Bu rapor, Öğrenci A'nın tez yazma ve kavramsal netlik becerilerinde güçlük çektiğini, Öğrenci B'nin ise yüksek başarısına rağmen kanıt sentezleme modülünde yavaş bir ilerleme kaydettiğini gösterebilmektedir. Özellikle öğrenci C gibi yapısal zorluklar yaşayan öğrenciler için yapay zekâ, acil bir bireysel rehber ve hızlandırılmış temel düzey nano öğrenme dizileri önerisinde bulunabilir. Bu tür kişiselleştirilmiş ve nano düzeydeki yapay zekâ verileri, öğretmenin her bir öğrencinin ne tür yetkinlikleri ve eksiklikleri olduğunu net bir şekilde belirlemesini sağlayarak kişiselleştirilmiş eğitim modelini en üst düzeye çıkarmasına olanak tanımaktadır.

Felsefe Eğitimine Katkılar

Nano öğrenme ve yapay zekanın entegrasyonu, felsefe eğitimine kayda değer katkılarda bulunur. Bu sistem, nano bileşenler ve yapay zekâ kullanarak hataları tespit etmekte, eleştirel düşünme becerisini geliştirmekte ve kavramları çeşitli bağlamlarda sunarak kavramsal anlayışı derinleştirir. Yapay zekâ, argümanları değerlendirir ve zıt görüşler sunarak argümantasyon yeteneklerini güçlendirir. Kısa, oyunlaştırılmış modüller ve hızlı geri bildirimler aracılığıyla öğrencilerin motivasyonu artar. Farklı hız ve öğrenme stillerine adapte olması ve mobil erişim olanağı sağlaması sayesinde eşitliği destekler. Öğretmenler kolaylaştırıcı bir rol üstlenir, veri tabanına dayalı kararlar alır ve idari yüklerini azalır. Bunun yanında felsefe tarihine bakıldığında, Sokrates'ten itibaren felsefi etkinliğin temel biçimlerinden birinin, kısa ama derin sorgulayıcı müdahalelerle ilerleyen diyaloglar olduğu görülür. Platon'un diyaloglarındaki elenktik soruşturma, öğrenciyi adım adım kavramsal çelişkilerle yüzleştirirken, aynı zamanda onu daha kapsamlı bir "yaşam tarzı olarak felsefe" anlayışına doğru yönlendirir. Benzer şekilde, modern felsefe eğitimi tartışmalarından Lipman'ın (2003) sorgulama topluluğu modeli, felsefi düşünmeyi art arda gelen uygun biçimlendirilmiş sorular, kavram açıklama girişimleri ve argüman denemeleri üzerinden somutlaştırır.

Nano öğrenme ve yapay zekâ destekli kısa birimler, bu tarihsel mirasla uyumlu biçimde, öğrenciyi felsefi denemenin ya da tartışmanın bütününe hazırlayan mikro-sorgulama adımları, kavram açma egzersizleri ve argüman denemeleri üretme potansiyeline sahiptir. Eğer bu nano birimler, daha geniş bir diyalog, metin çözümlemesi ve ortak tartışma zeminiyle bütünleştirilirse hem Sokratik sorgulama geleneğine hem de çağdaş felsefe eğitimi yaklaşımlarına uygun şekilde, öğrencinin kendi düşünsel pratiğinin öznesi olmasını destekleyebilir (Lipman, 2003; Biesta, 2009).

Zorluklar ve Sınırlılıklar

Dijital altyapı eksiklikleri, özellikle kırsal alanlarda önemli bir engel oluşturmaktadır. Güvenilir internet bağlantıları ve dijital aletlerin varlığı gerekmektedir. Kaliteli nano birimlerin geliştirilmesi, zaman alıcı bir süreç olup yüksek maliyetler içermektedir. Uzman ekiplerin uyum içinde çalışması şarttır. Öğretmenlerin eğitimi son derece önemlidir. Birçok öğretmen, teknolojiyi eğitim metotlarına entegre etme konusunda yeterli deneyime sahip değildir. Geniş kapsamlı mesleki gelişim programlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Felsefi düşüncenin basite indirgenmesi ciddi riskler taşıyabilmektedir. Karmaşık felsefi meseleler basit parçalara ayrıldığında derinliklerini yitirebilir. Felsefi düşüncenin basitleştirilmesi önemli tehlikeler barındırabilir. Karmaşık felsefi meseleler basit parçalara ayrıldığında derinliklerini yitirebilir. Sokratik diyaloğun insana özgü yönleri yapay zekâ tarafından tam olarak kopyalanamaz. Standartlaşma ile yaratıcılık arasında bir denge sağlanmalıdır. Öğrencilere bağımsız düşünme özgürlüğü verilmelidir. Bunun yanı sıra nano öğrenmenin felsefe dersi kapsamında kullanılması öğrencilerin bütünü görememe riskini de barındırmaktadır. Bu risk, bilgi parçalanmasına neden olarak, öğrencilerin bir felsefi sistemin veya argüman dizisinin içsel tutarlılığını ve kavramsal yapısını bütünsel olarak anlama yetilerini azaltabilir.

Bunların yanında, nano öğrenme ve yapay zekâ entegrasyonu, felsefenin doğasına ilişkin daha derin bazı riskler de barındırmaktadır. Biesta (2009), çağdaş eğitim politikalarını "ölçülebilir çıktılar"a indirgenen bir öğrenme dilinin egemenliği olarak eleştirir ve eğitimin yalnızca yeterlik kazandırma değil, aynı zamanda bireyin özneleşmesi ve toplumsallaşması işlevlerini de taşıdığını savunur. Benzer şekilde Stiegler (2010), dijital teknolojilerin kısa süreli, dağınık dikkat döngüleri üretme eğiliminin, uzun süreli yoğun dikkat ve kültürel belleği tehdit ettiğini tartışır; Illich (1971) ise öğrenmenin kurumlaştırılmasının, bireylerin kendi öğrenme girişimlerini değersizleştirerek "okullaştırılmış toplum" yarattığını ileri sürer. Nano öğrenme birimlerinin felsefi içeriği aşırı derecede parçalayarak yalnızca ölçülebilir küçük görevler dizisine indirgeme riski, bu eleştirilerle birleştiğinde, öğrencinin felsefeyi uzun soluklu metin çalışmaları, kapsamlı argüman zincirleri ve yaşamla ilişkili bir sorgulama pratiği olarak kavrama imkânını daraltabilir. Yapay zekâ, yalnızca hızlı geri bildirim ve doğru-yanlış işaretleyicisine indirgenirse, felsefi eğitimin özünü oluşturan belirsizlikle yaşama, anlam arama ve düşünsel risk alma boyutları gölgede kalabilir (Biesta, 2009; Stiegler, 2010; Illich, 1971).

Sonuç ve Gelecek Tartışmalar

Önerilen nano öğrenme modeli, öncelikle pilot uygulamalarla test edilmelidir. Bu uygulamalar, modelin geçerliliğini, öğrenci ve öğretmenlerin kabul düzeyini ve karşılaşılan pratik zorlukları ortaya koyacaktır. Nano öğrenme destekli felsefe eğitiminin etkinliği, randomize kontrollü deneyler aracılığıyla geleneksel öğretim yöntemleriyle karşılaştırılmalı ve öğrencilerin başarıları, eleştirel düşünme yetenekleri, argümantasyon becerileri, kavramsal anlayışları ve motivasyon üzerindeki uzun vadeli etkileri izlenmelidir.

Farklı yaş grupları, disiplinler ve içerik karmaşıklık seviyeleri için en uygun nano birim süresinin deneysel olarak belirlenmesi gerekmektedir. Metin, görsel, video, ses ve etkileşimli simülasyonlar gibi çeşitli içerik formatlarının etkinliği sistematik bir şekilde karşılaştırılmalıdır. Ayrıca, felsefi argüman analizi, kavramsal hata tespiti ve Sokratik sorgulama yetenekleri içeren, felsefe eğitimine özel yapay zekâ algoritmalarının geliştirilmesi önem arz etmektedir. Nano öğrenmenin eleştirel düşünme yetenekleri üzerindeki kalıcı etkisi, uzun vadeli araştırmalarla incelenmelidir. Öğrencilerin felsefeye yönelik tutumları, motivasyon seviyeleri ve öz-yeterlilik inançlarının etkileri ayrıntılı bir şekilde analiz edilmelidir.

Nano öğrenme ve yapay zekâ destekli özelleştirilmiş eğitim, felsefe öğretiminde dönüşüm sağlayan bir potansiyele sahiptir. Ancak bu potansiyelin uygulanabilmesi, özenli bir tasarım, sürekli bir değerlendirme süreci ve etik sorumluluklar gerektirmektedir. Yapay zekâ, öğretmenlerin yerini almak amacıyla değil, onların becerilerini geliştirmek ve desteklemek amacıyla kullanılacağını unutmamak gerekir. Felsefe eğitiminde yer alan eleştirel sorgulama anlayışı, Sokratik diyalog geleneği ve insani etkileşimlerin zenginliği korunmalı ve ileriye taşınmalıdır.

KAYNAKÇA

Aburiizazaizah, S. J., & Albaiz, T. A. (2021). Review of the use and impact of nano-learning in education. *4th International Conference on Research in Education*.

Ally, M., & Perris, K. (2022). Artificial intelligence and personalized learning in lifelong learning. In B. Hokanson, M. Exter, A. Grincewicz, M. Schmidt, & A. A. Tawfik (Eds.), *Educational technology beyond content* (pp. 221-235). Springer.

Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). The design and analysis of disengagement in intelligent tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *24*(2), 209–224.

Biesta, G. (2009). Good education in an age of measurement: On the need to reconnect with the question of purpose in education. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, *21*, 33-46.

Bloom, B. S. (1984). The two sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, *13*(6), 4–16.

Bohlmann, M., & Berger, A. M. (2024). ChatGPT and the writing of philosophical essays: An experimental study with prospective teachers on how the Turing test inverted. *Teaching Philosophy*, *47*(2), 233–253.

Ennis, R. H. (1962). A concept of critical thinking. *Harvard Educational Review*, *32*(1), 81-111.

Fleming, N. D., & Mills, C. (1992). Not another inventory, rather a catalyst for reflection. *To Improve the Academy*, *11*, 137-155.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Hug, T. (2005). Micro learning and narratives. *Proceedings of the European Conference on e-Learning* (pp. 276-282).

Illich, I. (1971). *Deschooling society*. Harper & Row.

Kuhail, M. A., Civelek, E. M., & Al-Qatamin, Z. (2023). ChatGPT: A systematic review of the literature and directions for future research. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *20*(1), 1–32.

Lipman, M. (2003). *Thinking in education* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Luckin, R., Bligh, B., Kastis, N., Merca, J., Mullan, J., & Walker, M. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two. *Psychological Review*, *63*(2), 81-97.

Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2015). *Continued progress: Promising evidence on personalized learning*. RAND Corporation.

Pham, X. L., Nguyen, P. N., & Nguyen, T. H. (2023). Innovative approaches to learning: An examination of nano-learning research. In *2023 14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)* (pp. 212-217). Koriyama, Japan.

Reynolds, J. (2025). Nanolearning in higher education: The next big thing? *ICHRIE Research Reports*, *10*(2), Article 5.

Rossing, C. R. (2024). Exploring the uncharted: Considering the impact of generative AI in philosophical pedagogy. *Sorge*, *2*(1).

Roy, B., & Ansari, S. H. (2024). Review of the present educational scenario: The uses and effects of nano-learning. *Educational Administration: Theory and Practice*, *30*(1), 5564-5570.

Stiegler, B. (2010). *Taking care of youth and the generations*. Stanford University Press.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, *12*(2), 257-285.

Tomlinson, C. A. (2001). *How to differentiate instruction in mixed-ability classrooms* (2nd ed.). ASCD.

U.S. Department of Education, Office of Educational Technology. (2010). *Transforming American education: Learning powered by technology* (National Education Technology Plan 2010). U.S. Department of Education.

VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, *46*(4), 197–221.

Walkington, C., & Bernacki, M. (2019). Personalizing instruction to student interests and goals: Connecting to past research and next-generation learning environments. *Educational Psychology Review*, *31*(1), 173–193.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *16*(1), 1–27.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

A SYSTEMATIC ANALYSIS OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS IN BIM–GEOTECHNICAL INTEGRATION

Dr. Merve AKBAS
Istanbul Technical University, Civil Engineering Faculty
ORCID: 0000-0001-8466-2463

Dr. Firat Dogu AKIN
Istanbul Technical University, Civil Engineering Faculty
ORCID: 0000-0002-3212-488X

ABSTRACT
The integration of Building Information Modeling (BIM) into geotechnical engineering has accelerated significantly as digital transformation efforts intensify across the architecture, engineering, and construction (AEC) sector. Geotechnical projects, characterized by uncertainty, complex subsurface conditions, and multidisciplinary interactions, increasingly require structured and transparent decision-making frameworks. Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods have therefore become central tools in evaluating cost, risk, interoperability, time, sustainability, and technical performance within BIM-supported geotechnical workflows. This study presents a systematic analysis of existing research on BIM–geotechnical applications employing MCDM approaches. The findings indicate that Analytic Hierarchy Process (AHP) is the most frequently used method, often combined with complementary computational techniques, while PROMETHEE, DEMATEL, CRITIC, MOORA, MAUT, ELECTRE, DEX, and other hybrid models also appear across diverse applications such as tunneling, excavation support, foundation engineering, landslide assessment, and transportation infrastructure. The review further reveals the prominence of cost, interoperability, time, and risk criteria in decision-making frameworks, along with notable emphasis on BIM use in design and construction phases. The study provides a structured synthesis of methodological advancements and thematic patterns, highlighting how MCDM methods support data integration, collaboration, and performance assessment in BIM-enabled geotechnical systems.
Keywords: Building Information Modeling (BIM), Multi-Criteria Decision-Making (MCDM), Numerical Integration, Digital Geotechnical Workflows

BIM–GEOTEKNİK ENTEGRASYONU VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME: YÖNTEMLER, KRİTERLER VE UYGULAMA ALANLARI

ÖZET
Yapı Bilgi Modellemesi'nin (BIM) geoteknik mühendisliğine entegrasyonu, mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) sektöründeki dijital dönüşümün hız kazanmasıyla birlikte belirgin bir şekilde artmıştır. Belirsizliklerin hâkim olduğu zemin koşulları, karmaşık zemin–yapı etkileşimleri ve çok disiplinli süreçlerin yönetimi, geoteknik projelerde yapılandırılmış ve şeffaf karar verme çerçevelerine duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu doğrultuda, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri; maliyet, risk, birlikte çalışabilirlik, süre, sürdürülebilirlik ve teknik performans gibi kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesinde BIM destekli jeoteknik iş akışlarının temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Bu çalışma, BIM–geoteknik uygulamalarında kullanılan ÇKKV yaklaşımlarını sistematik olarak incelemekte ve mevcut araştırmaların kapsamlı bir analizini sunmaktadır.

Bulgular, Analitik Hiyerarşi Süreci'nin (AHP) en yaygın yöntem olduğunu ve çoğu zaman tamamlayıcı hesaplama teknikleriyle birlikte kullanıldığını göstermektedir. Bunun yanı sıra PROMETHEE, DEMATEL, CRITIC, MOORA, MAUT, ELECTRE, DEX ve çeşitli hibrit modeller gibi diğer yöntemlerin de tünelcilik, kazı destek sistemleri, temel mühendisliği, heyelan değerlendirmesi ve ulaşım altyapısı gibi geniş bir uygulama alanında kullanıldığı görülmektedir. İnceleme ayrıca karar verme çerçevelerinde maliyet, birlikte çalışabilirlik, süre ve risk kriterlerinin öne çıktığını ve BIM kullanımının özellikle tasarım ve yapım aşamalarında yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Çalışma, yöntemsel eğilimleri ve tematik örüntüleri bütüncül bir biçimde sentezleyerek, ÇKKV yöntemlerinin BIM destekli jeoteknik sistemlerde veri entegrasyonu, disiplinlerarası iş birliği ve performans değerlendirme süreçlerine nasıl katkı sunduğunu açıklığa kavuşturmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV); Sayısal Entegrasyon, Dijital Geoteknik İş Akışları

INTRODUCTION

Geotechnical engineering is characterized by complex decision-making environments resulting from the inherent variability of subsurface conditions, the multidimensional nature of soil–structure interaction problems, and the significant uncertainties associated with predicting ground behavior. These challenges necessitate rigorous evaluation frameworks that incorporate both quantitative and qualitative criteria. As digital transformation accelerates across the engineering sector, Building Information Modeling (BIM) has become an increasingly influential platform for managing geotechnical information, supporting data-driven design, and enhancing coordination among project stakeholders. BIM enables centralized data exchange, improved visualization of geological and geotechnical models, and integrated workflows that facilitate more transparent and informed decision-making processes across the project lifecycle.

Within this evolving digital ecosystem, Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods have emerged as essential tools for systematically evaluating alternatives under multiple, often conflicting, performance indicators. The reviewed literature shows that MCDM methods such as Analytic Hierarchy Process (AHP), PROMETHEE, CRITIC, MOORA, fuzzy DEMATEL, MAUT, ELECTRE, DEX, and various hybrid computational approaches are being applied across a wide range of geotechnical applications. These include tunnel-induced settlement risk assessment, excavation support optimization, foundation system evaluation, seismic retrofitting technique selection, transportation alignment planning, sustainability assessment, and geological hazard prediction. The integration of BIM and MCDM is particularly evident in large-scale urban tunnel projects, where complex geometric conditions, settlement risks, and data-intensive workflows require the simultaneous evaluation of risk, cost, construction sequencing, and geotechnical uncertainty.

In foundation and earthwork engineering, BIM-driven MCDM approaches contribute to design optimization and geotechnical data management. For example, GeoBIM-based workflows in foundation modeling rely on multi-criteria evaluation of data quality, interoperability, and constructability [1], while alignment optimization studies for highways and forest roads [2,3] use CRITIC, MOORA, and algorithmic decision models to evaluate environmental, geometric, and operational criteria simultaneously within BIM–GIS integrated platforms.

Beyond design, BIM-enabled MCDM also supports material and resource management in geotechnical operations. For instance, soil and excavation waste management studies [4] integrate BIM, GIS, and IoT systems to facilitate multi-objective planning, where criteria such as cost, schedule, and environmental benefit are evaluated concurrently.

Similar multi-criteria frameworks appear in sustainability-driven infrastructure assessments such as bridge design [5] and railway tunnel climate adaptation strategies [6].

The growing body of research demonstrates that BIM adoption in geotechnical engineering is most prevalent during the design phase (21 studies) [1,2,4–22], followed by construction (14 studies) [1,4,5,7–10,12–16,23,24] and operation (7 studies) [4,9,10,13,14,23,25], underscoring BIM's role as an integrative design and analysis environment. Across these studies, commonly used decision criteria include cost (13 studies) [1–3,5,7,10–12,17–19,23,24], interoperability and data exchange (7 studies) [1,5,9,14,19,20,24], time/schedule (6 studies) [1,2,5,11,13,17], risk (6 studies) [7,10,21,22,24,25], technical accuracy (5 studies) [1,2,8,12,14], and sustainability (3 studies) [5,6,11]. These patterns reveal that geotechnical decision-making within BIM workflows is driven by a balanced combination of economic, technical, and digital coordination considerations.

Given the diversity of methodologies, criteria, and digital platforms represented in the literature, there is a clear need for a structured, systematic synthesis. Understanding how MCDM methods are integrated into BIM-supported geotechnical processes is critical for identifying current trends, methodological gaps, and future research opportunities. Therefore, the purpose of this study is to analyze the state of the art in BIM–geotechnical research using MCDM approaches by classifying the methods, decision criteria, thematic domains, and integration patterns reported in existing studies. This review provides a comprehensive perspective on how multi-criteria analytical approaches enhance the rigor and transparency of decision-making in geotechnical engineering under increasingly digitalized project environments.

METHODOLOGICAL FRAMEWORK

The literature screening process was designed to ensure a focused and methodologically coherent dataset capable of representing the state of research at the intersection of BIM and geotechnical engineering under multi-criteria decision-making paradigms. The initial body of work consisted of a broad collection of studies identified through a large-scale semantic search encompassing BIM-enabled decision-making in geotechnical contexts. To refine this corpus, a multi-stage eligibility procedure was adopted. First, only studies in which the engineering problem demonstrably fell within the domain of geotechnical practice—such as tunneling, deep excavations for underground infrastructure, foundation systems, earth-retaining structures, slope and geohazard assessments, or large-scale earthworks—were retained. This ensured that the reviewed material reflected the types of subsurface-related uncertainties and soil–structure interaction challenges that characterize geotechnical decision problems. A second prerequisite for inclusion was the explicit or implicit utilization of Building Information Modeling (BIM) as part of the project workflow. This criterion encompassed studies that employed BIM either as a central information management environment or as an integrative digital platform linked to complementary technologies such as GIS, IFC-based data structures, LiDAR-derived terrain models, finite element simulations, IoT-enabled monitoring systems, or cloud-based multi-user coordination tools. By doing so, the screening procedure preserved only those contributions in which BIM played a substantive role in enabling data organization, interdisciplinary collaboration, or computational analysis within a geotechnical setting. The third dimension of the screening strategy concerned the presence of a multi-criteria analytical framework. This included works in which a named Multi-Criteria Decision-Making method—such as AHP, PROMETHEE, CRITIC, MOORA, fuzzy DEMATEL, MAUT, ELECTRE, or DEX—was applied, as well as studies that integrated multi-criteria reasoning implicitly through comparative evaluation, optimization routines, or structured decision criteria embedded within BIM-based workflows.

This condition was essential for isolating research that engages directly with decision-support mechanisms rather than those focused solely on geometric modeling or data visualization. Finally, only studies presenting a transparent methodology and sufficiently detailed analytical outcomes were retained. This requirement filtered out conceptual notes, incomplete abstracts, and anecdotal case descriptions lacking methodological rigor. The resulting dataset thus represents a coherent body of empirical and methodological contributions in which BIM serves as an enabling digital infrastructure and MCDM methods provide the evaluative backbone of geotechnical decision-making.

Through this carefully structured screening approach, the literature set captures not only the diversity of geotechnical problem contexts—from tunnel-induced deformation prediction to route alignment optimization and sustainability assessment—but also the emerging methodological patterns that characterize the current generation of BIM-integrated multi-criteria decision frameworks.The body of literature examined in this study reveals a remarkably heterogeneous landscape of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods applied across BIM-enabled geotechnical contexts. Rather than converging toward a single dominant analytical paradigm, the reviewed works demonstrate a spectrum of decision-support philosophies, each selected to accommodate the unique structural, environmental, and operational complexities inherent to geotechnical engineering. Among the most widely adopted techniques is the Analytic Hierarchy Process (AHP), which appears both in its classical form and in hybridized configurations—such as its integration with autoregressive computational models—to support hierarchical prioritization and expert-driven comparative judgment. Beyond AHP, the literature demonstrates substantial methodological diversity. Studies focusing on interdependencies among geotechnical criteria frequently employ fuzzy DEMATEL to map cause–effect relationships and capture the uncertainty associated with subsurface characterization. Others rely on objective weighting mechanisms such as the Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC) method or ratio-based evaluation models such as MOORA to structure performance assessments in alignment optimization, environmental evaluation, or earthwork planning tasks. Preference-based ranking systems like PROMETHEE are utilized where decision environments require nuanced differentiation among partially conflicting alternatives, particularly in infrastructure planning or transportation-related studies.In addition to these comparatively classical MCDM techniques, several contributions adopt multi-objective or multi-stage optimization frameworks, genetic algorithm–assisted decision systems, or semantic web–based approaches to accommodate the high dimensionality and algorithmic nature of geotechnical data. In sustainability-oriented assessments, methods such as the Integrated Value Model for Sustainable Assessment (MIVES) provide a structured means to incorporate social, environmental, and economic criteria into BIM-driven analyses. Likewise, utility-based and outranking methods—such as MAUT, ELECTRE, and DEX—are employed in cases requiring explicit modeling of preference structures or rule-based classification of geotechnical alternatives. A further subset of studies does not explicitly name an MCDM technique but embeds multi-criteria reasoning implicitly within BIM workflows, using simulation-driven comparisons, parameter-based evaluations, or automated decision rules integrated into numerical modeling environments. These implicit approaches highlight the increasingly fluid boundary between formal MCDM methods and computational geotechnical analysis when implemented within digital platforms.

Collectively, the breadth of MCDM strategies encountered in the literature reflects both the disciplinary complexity of geotechnical engineering and the expanding analytical capacities of BIM-enabled environments.

The coexistence of hierarchical, outranking, fuzzy, utility-based, optimization-oriented, and implicit decision frameworks underscores how BIM serves not merely as a visualization or documentation tool but as a computational ecosystem capable of accommodating diverse evaluative logics across varied geotechnical problem settings—from sustainability-driven material selection to spatial risk prioritization and lifecycle-oriented infrastructure planning.A holistic overview of the methodological landscape is illustrated in Figure 1, which organizes the diverse decision-support techniques into conceptual clusters reflecting their analytical philosophy, computational structure, and suitability for BIM–geotechnical workflows.

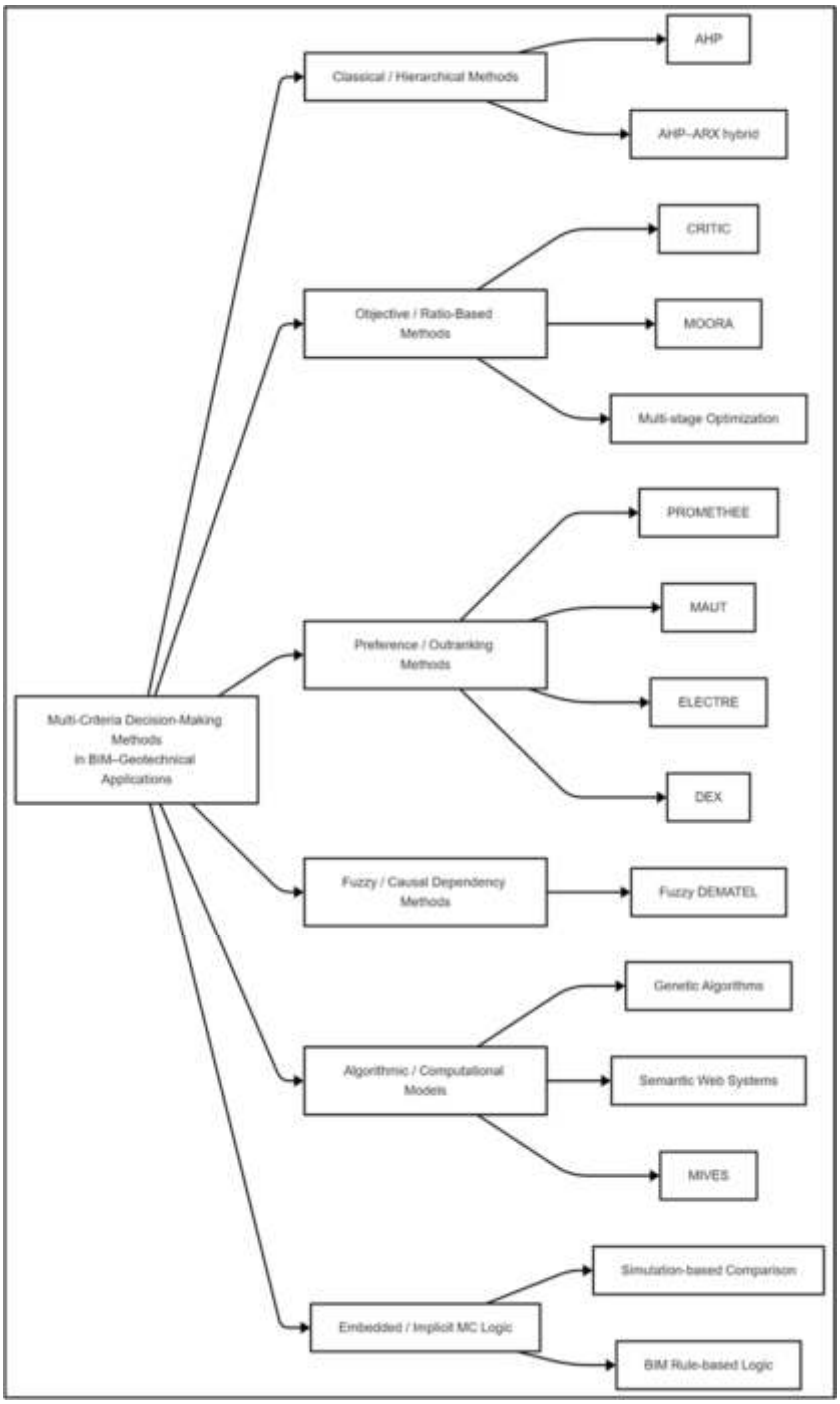


Figure 1. Conceptual map of MCDM frameworks used in BIM–geotechnical decision-making.

RESULTS

Use of MCDM Methods in BIM–Geotechnical Contexts

The review of existing BIM–geotechnical research reveals that Multi-Criteria Decision-Making methods serve as a central analytical component in addressing the diverse and multidimensional evaluation problems inherent to subsurface engineering. Among the examined studies, the Analytic Hierarchy Process (AHP) emerges as the most extensively applied method, largely due to its capacity to incorporate expert judgment and hierarchically structured criteria within geotechnical environments characterized by uncertainty and limited observability. In tunnel engineering, AHP is frequently embedded into BIM workflows to support settlement-risk estimation and priority ranking of influencing parameters, allowing practitioners to systematically assess deformation-inducing factors and the sensitivity of design alternatives. Similar applications appear in the context of underground transportation systems, where AHP assists in prioritizing performance indicators related to constructability, geotechnical risk, and data integrity across various Levels of Development (LODs), thereby enhancing the interpretability of BIM-based design decisions.

While AHP dominates in general applicability, a number of studies adopt more specialized methods to address particular categories of geotechnical decision problems. Outranking methods such as PROMETHEE are employed primarily in transportation infrastructure planning, where the evaluation of competing alignment alternatives or geospatial routing scenarios requires the explicit modeling of trade-offs between environmental impact, geomorphological constraints, and construction feasibility. In contrast, objective weighting models such as CRITIC, as well as ratio-based techniques like MOORA, appear predominantly in research focusing on performance evaluations, route classification, and comparative assessments of geotechnical–structural interactions. These approaches provide an analytically transparent mechanism for integrating multi-attribute datasets without relying exclusively on subjective expert scoring, a feature that is particularly valuable in data-rich BIM–GIS integrated systems.

The methodological landscape further expands with the use of fuzzy and causal-dependency tools, most notably fuzzy DEMATEL, which is applied in studies that aim to elucidate the interrelationships among criteria within complex geotechnical systems. Such approaches enable researchers to quantify the causal influence among factors like soil stiffness variability, ground–structure interaction, and monitoring-based performance indicators, thus offering a more nuanced understanding of geotechnical processes when integrated into BIM-supported risk assessment frameworks.

Alongside these explicit MCDM methodologies, a significant proportion of BIM-enhanced geotechnical studies employ multi-criteria reasoning implicitly. These works often embed decision logic within simulation-driven comparative evaluations, automated numerical modeling procedures, or optimization algorithms that assess multiple geotechnical configurations simultaneously. Although these studies do not name a specific MCDM technique, their computational workflows reflect the fundamental principles of multi-criteria assessment—particularly in cases involving automated scenario exploration, spatiotemporal monitoring analysis, or algorithmic evaluation of construction alternatives. This implicit integration suggests that as BIM environments become increasingly data-intensive and algorithmically capable, multi-criteria decision processes are being absorbed more seamlessly into digital geotechnical modeling ecosystems, blurring the boundary between formal decision methodologies and computational analytics.

To illustrate these methodological patterns quantitatively, the frequency distribution of MCDM techniques observed across the analyzed studies is presented in Figure 2. The results demonstrate a clear hierarchy: AHP constitutes the dominant approach, hybrid AHP–ARX and AI-assisted models form a secondary cluster, while PROMETHEE, CRITIC, MOORA, fuzzy DEMATEL and outranking or utility-based techniques appear in more specialized contexts. Implicit multi-criteria reasoning embedded within simulation or automation workflows represents one of the most recurrent categories, highlighting an emerging shift toward computationally integrated decision logic.

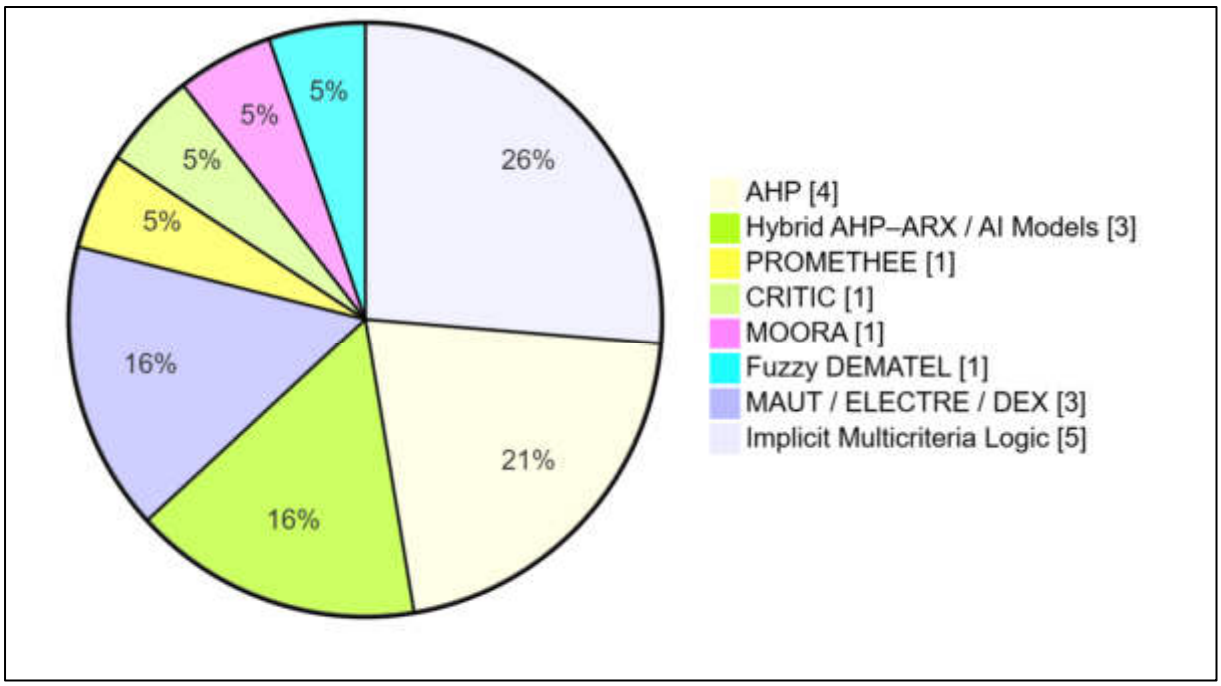


Figure 2. Frequency distribution of MCDM methods in BIM–geotechnical studies.

The distribution in Figure 3 highlights a distinct methodological stratification. AHP maintains a disproportionate influence due to its intuitive structure, compatibility with expert-driven geotechnical assessments, and ease of integration into BIM-based decision interfaces. Its repeated adoption in tunnel deformation assessment, foundation system comparison, and underground infrastructure risk prioritization reinforces its position as the default approach for hierarchical geotechnical problem framing. By contrast, PROMETHEE, CRITIC, and MOORA appear in highly targeted studies, typically where geospatial optimization and multi-layered environmental constraints necessitate more discriminative ranking capabilities. The comparatively infrequent yet methodologically significant presence of fuzzy DEMATEL underscores emerging interest in modeling causal relationships among geotechnical parameters—an area likely to grow as sensor-based and IoT-driven BIM monitoring systems become more pervasive.

The substantial number of studies adopting implicit multi-criteria mechanisms reflects BIM's capacity to embed evaluative logic directly within numerical simulations, parameter-driven rule sets, and automated design validation engines. Such workflows effectively operationalize multi-criteria reasoning without explicitly invoking traditional MCDM formulations, indicating a methodological convergence between computational geotechnics and decision science.

As summarized in Table 1, AHP exhibits the highest frequency of use across BIM–geotechnical studies, followed by hybrid AHP–ARX/AI models, whereas PROMETHEE, CRITIC, and MOORA remain confined to low-frequency, domain-specific applications.

Table 1. MCDM method categories and their observed application contexts.

MCDM Method	Observed Geotechnical Use Case	Relative Frequency
AHP	Tunnel-induced settlement risk, KPI prioritization, earthwork alternatives	High
Hybrid AHP–ARX / AI Models	Tunnel response modeling, monitoring-assisted prediction	Medium
PROMETHEE	Transportation corridor planning, multi-criteria route comparison	Low
CRITIC	Objective weighting in GIS–BIM route optimization	Low
MOORA	Performance scoring and geotechnical alternative ranking	Low
Fuzzy DEMATEL	Causal interaction analysis between criteria	Low
MAUT, ELECTRE, DEX	Multi-attribute tunnel and geotechnical system evaluation	Medium
Implicit MCDM	Simulation-based comparison, automated design optimization	High

To further contextualize the methodological distribution across geotechnical subdomains, Figure 3 maps the association between specific MCDM techniques and their dominant application areas. This conceptual visualization demonstrates that AHP and hybrid AHP–ARX models dominate tunnel-related evaluations, PROMETHEE and CRITIC are more prevalent in alignment decision-making and transportation planning, and fuzzy DEMATEL is particularly aligned with geohazard and slope-related causal analysis. Implicit decision logic, on the other hand, appears across deep excavations and BIM–IoT monitoring systems, reflecting increasingly automated evaluative practices.

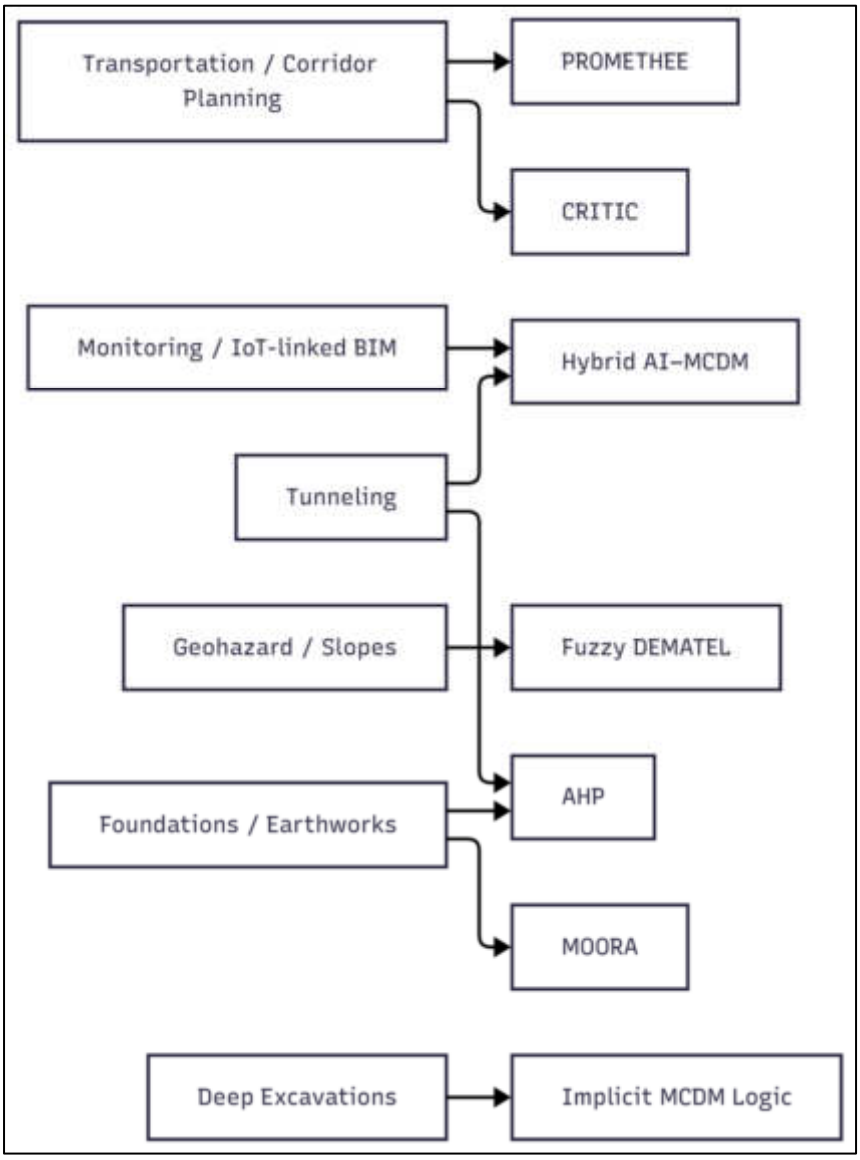


Figure 3. Conceptual distribution of MCDM use by geotechnical domain.

Taken together, the figures and tabulated results indicate a clear methodological stratification within BIM-supported geotechnical decision-making. AHP continues to dominate the landscape, largely due to its interpretability and strong alignment with expert-driven evaluation processes that are essential in subsurface environments characterized by uncertainty. At the same time, the rise of hybrid AI–MCDM approaches demonstrates a shift toward data-intensive and monitoring-oriented applications, particularly in tunnel engineering where real-time response prediction and multi-source data fusion are increasingly required. Methods such as PROMETHEE, CRITIC, and MOORA appear to retain more specialized roles, being applied primarily in geospatial optimization or performance-driven evaluations where fine-grained discrimination among alternatives is critical. Fuzzy DEMATEL contributes by addressing causal dependencies among geotechnical parameters, offering a means to represent interaction pathways that conventional hierarchical methods cannot fully capture.

Finally, the rapid expansion of implicit MCDM logic embedded directly within BIM automation workflows—especially simulation-driven comparisons and parametric scenario evaluations—signals a broader convergence between computational geotechnics and decision science, wherein multi-criteria reasoning is progressively internalized within digital modeling ecosystems rather than implemented as a separate analytical layer.

Application Domains

The integration of MCDM methodologies within BIM-supported geotechnical engineering exhibits a wide domain distribution spanning subterranean excavation, surface infrastructure, geohazard environments, and monitoring-intensive geotechnical systems. The reviewed studies indicate that tunneling and underground transportation systems constitute the most prominent application domain. In these works, BIM serves as an integrative environment for representing geological uncertainties, coordinating multiple Levels of Development (LODs), and linking observational data with deformation predictions. Within such settings, MCDM methods—particularly hierarchical and hybrid techniques—provide a structured mechanism for synthesizing factors such as soil heterogeneity, tunnel geometry, construction sequencing, and settlement-risk indicators.

In foundation engineering and earth structure design, MCDM approaches support the evaluation of alternative footing layouts, embankment configurations, and soil improvement strategies by combining numerical simulation data with qualitative constructability assessments. BIM models in these studies function as repositories for geotechnical investigation data, facilitating parametric iteration and comparison of design options. Transportation infrastructure, including highways and forest road networks, represents another key application domain, where MCDM methods are used to balance environmental sensitivity, geomorphological constraints, and geometric alignment quality. When integrated with GIS-based terrain models inside BIM workflows, these methods allow for multi-layered optimization across ecological, technical, and economic criteria.

Deep excavations—particularly in dense urban settings—illustrate a developing subdomain in which implicit or automated multi-criteria reasoning is increasingly embedded directly within BIM–finite element analysis pipelines. Here, decision logic often emerges from simulation-driven comparisons of wall stiffness, excavation staging, groundwater control, and instrumentation data, even when a specific MCDM method is not explicitly invoked. Similarly, slope stability and geohazard studies apply causal-dependency techniques to characterize the interaction among geological uncertainty, triggering mechanisms, and mitigation performance. BIM's three-dimensional representation and data coordination capabilities enhance the clarity of these analyses, enabling MCDM tools to better quantify the risk pathways associated with hazard-prone terrain.

Hydropower, mining, and geological engineering applications further extend the methodological diversity by connecting point-cloud sources, geological models, and rock-mass classification systems with MCDM-based evaluative frameworks. These studies typically embed numerical indices (RMR, Q, GSI) within multi-criteria assessments to support design decisions involving excavation sequences, support selection, and spatial zoning. Collectively, this domain-wide distribution demonstrates that BIM–geotechnical integration is not limited to a single infrastructure typology but has evolved into a comprehensive digital ecosystem where MCDM frameworks function as evaluative engines across a broad range of subsurface and surface geosystems.

To demonstrate the distribution of application domains quantitatively, Figure 4 presents a visual breakdown of the frequency with which each domain appears in the literature. Tunneling and underground transportation constitute the largest share, followed by foundations and earth structures, transportation corridor planning, deep excavations, and geohazard-related assessments. Hydropower and geological engineering applications appear less frequently but exhibit rapid methodological evolution in the reviewed dataset.

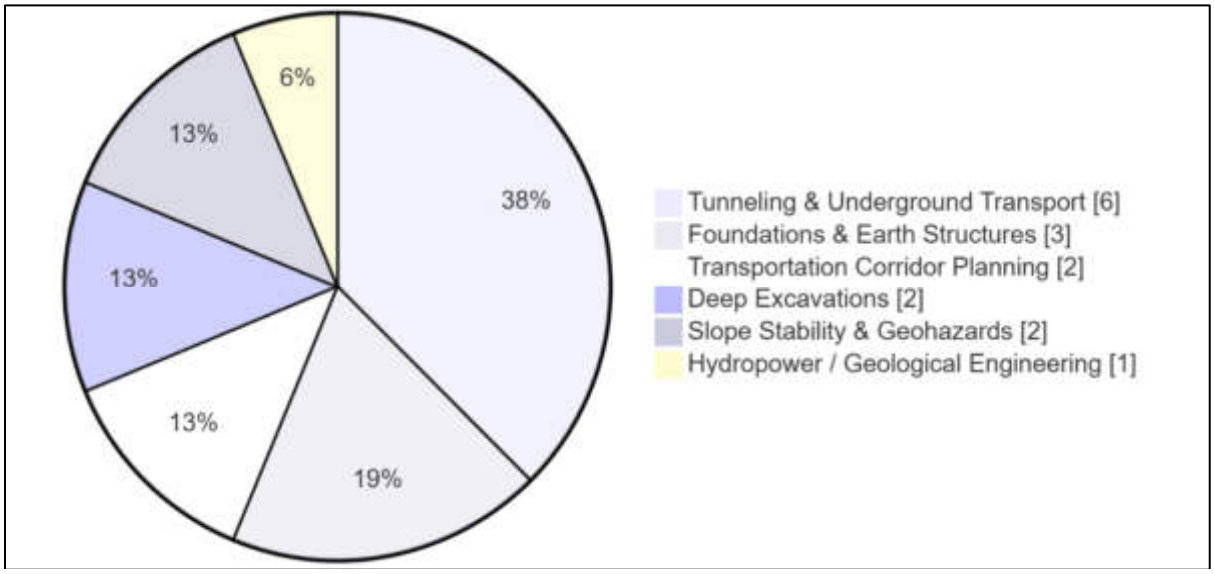


Figure 4. Frequency of application domains in BIM–geotechnical MCDM studies.

Complementing this domain-level visualization, Table 4 provides a structured summary linking each application area to its characteristic BIM functionalities and MCDM methodological tendencies. This cross-analysis reveals a clear convergence: domains with high geometric and geological uncertainty (tunneling, geohazards, deep excavations) tend to employ hierarchical, fuzzy, or causal-dependency models, whereas alignment-based and environmental optimization tasks (transportation corridors, forest roads) favor outranking, ratio-based, or objective-weighting techniques. Monitoring-driven and hybrid digital twin settings increasingly rely on implicit multi-criteria reasoning embedded within automated BIM–analysis data exchanges. These patterns collectively highlight how each application domain aligns with specific BIM functionalities and decision-making logics, a relationship that is systematically summarized in Table 2.

Table 2. Application domains and their BIM–MCDM ıntegration characteristics.

Application Domain	**Dominant BIM Functions**	**Typical MCDM Tendencies**	**Observed Frequency**
Tunneling & Underground Transport	Geological modeling, LOD coordination, deformation visualization	AHP, Hybrid AHP–ARX, AI-assisted MCDM	High
Foundations & Earth Structures	Parametric comparison, geotechnical data integration	AHP, MOORA, MAUT	Medium
Transportation Corridor Planning	BIM–GIS interoperability, environmental overlays	PROMETHEE, CRITIC, ratio-based scoring	Medium-Low
Deep Excavations	BIM–FEM automation, staging evaluation, support system comparison	Implicit MCDM, simulation-driven ranking	Medium-Low
Slope Stability & Geohazards	3D hazard modeling, monitoring data integration	Fuzzy DEMATEL, causal-dependency tools	Low
Hydropower / Geological Engineering	Rock-mass modeling, 3D digital classification	DEX, MAUT, hybrid utility models	Low

The combined numerical and conceptual evidence indicates that BIM–geotechnical MCDM applications are most prominently concentrated in tunneling, a domain defined by high geological complexity, dense data requirements, and risk-critical decision environments. Foundations and earth structures emerge as a mature secondary area, where BIM facilitates iterative parametric modelling and comparison of alternative design configurations. Transportation corridor planning represents another significant domain, with MCDM methods supporting the evaluation of multi-layered spatial, environmental, and operational constraints, particularly within BIM–GIS integrated workflows.

Deep excavation studies increasingly incorporate implicit multi-criteria reasoning embedded directly within automated BIM–FEM analysis cycles, reflecting a shift toward simulation-driven decision automation. In hazard-prone settings, such as slopes and geohazard zones, causal-dependency and fuzzy logic frameworks are employed to capture interaction effects and uncertainty propagation more explicitly. Although fewer in number, hydropower and geological engineering studies illustrate the emerging convergence between rock engineering, digital geosystems, and multi-criteria evaluation, demonstrating that BIM–MCDM integration is expanding beyond traditional soil-structure problems toward more diverse geotechnical contexts.

Through this synthesis, the application-domain landscape demonstrates both methodological diversity and a progressive convergence toward integrated digital evaluation frameworks. BIM serves not only as an information platform but as a decision-support environment where MCDM tools—explicit or implicit—structure the analytical, spatial, and risk-related dimensions of geotechnical engineering practice.

Dominant Decision Criteria

The synthesis of the reviewed BIM–geotechnical literature indicates that decision criteria used within multi-criteria frameworks exhibit a high degree of thematic convergence, reflecting the multidimensional nature of geotechnical engineering and the expanding functional scope of BIM-based workflows. Across studies, cost, time, risk, safety, and technical performance appear as the dominant evaluative drivers.

These criteria represent long-established pillars of geotechnical decision-making, yet their interpretation has evolved within BIM environments due to the capacity of digital models to incorporate spatiotemporal, parametric, and multi-source geodata. As such, criteria that were once treated discretely—such as geotechnical accuracy, environmental impact, or digital interoperability—now interact more dynamically within integrated BIM–MCDM frameworks. Technical performance remains a foundational criterion, particularly in tunneling, deep excavations, and foundation engineering, where the reliability of deformation predictions, soil–structure interaction models, or digital ground representations plays a critical role. In these studies, MCDM methods often synthesize quantitative model outputs (e.g., settlement, stress distribution, factor of safety) with qualitative expert knowledge. Cost and schedule considerations are equally prominent, particularly in transportation and urban infrastructure projects where BIM's 4D capabilities enable precise sequencing, construction planning, and risk–cost propagation across design alternatives. Sustainability-related criteria—including environmental disturbance, material efficiency, embodied energy, and landscape impact—have increasingly appeared in studies involving corridor planning, forest road design, and environmentally constrained geosystems.

Risk is another recurrent criterion that cuts across all geotechnical domains. BIM's ability to integrate geological uncertainty, monitoring feedback, and scenario simulations reinforces its use in MCDM frameworks for evaluating hazard likelihood, deformation potential, and system vulnerability. Interoperability and data exchange, though less conventional in classical geotechnical decision models, have emerged as essential criteria in BIM-intensive workflows, reflecting the need for seamless coordination between geo-databases, numerical solvers, GIS systems, and multidisciplinary design actors. These criteria highlight the digital dimension of modern geotechnical practice, where decisions are increasingly shaped by the reliability and traceability of information flow rather than solely by physical or economic parameters.

To illustrate the prevalence and distribution of decision criteria, Figure 5 visualizes their relative frequencies across the reviewed dataset. Technical performance, cost, and risk constitute the highest-occurrence group, followed by interoperability, sustainability, and schedule-related considerations. The prominence of digital coordination parameters underscores the role of BIM as a multi-criteria information integrator rather than a purely geometric modeling tool.

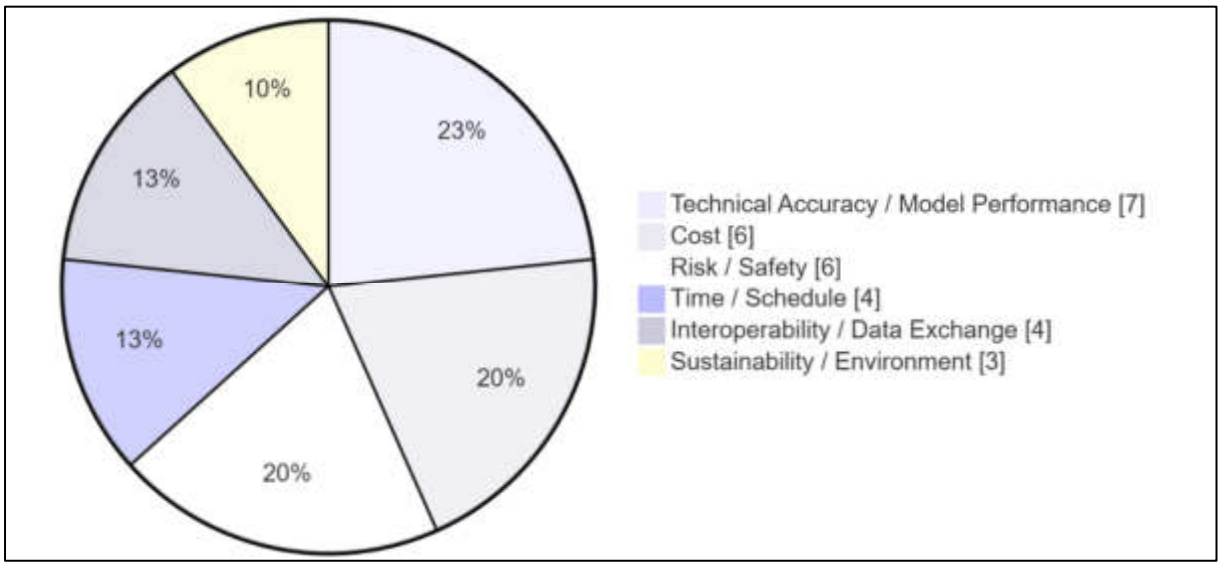


Figure 5. Frequency of dominant decision criteria in BIM–geotechnical MCDM studies.

The structured relationship between decision criteria, BIM functions, and geotechnical domain characteristics is summarized in Table 3. The mapping highlights that highly uncertain geotechnical environments—tunnels, slopes, deep excavations—tend to prioritize risk and technical accuracy, while linear infrastructure systems emphasize environmental impact and construction logistics. Across all domains, however, the inclusion of interoperability and information-flow metrics reflects BIM's role as a unifying digital backbone.

Integrated Interpretation

The combined quantitative and qualitative assessment demonstrates that BIM–geotechnical MCDM frameworks are driven by a complex interplay of physical, operational, economic, and digital criteria. Technical accuracy remains the most influential criterion due to the inherent uncertainty of subsurface environments and the high risk associated with geotechnical failures. Cost and risk exhibit similarly strong presence, reflecting the financial and safety-critical characteristics of geotechnical works. The notable inclusion of sustainability and interoperability, though historically peripheral to geotechnical decision-making, signals a broader paradigm shift in which BIM-enabled geotechnical engineering is becoming more aligned with environmental stewardship and data-centric digital transformation.

Overall, the dominant criteria landscape illustrates that geotechnical decisions within BIM environments are increasingly multi-dimensional, integrating performance, risk, economy, environmental responsibility, and information integrity within unified digital evaluation frameworks.

Table 3. Dominant decision criteria and their contextual emphasis across geotechnical domains.

Decision Criterion	Role within BIM–Geotechnical Workflows	Most Common Domains	Relative Frequency
Technical Accuracy / Model Performance	Validates geotechnical models, deformation predictions, FEM/BIM alignment	Tunneling, deep excavations, foundation engineering	High
Cost	Informs material choice, support systems, construction alternatives	Transportation corridors, underground structures	High
Risk / Safety	Captures geological uncertainty, structural vulnerability, hazard likelihood	Tunnels, slopes, geohazards, deep excavations	High
Time / Schedule	Links 4D BIM sequencing with geotechnical construction staging	Metro/rail systems, urban excavations	Medium
Interoperability / Data Exchange	Ensures integration between BIM, GIS, numerical models, monitoring systems	All BIM-centric domains	Medium
Sustainability / Environmental Impact	Evaluates ecological disturbance, material efficiency, land-use constraints	Transportation planning, forest roads	Low-Medium

DISCUSSION

The systematic synthesis of the reviewed BIM–geotechnical literature reveals a progressively maturing decision-making ecosystem in which Multi-Criteria Decision-Making methods operate not as isolated analytical tools but as embedded components within increasingly data-intensive digital workflows. One of the most salient findings of the analysis is the disproportionate dominance of the Analytic Hierarchy Process, which appears in nearly half of the explicitly MCDM-based studies. This is illustrated in Figure 6, where AHP constitutes the largest methodological segment. The prevalence of AHP reflects its interpretability, its compatibility with expert-driven geotechnical evaluation, and its adaptability to hierarchical problem structures—attributes that align naturally with the uncertainty and heterogeneity inherent to geotechnical materials and subsurface conditions. Its integration into BIM-based tunneling, foundation design, and settlement-risk analysis underscores the method's continued relevance within modern geotechnical data environments.

At the same time, the frequency distribution demonstrates the emergence of a more diversified methodological landscape in which objective weighting techniques (CRITIC), outranking algorithms (PROMETHEE), ratio-based scoring methods (MOORA), causal-dependency tools (fuzzy DEMATEL), and utility-based systems (MAUT, DEX, ELECTRE) support geotechnical evaluations requiring more granular discrimination or complex inter-criteria modeling. These methods appear predominantly in studies involving geospatial optimization, uncertainty propagation, and multi-source data integration—domains where BIM interoperability with GIS, LiDAR, and numerical analysis tools is crucial. The presence of hybrid AHP–ARX or AI-driven decision systems in monitoring-intensive tunneling studies further indicates a methodological shift toward algorithmic, data-driven evaluation frameworks.

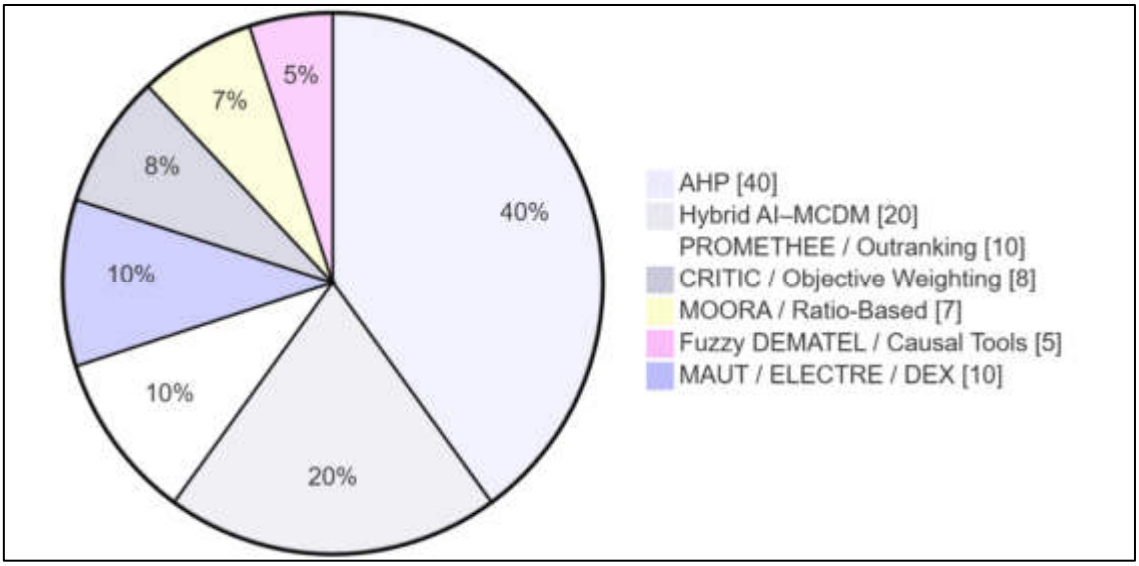


Figure 6. Relative use of MCDM methods in BIM–geotechnical contexts.

The study's second major insight concerns the increasingly central role of interoperability as both a decision criterion and an enabling condition for multi-criteria evaluation. Geotechnical BIM workflows typically extend beyond the geometric or parametric model: they incorporate diverse data ecosystems including GIS terrain models, geotechnical investigation databases, point-cloud measurements, monitoring platforms, and finite-element solvers.

The resulting need for consistent schema translation—such as IFC–CityGML linkages, BIM–GIS coupling, and LiDAR–BIM alignment—pushes MCDM methods toward frameworks capable of reconciling heterogeneous data sources. The rising frequency of interoperability-related criteria (as shown in Figure 5 in the previous section) confirms that data coordination is no longer a secondary consideration but a primary dimension of geotechnical decision-making.

A third insight emerges from the examination of implicit multi-criteria reasoning. Approximately one quarter of the analyzed studies employed evaluative logic embedded directly within BIM-integrated simulations, parametric comparisons, or automated numerical workflows without labeling the process as an MCDM method. This phenomenon suggests that as BIM environments evolve into fully digital geotechnical ecosystems—incorporating real-time monitoring, 4D sequencing, geospatial analytics, and automated performance checks—the boundary between traditional decision models and computational analytics increasingly dissolves. In deep excavation and slope stability studies, for instance, scenario-based FEM–BIM iterations inherently function as multi-criteria evaluations, even when no explicit weighting or ranking framework is used.

This convergence between digital geotechnical modeling and decision science is illustrated conceptually in Figure 7. The diagram shows how explicit MCDM tools and implicit simulation-driven logic collectively shape geotechnical decisions across domains with varying levels of spatial uncertainty, monitoring intensity, and data complexity. The cross-domain analysis further demonstrates that methodological choice is not arbitrary but strongly linked to the nature of the geotechnical problem. Tunneling projects, characterized by high uncertainty and spatial heterogeneity, tend to employ hierarchical or hybrid decision frameworks. Corridor planning and surface infrastructure often adopt outranking and objective-weighting approaches due to their need for spatial–environmental trade-off modeling. Hazard-related domains increasingly utilize fuzzy or causal-dependency tools to capture triggering mechanisms and inter-criteria relationships. Meanwhile, deep excavation and urban geotechnics are transitioning toward implicit evaluative structures embedded in BIM–FEM–monitoring loops. Table 4 synthesizes these relationships and offers a structured interpretation of how MCDM methods, BIM functionalities, and geotechnical contexts intersect.

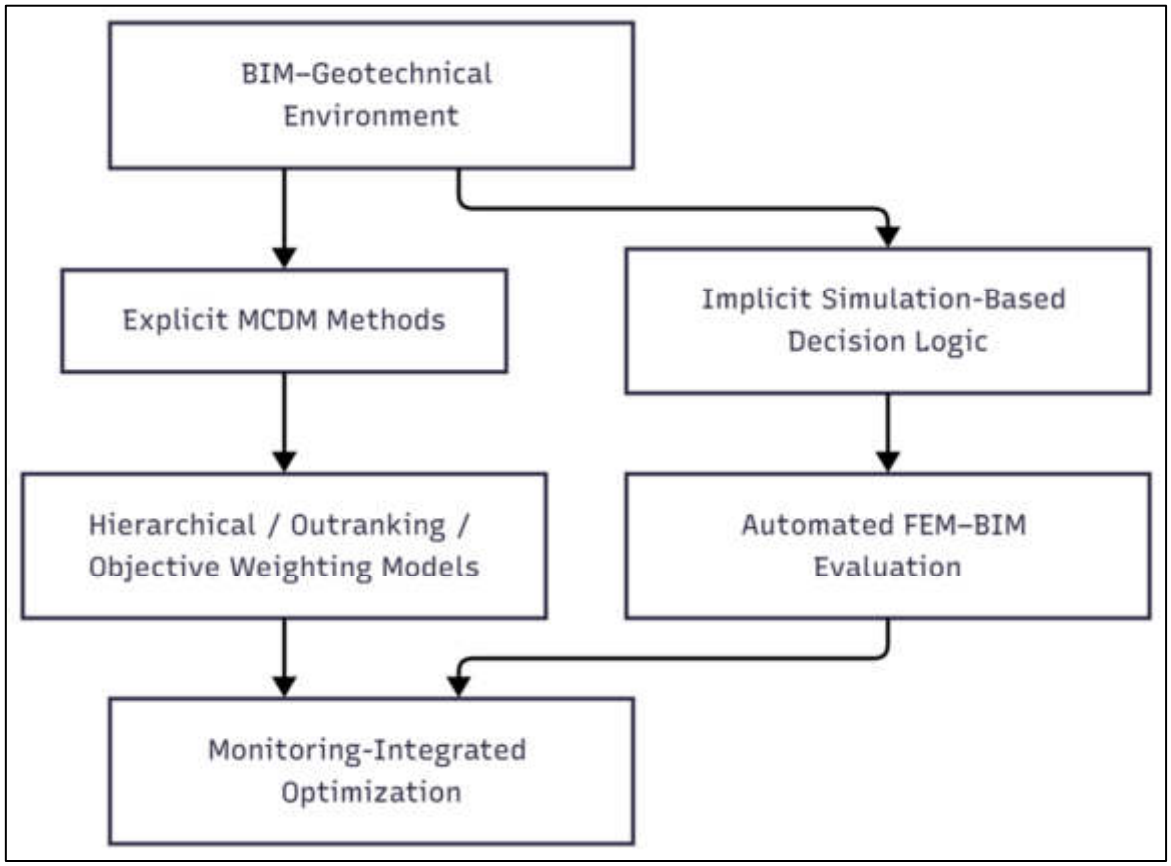


Figure 7. Conceptual convergence between BIM, MCDM, and computational geotechnics.

Table 4. Synthesis of BIM–MCDM integration patterns across geotechnical contexts.

Geotechnical Domain	Dominant BIM Functions	Typical MCDM Behavior	Emerging Trend
Tunneling	Geological modeling, 4D sequencing, monitoring integration	AHP, hybrid AI–MCDM	Predictive digital twins
Corridor Planning	GIS–BIM coupling, environmental overlays	PROMETHEE, CRITIC	Spatial optimization engines
Foundations / Earth Structures	Parametric BIM, FEM linkage	AHP, MAUT	Automated design comparison
Deep Excavations	BIM–FEM automation, staging evaluation	Implicit MCDM	Scenario-driven decision automation
Geohazards / Slopes	3D hazard modeling, uncertainty propagation	Fuzzy DEMATEL	Causal risk networks
Hydropower / Geological	Geological classification, rock-mass modeling	DEX, utility methods	Integrated geospatial–geomechanical BIM

The quantitative and conceptual evidence collectively demonstrates that the convergence of BIM and MCDM is reshaping geotechnical decision-making by expanding the analytical depth, transparency, and coordination capacity of subsurface engineering workflows.

The increasing diversity of MCDM techniques indicates a methodological adaptation to the digitalization of geotechnical practice, while the emergence of implicit multi-criteria reasoning signals a deeper integration with computational modeling and real-time monitoring ecosystems. Ultimately, BIM–MCDM hybridization is most impactful in geotechnical environments characterized by spatial uncertainty, multi-source data flows, and high risk—conditions that typify tunneling, deep excavations, and transportation corridors. As BIM ecosystems continue to advance toward digital twins, real-time analytics, and automated predictive modeling, the role of MCDM is likely to shift from an optional evaluative layer to a fully embedded intelligence component within future geotechnical design and operational platforms.

CONCLUSION

This study presents a comprehensive synthesis of the Multi-Criteria Decision-Making methodologies employed within BIM-enabled geotechnical engineering, revealing a rapidly evolving decision-making landscape shaped by increasing digitalization, data complexity, and cross-disciplinary integration. The analysis demonstrates that AHP remains the most influential and widely adopted technique, largely due to its interpretability and its suitability for geotechnical contexts characterized by uncertainty and limited observability. Nevertheless, the emergence of objective-weighting models, outranking procedures, causal-dependency tools, and hybrid AI-enhanced decision frameworks indicates a clear methodological diversification aligned with the expanding functional capabilities of BIM environments.

Across tunneling, foundation engineering, corridor planning, deep excavation, and geohazard assessment, MCDM approaches provide the structural rigor required to synthesize heterogeneous geotechnical, spatial, environmental, and operational criteria. The dominant decision dimensions—technical performance, cost efficiency, temporal constraints, safety and risk, interoperability, and sustainability—highlight the multi-layered nature of contemporary geotechnical workflows. The observed prominence of interoperability-related criteria further reflects the increasing reliance on the seamless exchange of information across BIM, GIS, monitoring platforms, geotechnical databases, and numerical modeling tools.

The collective evidence suggests that the convergence of BIM and MCDM strengthens the analytical robustness, transparency, and coordination capacity of geotechnical decision-making processes. As BIM ecosystems progress toward more integrated digital twins, real-time monitoring loops, and algorithmic design evaluation, the role of MCDM is likely to evolve from a supplementary analytical mechanism into an inherent component of computationally informed geotechnical reasoning. This trajectory positions BIM–MCDM integration as a central pillar of future geotechnical engineering practice, particularly in infrastructure systems where spatial complexity, geological variability, and high risk demand multidisciplinary, data-driven, and methodologically rigorous decision frameworks.

KAYNAKLAR

[1] Fonsati, A., Cosentini, R. M., Tundo, C., & Osello, A. (2023). From geotechnical data to GeoBIM models: testing strategies for an Ex-Industrial site in Turin. *Buildings*, *13*(9), 2343.

[2] Zhao, L., Liu, Z., & Mbachu, J. (2019). Highway alignment optimization: An integrated BIM and GIS approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *8*(4), 172.

[3] Özmen, M., Akgül, M., & Şentürk, N. (2024). Alternatif orman yolu güzergâhlarının performans açısından CRITIC temelli MOORA yöntemiyle değerlendirilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, *10*(2), 22-35.

[4] Huang, T., Kou, S., Liu, D., Li, D., & Xing, F. (2022). A BIM-GIS-IoT-based system for excavated soil recycling. *Buildings*, *12*(4), 457.

[5] Lozano, F., Jurado, J. C., Lozano-Galant, J. A., de la Fuente, A., & Turmo, J. (2023). Integration of BIM and Value Model for Sustainability Assessment for application in bridge projects. *Automation in Construction*, *152*, 104935.

[6] Kaewunruen, S., Lin, Y. H., Rosli, H., Fan, C. W., Pesta, J., & Fohl, F. (2024). Digitalisation of Railway Tunnels for Climate Change Adaptation and Enhanced Asset Circularity. *Sustainability*, *16*(22), 9708.

[7] Choy, P. K., Terrence, Y. K., & Wong, R. H. (2023). BIM Application in Geotechnical Works for Master planning and Construction Monitoring. *AIJR Proceedings*, 12-18.

[8] Shi, C., Jin, Y., Lu, H., & Shi, J. (2023). A BIM-based framework for automatic numerical modelling and geotechnical analysis of a large-scale deep excavation for transportation infrastructures. Intelligent *Transportation Infrastructure*, 2, liad012.

[9] Vaníček, I., Pruška, J., Jirásko, D., & Vaníček, M. (2022). Geotechnical engineering and process of digitalization–BIM modelling. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 363, p. 02008). EDP Sciences.

[10] Baraibar, J. M., De-Paz, J., & Rico, J. (2022). Challenges for the Implementation of BIM Methodology in the Execution of Underground Works. *Buildings*, *12*(3), 309.

[11] Gašparík, J., Motyčka, V., Šťastný, P., & Szalayová, S. (2021). Multi-criteria optimization of mechanized earth processes and its impact on economic and environmental sustainability. *Sustainability*, *14*(1), 78.

[12] Gao, J., Li, S., Li, C., Li, Z., An, X., Fan, W., ... & Zhang, T. (2023). A New Approach to 3D Digital Evaluation and Analysis In Geological Engineering. *Bangladesh Journal of Botany*, 679-688.

[13] Hafner, M., Rajšter, D., Žibert, M., Tušar, T., Ženko, B., Žnidaršič, M., ... & Vladušič, D. (2019). Artificial intelligence support for tunnel design in urban areas. In *Tunnels and Underground Cities. Engineering and Innovation Meet Archaeology, Architecture and Art* (pp. 2196-2205). CRC Press.

[14] Huang, M. Q., Zhu, H. M., Ninić, J., & Zhang, Q. B. (2022). Multi-LOD BIM for underground metro station: Interoperability and design-to-design enhancement. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *119*, 104232.

[15] Berdigylyjov, M., & Popa, H. (2019). The implementation and role of geotechnical data in BIM process. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 85, p. 08009). EDP Sciences.

[16] Chandler, R. J., McGregor, I. D., & Morin, G. R. (2012, July). The role of geotechnical data in building information modelling. In *Australian–New Zealand conference on geomechanics (ANZ 2012), 15th* (Vol. 44, pp. 511-516).

[17] Jalilzadehazhari, E., Vadiee, A., & Johansson, P. (2019). Achieving a trade-off construction solution using BIM, an optimization algorithm, and a multi-criteria decision-making method. *Buildings*, *9*(4), 81.

[18] Almeida, G. V., & Silva, R. N. F. (2023). APLICAÇÃO INTEGRADA DE SIG E BIM NO ESTUDO DE VIABILIDADE DE RODOVIAS. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, *14*(34), 37-51.

[19] Lin, J. (2024). Analysis of the application of BIM combined with GIS in engineering digital management. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, *9*(1), 2024.

[20] Santos, P. A. S., Cortez, B., & Carvalho, M. T. M. (2025). Integrating GIS and BIM with MCDM for infrastructure planning: A comprehensive framework. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *32*(6), 4197-4226.

[21] Santa-Cruz, S., Brioso, X., & Córdova-Arias, C. (2018, June). Selection of seismic retrofitting techniques through a multi-criteria methodology and BIM tools to improve transparency. In *Proceedings of the 11th National Conference in Earthquake Engineering*.

[22] Providakis, S., Rogers, C. D., & Chapman, D. N. (2022). 3D spatiotemporal risk assessment analysis of the tunnelling-induced settlement in an urban area using analytical hierarchy process and BIM. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, *16*(2), 251-266.

[23] Morin, G., Deaton, S. L., Chandler, R., & Miles, S. (2017). Silvertown Tunnel, London, England—A case study applying BIM principles to the geotechnical process. In *Geotechnical Frontiers 2017* (pp. 587-595).

[24] Bapat, H., Sarkar, D., & Gujar, R. (2023). Application of multi-criteria decision making for evaluation of key performance indicators of integrated project delivery and BIM model for an infrastructure transportation project in Western India. *International Journal of Construction Management*, *23*(12), 2077-2086.

[25] Lebedev, M., & Romanevich, K. (2020). Technogenic Safety of the Russian Railway Transport Infrastructure (Railway Tunnels). *AIJR Abstracts*, 137-138.

ASSESSMENT OF THE SAFETY IMPACTS OF SPEED LIMIT VIOLATIONS AT CAMPUS MID-BLOCK CROSSWALKS: THE CASE OF ÇUKUROVA UNIVERSITY

Arş. Gör. Dr. Zeynel Baran YILDIRIM
Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0003-4068-7161

Arş. Gör. Ceren YILDIRIM
Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0006-4223-1167

ABSTRACT
This study evaluates the impact of low-speed limits, commonly implemented on university campuses, on the safety performance of unsignalized crosswalks using Surrogate Safety Measures (SSMs). Çukurova University campus, a site with high pedestrian-vehicle interactions, was selected as the study area, and the campus road network was imported into the SUMO environment using OpenStreetMap (OSM) data. Due to the lack of real-time data, vehicle and pedestrian flows were represented through a stochastic demand model that generates random routes. Microscopic simulations were conducted for approximately 2,350 vehicles and 4,500 pedestrians. To isolate the effect of the speed parameter, four scenarios were defined in which the geometry and demand were fixed and only the maximum vehicle speed was varied: a 30 km/h base case and scenarios representing speed limit violations of 40, 50, and 60 km/h. The trajectory data obtained from the simulations were processed with a Python–TraCI-based module, and for each pedestrian event, time-to-collision (TTC) and Post-Encroachment Time (PET) were calculated. In the analysis, thresholds of TTC<2 s and PET<3 s were used as conflict indicators. The findings reveal a gradual but significant increase in the number of conflicts based on both TTC and PET as the transition from the 30 km/h base scenario to the 40, 50, and 60 km/h scenarios. It was determined that the number of conflicts falling below the critical TTC value increased significantly, particularly at speeds of 50 km/h and above, while PET values indicate a significant reduction in the time available between vehicles and pedestrians. The results demonstrate that a target speed of 30 km/h at campus pedestrian crossings is a significant safety threshold, as confirmed by SSM data, and that speed violations should be systematically reduced.
Keywords: Surrogate Safety Measures, Pedestrian–Vehicle Interaction, Time-to-Collision, Post-Encroachment Time, Traffic Safety, Speed Management

HIZ SINIRI İHLALLERİNİN KAMPÜS İÇİ YAYA GEÇİTLERİNDEKİ GÜVENLİK ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

ÖZET
Üniversite kampüslerinde yaygın olarak uygulanan düşük hız limitlerinin, sinyalize olmayan yol ortası yaya geçitlerindeki güvenlik performansı üzerindeki etkisi bu çalışmada vekil güvenlik ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanı olarak yoğun yaya-araç etkileşiminin gözlendiği Çukurova Üniversitesi kampüs yerleşkesi seçilmiş, kampüs yol ağı OpenStreetMap verileri kullanılarak SUMO ortamına aktarılmıştır. Gerçek zamanlı veri eksikliği nedeniyle, araç ve yaya akımları rastgele rota üreten stokastik talep modeliyle temsil edilmiş; yaklaşık 2350 araç ve 4500 yaya için mikroskobik simülasyonlar yürütülmüştür.

Hız parametresinin etkisini izole edebilmek amacıyla, geometrinin ve talebin sabit olduğu, yalnızca maksimum araç hızının değiştirildiği dört senaryo tanımlanmıştır: 30 km/s baz durum ile 40, 50 ve 60 km/s hız sınırı ihlallerini temsil eden senaryolar. Simülasyonlardan elde edilen yörünge verileri Python–TraCI tabanlı bir modülle işlenmiş; her yaya olayı için çarpışmaya kalan süre (TTC) ve geçiş sonrası süre (PET) hesaplanmıştır. Analizde TTC<2 s ve PET<3 s eşikleri çatışma göstergesi olarak kullanılmıştır. Bulgular, 30 km/s baz senaryodan 40, 50 ve 60 km/s senaryolarına geçişte hem TTC hem de PET temelli çatışma sayılarının kademeli fakat belirgin biçimde arttığını ortaya koymaktadır. Özellikle 50 km/s ve üzerindeki hız seviyelerinde, kritik TTC değerine düşen çatışma sayısının belirgin biçimde arttığı; PET değerlerinin ise aracın yayaya tanıdığı zaman aralığının ciddi düzeyde azaldığını gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlar, kampüs içi yaya geçitlerinde 30 km/s hedef hızın SSM temelli olarak da doğrulanan anlamlı bir güvenlik eşiği olduğunu ve hız ihlallerinin sistematik biçimde azaltılması gerektiğini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Vekil Güvenlik Ölçütleri, Yaya–Araç Etkileşimi, Çarpışmaya Kalan Süre, Geçiş Sonrası Süre, Trafik Güvenliği, Hız Yönetimi

INTRODUCTION

Creating a sustainable and safe transportation ecosystem in urban areas depends on effectively managing the complex interactions between motor vehicles and pedestrians. Within this ecosystem, pedestrians, identified as the most vulnerable road users, are at disproportionately high risk of traffic accidents (WHO, 2018). Vehicle-pedestrian interactions constitute one of the most critical components of urban traffic safety, particularly at intersections lacking active control by traffic signals, such as unsignalized intersections and pedestrian crossings. At such uncontrolled points, the right-of-way decision is largely based on mutual perception, expectation, and split-second decision-making between drivers and pedestrians, significantly increasing the potential for conflict (Schroeder & Rouphail, 2011).

In Türkiye, as in many countries, Article 74 of Highway Traffic Law No. 2918 explicitly grants pedestrians the right of way at pedestrian crossings where there are no traffic police or traffic lights (KTK, 1983). However, despite this legal requirement, a clear mismatch exists between drivers' actual field behavior and the statutory rule. Despite national awareness campaigns such as "Priority for Life, Priority for Pedestrians" conducted periodically by the Ministry of the Interior, the rate of drivers yielding to pedestrians remains below desirable levels. Academic studies conducted in Türkiye also confirm this. For example, a study conducted at unsignalized pedestrian crossings in Trabzon and Istanbul revealed that the rate of drivers yielding to pedestrians varied between 41% and 59%, and this behavior exhibited regional variations (Kurt et al., 2021). These low compliance rates undermine the function of crosswalks as safe zones for pedestrians and create serious security vulnerabilities.

One of the areas where this security vulnerability is most evident is university campuses, which offer a controlled environment with high pedestrian density. Campuses are environments where educational, administrative, and social activities intertwine, and where there is intense and constant pedestrian movement. In this dynamic environment, controlling vehicle speeds is one of the first steps to ensure pedestrian safety. Vehicle speed is the most critical parameter, directly affecting both the likelihood of a potential collision and the severity of its consequences (Rosén & Sander, 2009). Recognizing this necessity, many universities in Türkiye have adopted low speed limits in their on-campus traffic circulation plans. Established institutions such as METU and ITU have set speed limits of 30-40 km/h on the main arteries of their campuses where pedestrian and vehicle traffic is heavy, and they are trying to control this rule with various speed bumps and traffic regulations (İTÜ, 2010; ODTÜ, 2025).

Assessing the impact of established speed limits on pedestrian safety requires not only detecting violations but also quantifying the risk posed by these violations. However, traditional crash data analysis is insufficient for preventive safety assessments due to the infrequent and post-event nature of crashes. Therefore, SSMs that analyze conflict or near-miss situations have been adopted in the traffic engineering literature (Tarko, 2018). Among the most commonly used indicators in this framework are Time-to-Collision (TTC) and Post-Encroachment Time (PET). TTC represents the time to collision if the vehicle and pedestrian maintain their current speed, while PET represents the time difference between consecutive crossings of two users past the potential conflict point (Chen et al., 2017a; Gettman & Head, 2003). Low TTC (e.g., 1.0–1.5 s and below, which is critical depending on the context) and low PET values are considered early indicators of high conflict risk. Additionally, required deceleration rate (DRAC/MaxD), relative TTC (RTTC), Time Advantage (TAdv), and composite indices combining speed-distance-braking components are used to increase sensitivity in specific contexts. In the literature, TTC has been successfully used in cross-cultural analyses of driver and pedestrian behavior at crosswalks in different countries (e.g., China and Germany) and in modeling the risk of pedestrian-vehicle interactions under different speed scenarios (Jiang et al., 2015).

In practice, surrogate safety metrics can be calculated from trajectory data obtained by video analytics using computer vision and multi-object tracking (Ismail et al., 2009; Saunier & Sayed, 2007), radar/LIDAR-based speed-distance measurements, or sensor fusion (Wu et al., 2018). Using the obtained TTC/PET distributions, the impact of speed policies can be quantitatively tested through low TTC event frequencies, critical threshold exceedance rates, and severity classes (Heydari et al., 2014; Laureshyn & Várhelyi, 2020). Video-based studies in unsignalized sections have quantified common near-miss events, particularly those involving right-turning vehicles crossing pedestrians, using PET and relative TTC (RTTC), demonstrating the applicability of this approach (Chen et al., 2017b). On the other hand, new conflict indicators, such as the improved TAdv, offer a complementary framework to TTC/PET by aiming to identify pedestrian-vehicle conflicts without assuming a collision trajectory (Sheng et al., 2025). Studies examining the impact of geometry and flow on SSMs in mixed traffic conditions have also shown that risk at mid-block crossings is sensitive to contextual factors (Jiang et al., 2015).

SSM literature systematically demonstrates the determinant role of speed. Newly developed measures, such as the Pedestrian Danger Index (PDI), combine vehicle speed, crossing distance, and deceleration into a hazard function, demonstrating that higher speeds and shorter crossing distances increase risk levels (Dąbkowski et al., 2025). Controlled field studies in scenarios with low-speed designs similar to those on campuses reveal that pedestrians' stopping and walking speed adjustments increase in frequency when the 30 km/h limit is exceeded by speeds of 40–60 km/h, while their head movement/surrounding scanning frequencies and perceived stress increase (Li et al., 2025). From a design perspective, physical traffic calming measures such as elevated crosswalks significantly reduce driver approach speeds and produce more consistent slowing behaviors (Meocci et al., 2024). Similarly, smart crosswalk applications have been shown to significantly increase driver yield rates by reducing speeds (Pechteep et al., 2024). In summary, the literature demonstrates that combining speed management (design, enforcement, and active measures) with SSM-based proactive assessment significantly improves safety at unsignalized intersections, particularly at mid-block campus pedestrian crossings on campuses. In this context, indicators such as TTC, PET, RTTC, improved TAdv and PDI are expected to inform policy and design decisions by comparing a 30 km/h design target with actual field speeds of 40–60 km/h through low-TTC event frequencies and derived risk profiles.

While the necessity of low-speed limits and the effectiveness of surrogate safety measures are recognized, studies comparing the quantitative effects of different speed limit scenarios and speed violations on pedestrian-vehicle interaction risks in a controlled environment are needed. In this regard, one of the universities in Türkiye that has adopted pedestrian prioritization and a low-speed limit of 30 km/h was selected as the study site. Using a developed urban mobility simulation environment, the effects of different speed scenarios on vehicle-pedestrian interactions at unsignalized pedestrian crossings within the campus were evaluated.

MATERIALS AND METHOD

This study developed a microscopic traffic simulation environment based on SUMO to quantitatively evaluate the impact of different speed limit violations on pedestrian-vehicle interactions at unsignalized pedestrian crossings on campus. The fundamental steps of the methodology include network modeling, modeling vehicle and pedestrian flows, implementing speed scenarios, and calculating SSMs.

Study Area and Network Modeling

Çukurova University campus, a site with high pedestrian-vehicle interaction, was selected as the study area. The campus road network topology and environmental attributes were extracted from the OSM platform, an open-source geographic database. The resulting raw map data was converted into a simulation network using the 'netconvert' module of the SUMO microscopic traffic simulation software. During the conversion process, the on-campus road hierarchy, lane numbers, and geometric features were preserved. The analysis focused specifically on eight unsignalized pedestrian crossings identified in the OSM database and located on the campus's main arteries. As shown in Figure 1, these crossings were identified as critical conflict points where vehicle and pedestrian flows intersect.



Figure 1. Çukurova University campus road network and crosswalk locations.

Modeling of Vehicle and Pedestrian Demand

Due to limitations in collecting real-time field data and the study's focus on evaluating the sensitivity of safety metrics to variations in speed rather than replicating traffic conditions of a specific time period, stochastic demand modeling was adopted.

Vehicle and pedestrian demand was generated through random route assignments across the network using SUMO's external Python scripts (e.g., randomTrips.py). This approach creates a homogeneous distribution and interaction potential across the network, ensuring generalizability of the results without relying on a specific traffic pattern. The simulation parameters were determined as follows:

- **Vehicle Demand:** Approximately 2,350 vehicles, stochastically assigned to the network throughout the simulation, move between random start and end points on campus roads.
- **Pedestrian Mobility:** Given the pedestrian-focused nature of the study, pedestrian density was kept high, with approximately 4,500 pedestrians assigned to travel between key activity points within the campus, using 8 defined crosswalks.

In the absence of real-world field data, random route generation, which enables theoretical assessment of micro-interactions on the network, offers a valid initial approach for comparatively analyzing the impact of speed scenarios on SSM indicators.

Method

Trajectory data obtained from the simulations were processed using a custom Python-based TraCI analysis module. This module combines the location, speed, and lane information provided by SUMO at each time step to calculate vehicle-pedestrian interactions at the microscale. The analysis process consists of three main steps:

(i) Identification of the conflict geometry
(ii) Computation of temporal components
(iii) Derivation of SSM indicators such as TTC and PET

During the simulation, a live connection between SUMO and TraCI was maintained, and at each timestep ($\Delta t = 0.1$ s):

- Pedestrian entry time, position, and speed at the crosswalk,
- Projection of the pedestrian's position onto the analytically defined conflict line,
- The position and speed of the closest oncoming vehicle to the conflict point.

were recorded.

This process is triggered once at each pedestrian crossing entrance, resulting in a potential "event" for each pedestrian. The code first calculates the polygonal geometry of the crossing, the intersection points with the vehicle lanes, and the collision line derived from this intersection for each pedestrian crossing. When the pedestrian enters the crossing, their actual location is projected perpendicular to this collision line, creating a common reference point for pedestrians and vehicles. The analysis code calculates two primary time variables for each pedestrian event. The first is the pedestrian's time-to-arrival at the conflict line (t_y), calculated as shown in Equation 1:

$$t_y = \frac{d_{proj}}{v_{ped}} \tag{1}$$

where,

d_{proj}: the distance between the pedestrian's entry position and its projection on the conflict line,

v_{ped}: the pedestrian's instantaneous walking speed.

The second temporal variable, the arrival time of the nearest vehicle at the conflict point (t_a) is computed as shown in Equation 2:

$$t_a = \frac{d_{veh}}{v_{veh}} \tag{2}$$

where,
d_{veh}: the distance of the nearest vehicle to the conflict point,
v_{veh}: the instantaneous speed of the vehicle.
These two temporal values serve as the inputs for the subsequent TTC and PET calculations.
(i) **TTC** is defined only when the vehicle's arrival time at the conflict point (t_a) is shorter than the pedestrian's time required to clear the crosswalk (t_{cross}). In the model, this condition is verified by:

$$t_{cross} > t_a \tag{3}$$

when this condition holds, TTC is computed using the vehicle's distance to the conflict point d_{veh} and its instantaneous speed v_{veh} as follows:

$$TTC = \frac{d_{veh}}{v_{veh}} \ (if\ t_y\ and\ \ t_a\ intersect) \tag{4}$$

Following the literature, a critical TTC threshold of 2 seconds was adopted. All events with TTC values below this threshold were marked as conflicts, as they represent potential collision situations.
(ii) PET represents the remaining temporal margin between the pedestrian's crossing completion time t_{cross} and the vehicle's arrival time at the conflict point t_a. In the model, PET is defined as:

$$PET = t_{cross} - t_a \tag{5}$$

Accordingly, positive PET values indicate that the vehicle enters the conflict area after the pedestrian, whereas values close to zero or small positive margins reflect temporally critical overlaps between crossings. The critical threshold for PET was set at 3 seconds, consistent with the literature. All events below this value (PET<3 s) were considered to indicate dangerously close temporal proximity between the vehicle and pedestrian crossings and were marked as conflicts.

Scenario Design

To isolate the impact of increased vehicle speeds on pedestrian safety, four different simulation scenarios were designed, where the campus's geometric characteristics, pedestrian volume, and vehicle traffic demand were held constant, and only the maximum vehicle speed limits varied. These scenarios were categorized according to driver compliance with legal limits and potential violation severity as follows:

- **Baseline Scenario – Full Compliance:** The ideal scenario is where the legal speed limit of 30 km/h on campus is observed with 100% compliance by all vehicles in the simulation. This scenario serves as the reference (control) group against which other violations will be compared and represents the theoretical goal of the safe system approach.

- **Scenario A (Minor Violation):** Drivers partially violate the speed limit and maintain speeds in the 40 km/h range. This scenario reflects the typical violation situation, where drivers tend to accelerate to their perceived comfort speed (operating speed), typically when road width increases or enforcement is poor.
- **Scenario B (Moderate Violation):** Vehicle speeds reach 50 km/h. While this range overlaps with the standard urban speed limit (50 km/h), it represents a critical increase in risk for areas with high pedestrian density, such as campuses. It is considered in the literature as the threshold at which the risk of fatal accidents begins to increase significantly.
- **Scenario C (Severe Violation – Aggressive Driving):** This is a high-risk situation where the speed limit is significantly exceeded and vehicles are traveling in the 60 km/h range. This scenario simulates aggressive driving profiles and extreme risk conditions that can be seen, particularly on straight roads, during low-traffic periods (nighttime or weekends).

For each scenario, the vehicles *maxSpeed* parameters were set according to the relevant ranges in the SUMO environment ($v_{maks} = N(\mu, \sigma)$. To minimize the impact of stochastic randomness (random seed) on the results, simulations were run repeatedly, and the average values were included in the analysis.

RESULTS AND DISCUSSIONS

University campuses constitute a unique study environment within the field of urban traffic engineering due to their complex traffic dynamics, high pedestrian activity and shared-use roadways. Although these environments are theoretically designed as low-speed, safe zones, actual driving behavior frequently exceeds posted limits and approaches violation thresholds. Within this study, the effects of speed-limit violations at unsignalized campus crosswalks, specifically the transition from the safe baseline speed of 30 km/h to higher speeds of 40, 50 and 60 km/h, were examined with respect to vehicle–pedestrian interactions. The conflict counts obtained from the simulation results are presented in Table 1.

Table 1. Comparison of TTC<2 s and PET<3 s conflict counts by vehicle speed

Scenarios	Speed (km/h)	Number of TTC events	Number of PET events
Baseline	30	32	80
Scenario A	40	48	110
Scenario B	50	62	135
Scenario C	60	95	192

Table 1 presents a numerical comparison of TTC<2 s and PET<3 s conflict events observed under different speed scenarios. Taking the baseline scenario (30 km/h) as the reference, a gradual increase in speed from 40 km/h to 60 km/h results in a clear escalation in conflict counts for both indicators. The findings are consistent with prior literature reporting that higher speeds lead to more frequent critical TTC and PET events, demonstrating that increased approach speed reduces the safety margin in vehicle–pedestrian interactions.

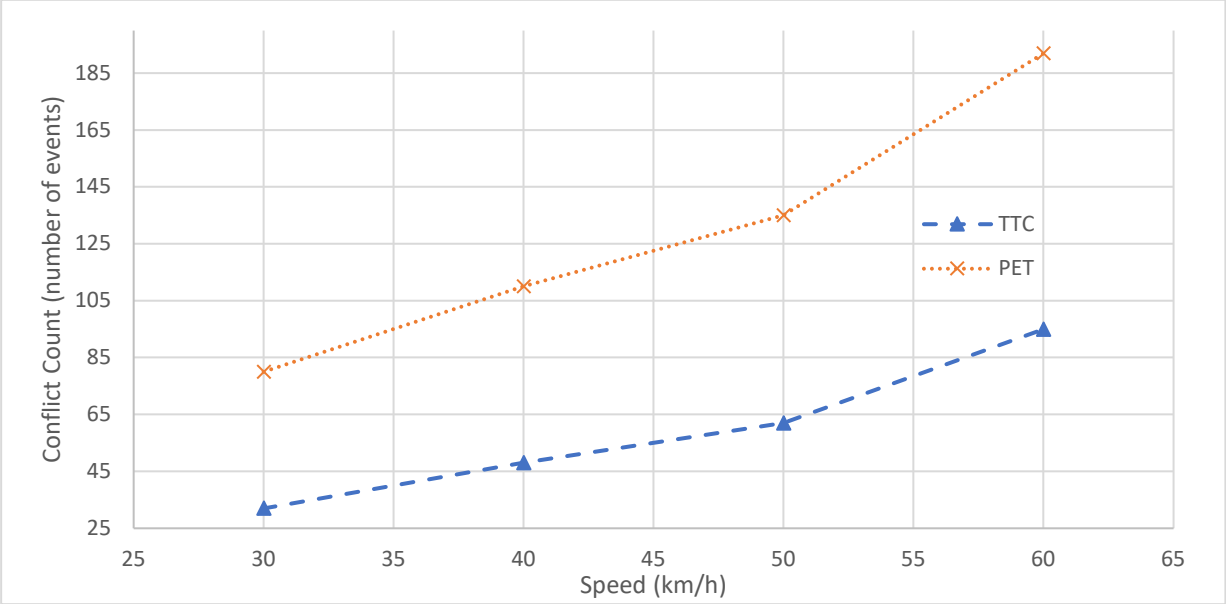


Figure 2. Variation of TTC- and PET-based conflict counts across speed scenarios

According to Figure 2, the TTC-based conflict counts (blue dashed line) show a steady increase as speed increases. This indicates that the frequency of conflicts accelerates significantly, particularly at speeds above 50 km/h. Similarly, the PET-based conflict counts (orange dotted line) show an even more pronounced increase with speed. The greater sensitivity of PET distributions to speed changes suggests that the time margin a vehicle leaves for pedestrians narrows significantly, especially in scenarios with high approach speeds. The overall trend reveals that both metrics have a strong and positive relationship with vehicle speed. Speed management at unsignalized crosswalks (e.g., implementing a 30 km/h target speed) is confirmed as a key determinant in reducing the risk of both TTC- and PET-based conflicts.

The most significant safety advantage of a 30 km/h speed is the higher yield rate for drivers. Research shows that at an approach speed of 32 km/h, the yield rate for pedestrians is 78%. This high compliance rate systematically prevents TTC values from falling to critical levels. This is because the driver reduces speed long before reaching the point of conflict. A study in Wisconsin confirmed that drivers are statistically significantly more likely to yield to pedestrians on roads with lower speed limits (Bertulis & Dulaski, 2014; Schneider et al., 2018).

From a physical perspective, even if a pedestrian collision occurs at 30 km/h, the risk of death remains around 5%. This data is the primary reason why the low TTC values (e.g., 1.0 seconds) obtained in SSM analyses are less concerning at this speed than at other speeds: Even if an accident occurs as a result of an error, the consequences are generally not fatal (Almodfer et al., 2016; Hussain et al., 2019).

At speeds of up to 50 km/h, a misleading stability in average TTC values can be observed. While some simulation studies suggest that the average TTC may remain close to the 30 km/h values (around 3.2 seconds) due to drivers attempting to brake earlier at higher speeds, these averages mask dangerous decreases in minimum and variance values (Yue et al., 2020). The real danger lies in the shift in the meaning of PET thresholds. In situations exceeding the 50 km/h speed limit, a PET of 1.5 seconds is no longer classified as a safe crossing but as a serious conflict. This is because a vehicle traveling at 50 km/h travels approximately 14 meters per second.

A PET of 1.5 seconds means the vehicle is only 21 meters behind the pedestrian crossing. This distance is insufficient to stop if the driver is distracted or the pedestrian stumbles.

RECOMMENDATIONS

This study examined the impact of different speed limit violations on pedestrian-vehicle interactions at unsignalized crosswalks on the Çukurova University campus using TTC and PET-based surrogate safety indicators derived from microscopic simulations. In the SUMO-based simulation environment, scenarios where geometry, pedestrian, and vehicle demand were held constant, and only vehicle speeds were varied, provided a controlled experimental framework to quantitatively demonstrate the marginal impact of speed parameters on safety.

The findings indicate that the number of conflicts defined by both TTC<2 s and PET<3 s increased gradually but significantly in the transition from the 30 km/h baseline scenario to the 40, 50, and 60 km/h scenarios. It was observed that the increase in the number of critical TTC events accelerated, while the number of PET-based conflicts rose at an even higher rate, particularly at speeds of 50 km/h and above. This situation demonstrates that increasing approach speed reduces the time available for pedestrians to safely cross, creating a risk situation that can lead to serious consequences even for minor driver errors. These findings are consistent with literature findings that suggest that increased speed at crosswalks negatively shifts TTC and PET distributions.

The 30 km/h speed level stands out as a meaningful safety threshold for campus crosswalks, both theoretically and in terms of simulation results. At this level, the number of critical TTC and critical PET events remains relatively low, and the potential for conflict is significantly suppressed if drivers yield to pedestrians. In contrast, the 40–50 km/h range represents scenarios where the legal speed limit is partially violated but drivers still operate at a reasonable speed, yet it presents a rapidly increasing risk range, particularly relative to the PET thresholds. The 60 km/h scenario, on the other hand, clearly represents an unacceptable risk level for an environment with a high pedestrian density such as a campus. It describes an extreme violation regime where both TTC and PET conflicts are approximately double the baseline scenario. The study's findings point to three key conclusions for on-campus speed management policies:

(i) The 30 km/h design speed is not just a conceptual target but a safety threshold supported by SSM-based analyses,

(ii) Practices that permit or effectively tolerate a 40–50 km/h band significantly undermine pedestrian safety, particularly at unsignalized crosswalks;

(iii) Speeds of 60 km/h and above constitute not only violations of campus-wide traffic regulations but also a critical hazard regime requiring reconsideration of system design. In this context, the 30 km/h target speed in on-campus traffic planning should be supported by physical design (elevated crossings, roadside curbs, speed bumps), electronic control (speed indicators, radar-controlled warnings), and signage/enforcement tools.

This study has several limitations. First, vehicle and pedestrian demands were modeled using random route generation, thus not reflecting the actual traffic situation of a specific day or time period in the simulation environment. While this approach allows for a theoretical examination of sensitivity to speed parameters, it requires interpreting the results based on relative trends rather than absolute values. Second, only TTC and PET indicators were analyzed, excluding other SSMs such as DRAC, RTTC, improved-TAdv, and PDI. Finally, because the simulation parameters were not calibrated with actual driver and pedestrian behaviors, the impact of behavioral variations (e.g., different yielding tendencies) was limited.

Future research may proceed along two directions. First, video-based field data is collected in campus areas or similar low-speed design areas, calibrating and validating the simulation results with observational TTC-PET distributions. Second, the framework, which focuses solely on speed scenarios in this study, is expanded to design and technology-based interventions (e.g., elevated crossings, smart pedestrian crossings, LED warnings, etc.). Thus, it can be systematically compared how different physical and smart solution packages are reflected in the SSM indicators under the 30 km/h target speed regime.

In conclusion, this study, conducted on the Çukurova University campus, quantifies the potential safety impacts of speed limit violations at unsignalized pedestrian crossings using TTC and PET-based proxy safety metrics. It provides a strong engineering basis for maintaining a 30 km/h target speed and reducing violations across the campus. We believe that such SSM-based approaches will provide an important tool for decision-makers in the design and review of speed policies in all pedestrian-first urban areas, especially university campuses.

REFERENCES

2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu (Madde 74) (1983).

Almodfer, R., Xiong, S., Fang, Z., Kong, X., & Zheng, S. (2016). Quantitative analysis of lane-based pedestrian-vehicle conflict at a non-signalized marked crosswalk. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 42, 468–478. https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.07.004

Bertulis, T., & Dulaski, D. M. (2014). Driver approach speed and its impact on driver yielding to pedestrian behavior at unsignalized crosswalks. In Transportation Research Record (Vol. 2464, pp. 46–51). National Research Council. https://doi.org/10.3141/2464-06

Chen, P., Zeng, W., Yu, G., & Wang, Y. (2017a). Surrogate Safety Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflict at Intersections Using Unmanned Aerial Vehicle Videos. Journal of Advanced Transportation, 2017. https://doi.org/10.1155/2017/5202150

Chen, P., Zeng, W., Yu, G., & Wang, Y. (2017b). Surrogate Safety Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflict at Intersections Using Unmanned Aerial Vehicle Videos. Journal of Advanced Transportation, 2017. https://doi.org/10.1155/2017/5202150

Dąbkowski, P., Olszewski, P., & Czajewski, W. (2025). Pedestrian Danger Index–a novel surrogate measure of pedestrian safety at unsignalized crossings. Traffic Injury Prevention, 26(5), 596–607. https://doi.org/10.1080/15389588.2024.2435048

Gettman, D., & Head, L. (2003). Surrogate Safety Measures From Traffic Simulation Models Final Report. https://ntlrepository.blob.core.windows.net/lib/38000/38000/38015/FHWA-RD-03-050.pdf

Heydari, S., Miranda-Moreno, L. F., & Liping, F. (2014). Speed limit reduction in urban areas: A before-after study using Bayesian generalized mixed linear models. Accident Analysis and Prevention, 73, 252–261. https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.09.013

Hussain, Q., Feng, H., Grzebieta, R., Brijs, T., & Olivier, J. (2019). The relationship between impact speed and the probability of pedestrian fatality during a vehicle-pedestrian crash: A systematic review and meta-analysis. Accident Analysis and Prevention, 129, 241–249. https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.05.033

Ismail, K., Sayed, T., Saunier, N., & Lim, C. (2009). Automated analysis of pedestrian-vehicle conflicts using video data. Transportation Research Record, 2140, 44–54. https://doi.org/10.3141/2140-05

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ). (2010). Ayazağa Yerleşkesi'nde Beklenen Trafik Düzenlemesi. https://ari24.com/haber/ayazaga-yerleskesinde-beklenen-trafik-duzenlemesi-206

Jiang, X., Wang, W., & Bengler, K. (2015). Intercultural Analyses of Time-to-Collision in Vehicle-Pedestrian Conflict on an Urban Midblock Crosswalk. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 16(2), 1048–1053. https://doi.org/10.1109/TITS.2014.2345555

Kurt, M. M., Erol, İ., & Ebru GÜRBÜZ, H. (2021). Sinyalize Olmayan Yaya Geçitlerinde Sürücü Davranışlarının Yayalara İlk Geçiş Hakkının Verilmesi Açısından Araştırılması. Journal of Investigations on Engineering & Technology, 4(1).

Laureshyn, A., & Várhelyi, A. (2020). The Swedish Traffic Conflict Technique Observer's manual. https://www.ictct.net/wp-content/uploads/SMoS_Library/LIB_Laureshyn_Varhelyi_2020.pdf

Meocci, M., Terrosi, A., Paliotto, A., Arrighi, R., & Petrizzo, I. (2024). Drivers' performance assessment approaching pedestrian crossings through the analysis of the speed and perceptive data recorded during on-field tests. Heliyon, 10(1). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24249

ODTÜ Yerleşke Trafik Kuralları Uygulama Usul ve Esasları [Madde f, Alt-Bölüm 1, 2, 3: 30 Km/h Hız Sınırı] (2025). https://gs.metu.edu.tr/sites/gs.metu.edu.tr/files/9%20eyl%C3%BCl%20karar13/odtu-yerleske-trafik-kurallari.pdf

Pechteep, P., Luathep, P., Jaensirisak, S., & Kronprasert, N. (2024). Analysis of Factors Influencing Driver Yielding Behavior at Midblock Crosswalks on Urban Arterial Roads in Thailand. Sustainability (Switzerland) , 16(10). https://doi.org/10.3390/su16104118

Rosén, E., & Sander, U. (2009). Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. Accident Analysis and Prevention, 41(3), 536–542. https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.02.002

Saunier, N., & Sayed, T. (2007). Automated analysis of road safety with video data. Transportation Research Record, 2019, 57–64. https://doi.org/10.3141/2019-08

Schneider, R. J., Sanatizadeh, A., Shaon, M. R. R., He, Z., & Qin, X. (2018). Exploratory analysis of driver yielding at low-speed, uncontrolled crosswalks in Milwaukee, Wisconsin. Transportation Research Record, 2672(35), 21–32. https://doi.org/10.1177/0361198118782251

Schroeder, B. J., & Rouphail, N. M. (2011). Event-based modeling of driver yielding behavior at unsignalized crosswalks. Journal of Transportation Engineering, 137(7), 455–465. https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000225

Sheng, L., Cheng, G., Li, T., & Wang, H. (2025). Pedestrian-Vehicle Conflict Identification Method and Safety Evaluation Model Based on an Improved TAdv: An Example of Signal Intersections in China. Journal of Advanced Transportation, 2025(1). https://doi.org/10.1155/atr/3402490

Tarko, A. P. (2018). Surrogate Measures of Safety. In Safe Mobility: Challenges, Methodology and Solutions Transport and Sustainability (Vol. 11, pp. 383–405). https://ictct.net/wp-content/uploads/SMoS_Library/LIB_Tarko_2018.pdf

World Health Organization (WHO). (2018). Global Status Report on Road Safety. https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684

Wu, J., Xu, H., Zheng, Y., & Tian, Z. (2018). A novel method of vehicle-pedestrian near-crash identification with roadside LiDAR data. Accident Analysis and Prevention, 121, 238–249. https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.09.001

Yue, L., Abdel-Aty, M., Wu, Y., Yuan, J., & Morris, M. (2020). Influence of pedestrian-to-vehicle technology on drivers' response and safety benefits considering pre-crash conditions. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 73, 50–65. https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.06.012

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

SAFETY-ORIENTED MICROSIMULATION IN AUTONOMOUS VEHICLE AND PEDESTRIAN INTERACTION: TRANSITION FROM REACTIVE ANALYSIS TO PROACTIVE PREDICTION

Arş. Gör. Dr. Zeynel Baran YILDIRIM
Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0003-4068-7161

ABSTRACT
The safety validation challenges arising during the integration process of autonomous vehicles into urban traffic and the critical role of microsimulations in resolving these issues constitute one of the most important agenda items of modern transportation research. At the center of the study lies the finding that the reactive methodology, used in traditional traffic safety analyses and based on the accumulation of accident data, remains insufficient for autonomous vehicle technologies. The fact that autonomous vehicle accidents are statistically rare events and the technology is still in the development phase necessitates a proactive approach based on the principle of anticipating danger instead of waiting for an accident to occur. In this context, the report positions the use of Surrogate Safety Measures (SSM) such as Time to Collision (TTC) and Post Encroachment Time (PET) as a fundamental tool for quantifying risk. The technical analysis section of the report critically addresses the existing limitations of industry-standard simulation software such as VISSIM and SUMO. It is emphasized that the parameters of these software designed to optimize highway flows (e.g., tau, CC1) remain insufficient in modeling the complex processes in pedestrian-vehicle interaction. In particular, the error frequently made in the literature of modeling autonomous vehicles as flawless perfect drivers (sigma=0) is detailed. It is stated that this assumption creates an artificial sense of safety by ignoring real-world uncertainties such as sensor noise, perception delays, and weather conditions. Another original contribution of the study is the emphasis it places on the need for cultural calibration. It is expressed that default simulation parameters adjusted according to rule-based traffic cultures like Germany cannot be used in regions with more aggressive or chaotic traffic profiles like Istanbul, as this would invalidate simulation results. The report puts forward a ‘Safety-Oriented Calibration Strategy’ suggesting that simulations should be calibrated not only according to vehicle count but according to the risk-taking profiles (SSM distributions) of drivers in that region. Consequently, the study presents a comprehensive roadmap for future research by recommending the use of Game Theory-based ‘Yielding Models’ instead of standard car-following models, the development of parameter sets sensitive to regional driving cultures, and supporting software simulations with Hardware-in-the-Loop tests for the validation of autonomous vehicle safety.
Keywords: Autonomous vehicles, Vehicle-pedestrian interaction, Surrogate safety measures, Microsimulation

OTONOM ARAÇ VE YAYA ETKİLEŞİMİNDE GÜVENLİK ODAKLI MİKROSİMÜLASYON: REAKTİF ANALİZDEN PROAKTİF ÖNGÖRÜYE GEÇİŞ

ÖZET

Otonom araçların kentsel trafiğe entegrasyon sürecinde ortaya çıkan güvenlik doğrulama sorunları ve mikrosimülasyonların bu sorunların çözümündeki kritik rolü, modern ulaşım araştırmalarının en önemli gündem maddelerinden birini oluşturmaktadır. Çalışmanın merkezinde, geleneksel trafik güvenliği analizlerinde kullanılan ve kaza verilerinin birikmesine dayanan reaktif metodolojinin, otonom araç teknolojileri için yetersiz kaldığı tespiti yatmaktadır. Otonom araç kazalarının istatistiksel olarak nadir olaylar olması ve teknolojinin henüz geliştirme aşamasında bulunması, kaza olmasını beklemek yerine tehlikeyi önceden sezmek prensibine dayalı proaktif bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda rapor, Time to Collision (TTC) ve Post Encroachment Time (PET) gibi Vekil Güvenlik Ölçütleri'nin (SSM) kullanımını, riskin sayısallaştırılması için temel bir araç olarak konumlandırmaktadır. Raporun teknik analiz bölümü, VISSIM ve SUMO gibi endüstri standardı simülasyon yazılımlarının mevcut kısıtlarını eleştirel bir bakış açısıyla ele almaktadır. Bu yazılımların otoyol akımlarını optimize etmek için tasarlanmış parametrelerinin (örneğin Tau, CC1), yaya-araç etkileşimindeki karmaşık süreçleri modellemekte yetersiz kaldığı vurgulanmaktadır. Özellikle literatürde sıkça yapılan, otonom araçların hatasız mükemmel sürücüler (sigma=0) olarak modellenmesi hatası detaylandırılmıştır. Bu varsayımın sensör gürültüsü, algılama gecikmeleri ve hava koşulları gibi gerçek dünya belirsizliklerini yok sayarak yapay bir güvenlik hissi oluşturduğu belirtilmiştir. Çalışmanın bir diğer özgün katkısı, kültürel kalibrasyon ihtiyacına yaptığı vurgudur. Almanya gibi kural bazlı trafik kültürlerine göre ayarlanmış varsayılan simülasyon parametrelerinin, İstanbul gibi daha agresif veya kaotik trafik profillerine sahip bölgelerde kullanılamayacağı, bunun simülasyon sonuçlarını geçersiz kılacağı ifade edilmiştir. Rapor, simülasyonların sadece araç sayısına göre değil, o bölgedeki sürücülerin risk alma profillerine (SSM dağılımlarına) göre kalibre edilmesini öneren 'Güvenlik Odaklı Kalibrasyon Stratejis'ni ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, otonom araçların güvenliğinin doğrulanması için, standart araç takip modelleri yerine Oyun Teorisi tabanlı 'Yol Verme Modellerinin' kullanılmasını, bölgesel sürüş kültürlerine duyarlı parametre setlerinin geliştirilmesini ve yazılım simülasyonlarının Donanım Döngüde (Hardware-in-the-Loop) testleri ile desteklenmesini önererek, gelecekteki araştırmalar için kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Otonom araçlar, Araç-yaya etkileşimi, Vekil güvenlik önlemleri, Mikrosimülasyon

INTRODUCTION

The field of traffic safety has historically been built on a reactive methodology. This paradigm relies on waiting for crash data to accumulate before assessing the safety of an intersection, road section, or traffic regulation, a process that is ethically problematic and practically slow. Traditional crash analysis aims to identify black spots by focusing on the frequency and severity of past crashes. However, the increasing integration of autonomous vehicles and Connected Autonomous Vehicles (SAVs) into the traffic ecosystem seriously questions the adequacy and validity of this historical approach based solely on crash data. The early deployment of autonomous technologies and their low penetration rates in mixed traffic make it impossible to obtain statistically significant crash data (Rezwana & Lownes, 2024). Furthermore, the rarity of crashes involving autonomous vehicles makes the crash frequency metric unreliable (Nikolaou et al., 2023). This presents a fundamental dilemma that fundamentally challenges the way safety analysis generates information.

If we wait to collect accident data to verify a system's safety (which can take decades), we will lag behind the pace of technological advancement. Waiting for an accident to identify safety vulnerabilities in autonomous vehicle pedestrian interactions is incompatible with modern engineering ethics. In this context, we are entering a period where industry must anticipate hazards and quantify potential risks rather than waiting for accidents to occur. This transition necessitates a paradigm shift from reactive to proactive analysis (Nikolaou et al., 2023). The proactive approach aims to analyze high-risk events that do not result in accidents, namely near-miss situations, and traffic conflicts, rather than actual accidents.

There is a significant lack of data on autonomous vehicle interactions with vulnerable road users, particularly pedestrians. Data from low-speed autonomous shuttle pilot projects, such as the Med City Mover in Rochester, MN, suggest that human drivers exhibit aggressive overtaking behavior toward autonomous vehicles or that pedestrians struggle to understand the intentions of autonomous vehicles (Morris et al., 2024). However, these field studies are limited by the lack of controllable environmental factors and safety concerns (Rezwana & Lownes, 2025). Researchers cannot measure the response of an autonomous vehicle to a pedestrian by deliberately endangering them in the real world. These ethical and physical limitations make microsimulation environments (VISSIM, SUMO, etc.) the primary validation site for autonomous vehicle safety.

Simulation-based approaches offer researchers a controllable, repeatable, and risk-free experimental environment. However, most existing simulation models were developed to optimize traffic flow for human drivers, not to model autonomous vehicles. Simulation reflecting reality is possible not only by ensuring vehicles navigate from point A to point B, but also by accurately modeling the chaotic, cultural, and error-prone human behaviors on our roads. This study aims to fill existing gaps in the literature by thoroughly examining the SSM metrics used to measure the safety of autonomous vehicles in pedestrian interactions, the optimization of microsimulation parameters, and the impact of driving cultures in different countries and cities on simulation parameters.

SAFETY MEASURES AND VEHICLE-PEDESTRIAN INTERACTION

SSM metrics are quantitative indicators that measure the severity and frequency of traffic conflicts, replacing or complementing accident data in traffic safety analyses. Asserting that an autonomous vehicle is driving safely must go beyond subjective judgment. SSMs mathematically formulate the vehicle's environmental perception and risk management, creating a fear or risk index. These metrics are not merely engineering parameters but fundamental inputs to the autonomous vehicle's decision-making mechanism.

TTC is the most fundamental and widely used metric in the traffic safety literature. In a conflict or pursuit situation, it represents the time it would take for two road users (e.g., an autonomous vehicle and a pedestrian) to collide if they continue their speed and trajectory without changing their path (Saffarzadeh et al., 2013). The calculation of TTC for a simple vehicle pursuit is as in Equation (1):

$$TTC = \frac{X_{leader} - X_{follower}}{V_{takipçi} - V_{lider}} \quad (1)$$

where, X_{leader} is the instantaneous location of the leading road user (vehicle or pedestrian). A higher value indicates a further collision point. $X_{follower}$ is the instantaneous location of the following vehicle. This is used as a reference in calculating the distance between the lead and the vehicle. $V_{follower}$, is the speed of the following vehicle.

The higher this speed, the faster the gap closes. V_{leader} is the speed of the leading vehicle. If the leading road user is slow or stationary, the probability of a collision increases. This formula directly answers the question: How many seconds will it take for both road users to collide if they continue at their current speed? (Pau et al., 2018).

TTC is based on the collision trajectory assumption. However, unlike vehicles, pedestrians can stop suddenly or sidestep. As some studies have noted, low TTC values calculated at crosswalks (e.g., 0.5 seconds) may not always reflect a dangerous situation in reality because pedestrians have higher maneuverability. This can cause TTC to produce false-positive results when used alone (Hupfer, 1997; Li et al., 2023).

PET, another SSM metric widely used in the literature, is the time difference between when one road user (e.g., pedestrian) leaves the conflict zone and when the second road user (e.g., vehicle) reaches the same point. Unlike TTC, PET does not require a collision course to be continued for calculation; it is a safety metric measured after the incident has concluded. PET is particularly used to measure the severity of near-miss incidents. For example, if an autonomous vehicle passes directly behind a pedestrian crossing, the PET value will be very low (e.g., 0.5 seconds). This indicates that, even if no accident occurs, the vehicle passes close enough to endanger the pedestrian and is driving aggressively. Keeping PET values within human comfort limits is important for the social acceptance of autonomous vehicles.

Another commonly used surrogate safety metric in the literature is DRAC (Deceleration Rate to Avoid a Collision). DRAC represents the minimum deceleration rate a following vehicle must apply to avoid colliding with the vehicle in front. In other words, it is calculated by dividing the speed difference between the following vehicle and the lead vehicle by the effective closure time between the two vehicles. In a simple pursuit scenario, DRAC is calculated in simulation environments as shown in Equation 2:

$$DRAC = 0.5 * \frac{(V_{follower} - V_{leader})^2}{gap\ distance} \quad (2)$$

The following distance represents the longitudinal distance between two vehicles. When the speed difference is large and the distance is small, the DRAC value increases, meaning more aggressive braking is required to avoid a collision. Delays in autonomous vehicles' pedestrian and vehicle detection systems lead to critical values in metrics such as TTC, PET, and DRAC, and particularly to elevated DRAC values. High DRAC values indicate that the vehicle is late in recognizing the danger or has insufficient reaction time; therefore, such indicators are critical indicators for assessing the autonomous system's "anticipatory" driving ability.

Despite these and many other SSM metrics described in the literature, focusing solely on time parameters risks overlooking the outcome of a potential collision, namely its potential severity. Therefore, composite risk indicators have been developed that combine time-based indicators representing the probability of a collision with speed information at the time of the collision. One of these is the PRI (Pedestrian Risk Index), which combines the probability of a collision with the potential collision speed (V_{impact}) (Cafiso et al., 2011).

In short, PRI quantifies the "hazard magnitude" by weighting the increased risk associated with a decreasing TTC by the vehicle's speed at the time of impact. This way, encounters with the same TTC but occurring at different speeds are treated as if they are not at equal risk.

For example, a TTC of 1 second for a vehicle traveling at 10 km/h and a TTC of 1 second for a vehicle traveling at 60 km/h appear to be the same critical threshold in time, but differ significantly in terms of the potential risk of injury or death. PRI clearly highlights this difference, enabling more realistic risk stratification in both engineering design and the calibration of autonomous driving algorithms.

THE CHALLENGE OF AUTONOMOUS VEHICLE MODELING IN MICROSIMULATION

A Critical Turning Point: Mixed Traffic and Heterogeneity

One of the biggest misconceptions in the development of autonomous vehicle technologies is the assumption that future traffic will consist entirely of autonomous vehicles. However, for decades to come, roads will have a heterogeneous structure called mixed traffic. In this structure, deterministic autonomous vehicles that strictly follow the rules, human drivers with different driving profiles, motorcyclists, and pedestrians with unpredictable behavior will share the same infrastructure.

This transition period presents significant modeling challenges. Research shows that human drivers change their behavior when interacting with autonomous vehicles. For example, aggressive and moderate human drivers feel more anxious when encountering autonomous vehicles, but they also tend to crowd or bully autonomous vehicles because they understand that they must obey the rules. Defensive drivers, on the other hand, act independently of the type of interaction. Existing microsimulation models are inadequate to model these opportunistic behaviors of human drivers toward autonomous vehicles (e.g., cutting in front of an autonomous vehicle because the autonomous vehicle knows it must stop) (Ma & Zhang, 2024).

The Limitations of Standard Parameters and the Myth of the Perfect Driver

Industry-standard microsimulation tools such as VISSIM (Wiedemann model) and SUMO (Krauss/IDM-based models) were developed primarily for highway capacity analyses and modeling classical vehicle-following dynamics. These models largely base their underlying assumptions on motor vehicle-vehicle interactions, thus being limited in representing the highly variable and context-sensitive nature of vehicle-pedestrian interactions. The tau parameter used in SUMO represents the driver's reaction time to the vehicle ahead and the desired minimum time gap. The corresponding parameter in VISSIM is CC1. In standard calibrations, these values are often assumed to be constant, typically defined around 1.0 seconds. However, such a single, fixed parameter assumption is unrealistic for autonomous vehicles. An autonomous vehicle's effective response time is a dynamic quantity that varies depending on the situation, depending on the combination of sensor fusion, detection and classification delays, decision-making mechanisms, and control algorithms (Wang et al., 2025; Yavuz & Ozen, 2025).

For example, an autonomous vehicle approaching a pedestrian crossing might exhibit safety hesitation while attempting to interpret a pedestrian's intentions and speed, effectively increasing the actual tau value. Conversely, the same vehicle on an empty, straight route might drive with a much more aggressive time interval. Using a single fixed tau or CC1 value in VISSIM and SUMO fails to reflect this contextual variability and the cognitive load the autonomous vehicle places on the pedestrian. This leads to the implicit assumption in simulations of a perfect and consistent driver who reacts the same way in every situation. It also makes complex vehicle-pedestrian interactions and autonomous vehicle behaviors appear simpler and more deterministic than they actually are.

The sigma parameter in SUMO (ranging from 0 to 1) represents the stochastic error, or "imperfection," in the driver's speed and distance behavior. However, many studies in the literature default to 0 when simulating autonomous vehicles, making an implicit assumption that autonomous systems behave perfectly, deterministically, and without error in all situations. This approach completely ignores the inherent limitations faced by autonomous driving systems in reality, such as sensor noise, detection uncertainty, occlusion problems, classification errors, and processor latencies. For example, degradation of LiDAR data in rainy conditions, incorrectly classifying a pedestrian, or inadequate camera performance in low light are not reflected in the model at all under the sigma = 0 assumption. Therefore, such a deterministic assumption leads to overly optimistic simulation results and systematically masks real-world risks (Nippold et al., 2022; Wang et al., 2024).

A similar situation applies to VISSIM. The Looking Ahead Distance parameter in the Wiedemann model is a critical behavioral parameter that determines how far ahead the vehicle will react to events. This parameter is typically set to high values, such as 250 meters or higher, in highway conditions to reinforce the assumption of vehicles' forward visibility. However, such an assumption is unrealistic in urban environments. The effective detection ranges of autonomous vehicle sensors, particularly cameras and LiDAR systems, are often limited to 50–70 meters, and in urban environments, visibility is lost at much shorter distances due to densely parked vehicles, landscape elements, and building corners. Therefore, calibrating the Looking Ahead Distance value in the simulation to an unrealistic value, such as 250 m, without considering hardware limitations, leads to the assumption that the vehicle's environmental awareness is much higher than it actually is. Such a setting creates the illusion that the autonomous vehicle detects danger earlier and creates an artificial sense of security related to system performance (Ištoka Otković et al., 2023; Mohammad Miqdady, 2023).

Table 1. The Role and Limitations of Microsimulation Parameters in Pedestrian Interaction

Parameter Category	Basic Parameter (Software)	Role in Vehicle Tracking	Limitations in Pedestrian Interaction	Adaptation Required for Autonomous Vehicle Realism
Reaction Time	tau (SUMO) / CC1 (VISSIM)	Determines the time gap to be maintained with the vehicle ahead. High value= Defensive	It cannot model the hesitation of the autonomous vehicle during the negotiation phase of understanding pedestrian intentions.	Delays reflecting sensor processing time should be added due to the increased use of dynamic tau when approaching pedestrian crossings.
Error/ Imperfection	Sigma (SUMO) / Safety Distance Factor (VISSIM)	Adds random noise to speed/distance to simulate human error.	For autonomous vehicles, it is typically set to 0 (Perfect Driver Assumption), ignoring sensor noise.	The sigma value should be> 0 (e.g., 0.1) to represent detection uncertainty and sensor errors (noise).
Detection Range	Look Ahead Distance (VISSIM)	Determines the vehicle's response distance within the flow.	It does not take into account pedestrians behind parked vehicles (occlusion) or sensor range limits.	The parameter should be reduced to the autonomous vehicle's physical sensor limits (e.g., LiDAR range 70-100m).
Interaction Logic	Look Ahead Distance (VISSIM)	It uses binary logic (Gap Acceptance) to determine who will pass first.	It cannot model creeping behavior in situations where intent is unclear.	Integration of an external Yielding Model or Game Theory with VISSIM COM or SUMO TraCI interfaces.
Lateral Behavior	Priority Rules / Conflict Areas	Maintains lateral distance between vehicles within the lane.	This becomes insufficient when pedestrians slightly extend from the curb onto the road or pose a lateral threat.	Use of sub-lane models that increase lateral safety checks.

PARAMETER OPTIMIZATION AND REALISM: CULTURAL DIFFERENCES AND CALIBRATION

The validity of a microsimulation model depends on how well its parameters are calibrated with real-world data. However, the default parameters of software like VISSIM are typically adjusted to the driving characteristics of the country in which they were developed (Germany) (TRB, 2015). Driving behavior observed on German highways is typically modeled using time interval and following distance parameters, which are typically defined by higher safety margins. However, when this calibrated parameter set is directly transferred to contexts where more aggressive and flexible driving styles are observed, such as Turkey, India, or Italy, significant deviations emerge between the observed traffic flow and the simulation results in terms of both capacity and travel times.

This demonstrates that calibrations specific to driving cultures have limited transferability to different geographies and that the reliability of model results is sensitive to driver profiles (Goncu et al., 2022).

Comparing Turkish and German highway data reveals significant differences in driver behavior. On German highways, despite the "Driving on the Right" rule, the right lane usage rate drops below 25% in heavy traffic conditions, clearly demonstrating the behavior known in the literature as "rightmost lane avoidance" (N. Wu, 2005). In contrast, the lane usage distribution in Istanbul has a very different profile, with various studies showing that drivers engage in more aggressive maneuvers, change lanes more frequently, and, in particular, prefer shorter following distances (e.g., CC1, T) (Goncu et al., 2022). Therefore, when parameter sets calibrated on Munich or other German highways are directly applied to road sections with higher density and more flexible driving patterns, such as Istanbul, significant errors in lane flow distribution and capacity estimations occur. Drivers in Turkey exhibit more aggressive profiles (low CC1, high speed variation) than German drivers. If an autonomous vehicle simulation uses the default German parameters to model Istanbul traffic, the autonomous vehicle will be overly cautious, constantly yielding, and will cause phantom traffic jams that will not occur in reality.

Future studies should calibrate microsimulations not only based on flow outputs but also with a safety-focused perspective. In current applications, calibration is often based on the GEH statistic, which compares the agreement of the number of vehicles in the simulation with actual measurements. According to this approach, macro indicators such as average speed and travel time can be interpreted. However, even if a model can reproduce such volume and speed indicators with reasonable accuracy, it may completely mismodel the TTC distributions, which represent how close vehicles are to each other. Ishaque & Noland (2009), show that a good flow-based fit alone does not guarantee behavioral realism; significant deviations can occur, especially in micro-scale outputs such as following distances, gap acceptance, and pedestrian-vehicle interactions. For these reasons, the proposed workflow, schematically summarized in Figure 1, is based on a SSM-focused and culture-sensitive calibration framework. In the first stage (Trajectory Extraction), vehicle and pedestrian trajectories are extracted using drones or high-resolution cameras at a specific intersection or road section, yielding context-specific speed profiles and tracking intervals with high time resolution.

In the second stage (SSM Derivation), the actual distributions of proxy safety metrics such as TTC, PET, and DRAC are calculated from these trajectories, providing a quantitative safety profile based on the risk-taking behavior of drivers in the area and the cultural characteristics of interaction dynamics. In the final stage (Model Fitting), behavioral parameters such as CC0, CC1, and CC2 from the Wiedemann model in VISSIM, or other microsimulation parameters such as τ, σ, minGap, and acceleration parameters in SUMO, are optimized to ensure that the resulting SSM (specifically, TTC) distribution matches the real-world distribution as closely as possible. Predictive optimization methods such as genetic algorithms or SPSA can be used for this purpose. Thus, the resulting microsimulation model not only accurately predicts total flow and average speed, but also increases the realism of safety indicators by ensuring that autonomous or conventional vehicles exhibit a risk profile that is socially consistent with the driving culture of the region in which they operate.

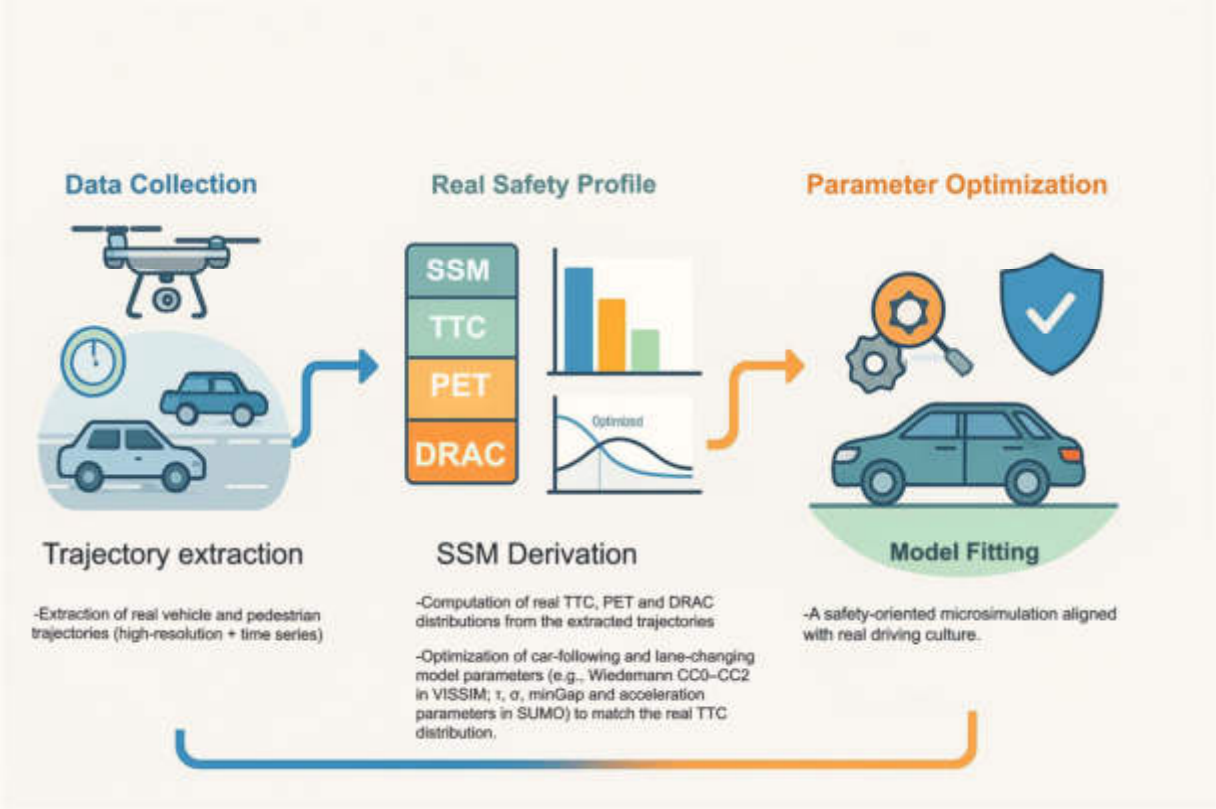


Figure 1. Culture-aware calibration framework based on real-world trajectory data, SSM derivation, and model parameter optimization.

As an extension of this framework, which behavioral model should be preferred when autonomous vehicles approach pedestrian crossings also emerges as a critical research question. Using the classical Wiedemann vehicle-following model with a scheme that treats pedestrians as if they were a preceding vehicle creates serious conceptual and practical problems in this context. The Wiedemann model is fundamentally based on a following logic, which adjusts the following distance based on the speed and position of the preceding vehicle. However, pedestrian interactions involve interactive processes such as understanding intentions, managing uncertainty, and giving way and requesting the right of way. The ability of pedestrians to suddenly change speed, quickly revise their direction, and often act according to implicit social norms rather than formal rules make it difficult for pure vehicle-following models to realistically represent this situation. Indeed, such limitations in representing hybrid vehicle-pedestrian interactions with classical vehicle-following models are also emphasized in the literature (Dahlberg & Segernäs, 2017).

Therefore, in advanced studies, independent yielding models should be implemented, building on standard vehicle-following models using VISSIM's COM interface or SUMO's TraCI interface. In such models, the interaction between autonomous vehicles and pedestrians can be described through Game Theory-based decision frameworks or agent-based approaches such as the Social Force Model. Such a framework allows the vehicle to interact with the pedestrian through a multi-stage negotiation process rather than a binary gap acceptance logic. For example, behaviors such as the vehicle slowly creeping to test the pedestrian's intentions, giving the pedestrian priority with a gesture, or keeping the waiting time within socially acceptable limits can be more consistently represented with such external yielding models.

In particular, pedestrian modules integrated into VISSIM, such as PTV Viswalk, allow for micro-level investigation of autonomous vehicle responses to this social force field by modeling pedestrians as autonomous agents with social motivations rather than simple obstacles. Thus, a more holistic and realistic microsimulation framework can be created in terms of both pedestrian comfort and perceived safety, and social acceptance of the autonomous vehicle.

THE ROLE OF HARDWARE-IN-THE-LOOP (HiL) SIMULATION

One of the fundamental limitations of software-in-the-Loop (SiL) simulations is their inability to fully represent hardware-induced uncertainties and errors in autonomous driving systems. Sensors such as cameras, radars, and LiDAR, which form the "eyes" of autonomous vehicles, are directly affected by environmental and hardware factors such as weather conditions, light reflections, contamination, bandwidth constraints, and processor load. However, in traditional SiL scenarios, sensor outputs are often modeled as idealized, noise-reduced data streams, thus excluding critical uncertainty components that determine system performance in the field.

Hardware-in-the-Loop (HiL) simulations offer a verification layer that significantly fills this gap. In a typical HiL setup, a traffic microsimulator such as VISSIM or SUMO transmits images or object lists generated in the virtual environment to a real autonomous vehicle control unit (ECU) or sensor feeder module (Kim et al., 2019; Mohd Zulkefli et al., 2017). Autonomous driving algorithms process this data on real hardware; detection, classification, and decision mechanisms are executed on the physical processor, and the resulting steering, accelerator, and brake commands are fed back to the simulator. Thus, the simulation loop is no longer a mere software abstraction, but rather a closed loop encompassing the entire chain of hardware behavior, from sensor data flow to control output. The software-hardware interaction discussed in this study and the closed-loop structure of the HiL framework are schematically illustrated in Figure 2. The figure summarizes the hardware-loop structure, where data generated from software-based traffic simulation is transferred to the sensor feeder, from there to the ECU, and finally back to the vehicle control components.

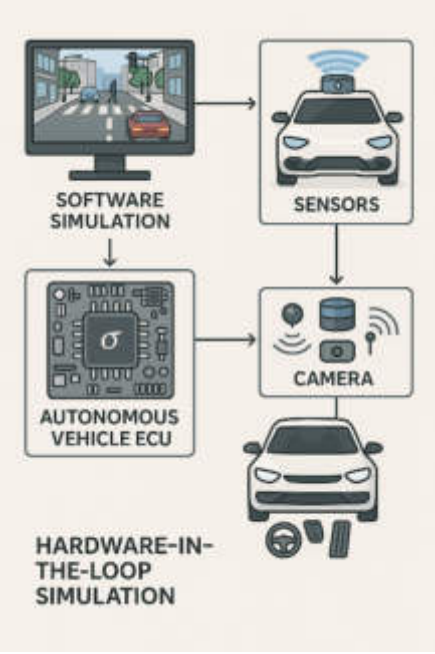


Figure 2. Hardware-in-the-Loop (HiL) Simulation Closed-Loop Architecture

This approach replaces the concept of spurious error, represented by the addition of stochastic noise, such as the sigma parameter in SUMO, with "true hardware delay and error." The use of HiL is critical, particularly in the validation of algorithms focused on pedestrian intent prediction (pedestrian intent prediction). The success of such algorithms depends not only on the theoretical accuracy of the methods used but also on the processor's ability to process complex pedestrian movements, variable lighting conditions, and multiple target scenarios in real time. HiL-based test scenarios reveal the impact of both sensor noise and processor latencies on the decision quality and response times of the AVC system, enabling realistic safety assessments at a level unattainable with purely software-based simulations (Camara et al., 2021; Kim et al., 2019; Zhou et al., 2024).

FUTURE RESEARCH AREAS AND RECOMMENDATIONS

When the findings presented in this report are considered alongside the relevant literature, it becomes clear that the uniform parameter set approach commonly adopted in autonomous vehicle microsimulations is not sustainable for different traffic cultures and automation levels. To realistically reproduce both current outputs and SSM-based safety indicators, context-sensitive and scenario-specific parameter spaces are required. Future work is recommended to focus on developing parameter matrices specifically tailored to reflect regional driving cultures, pedestrian interaction dynamics, and differences in autonomy levels. In this context, Table 2 presents a conceptual future research and parameter optimization matrix that summarizes the prominent research dimensions for autonomous vehicles, the corresponding objectives for each dimension, and the critical microsimulation parameters that need to be optimized.

Table 2: Future research and parameter optimization matrix for autonomous vehicles

Research Dimension	Objective	Critical Parameters to be Optimized	Methodology
Regional Cultural Adaptation	Adapting to local expectations by defining "Aggressive" (e.g., Istanbul) and "Defensive" (e.g., Munich) autonomous vehicle profiles	CC1 (Headway Time), MinGap, LC Strategic (Lane Change Aggressiveness)	Calibrating different parameter sets for local homogeneity by comparing trajectory data from different countries (Ehrhardt et al., 2024; Goncu et al., 2022).
AV Automation Levels (L2-L5)	Modeling the behavioral differences between "Driver-Assisted" (L2) and "Fully Autonomous" (L5) vehicles in mixed traffic.	Sigma (Error/Fault), Tau (Reaction), Look Ahead Distance.	For L4/L5 vehicles, Tau and Sigma values should be lower than L2, but not zero. Realistic values should be determined through HiL tests (Nippold et al., 2022).
Vulnerable Road Users (VRU) Interaction Dynamics	Modeling the trust or confusion pedestrians feel toward autonomous vehicles.	Social Force parameters (thrust), Yielding Probability (likelihood of yielding)..	Integration of Game Theory models into the simulator via External Driver Models (EDMs) (W. J. Wu et al., 2019).
Sensor Fidelity Modeling	Replacing the perfect perception assumption in software simulations with a sensor-limited perception model.	Using Reaction Time Distributions (to emulate latency) and Detection Range cutoffs..	Constructing “Perception Error” tables for the simulator by incorporating empirical sensor data (e.g., LiDAR point-cloud loss in rain). (Dietmayer, 2016).

The research dimensions presented in Table 2 indicate a broad area of parameter optimization aimed at increasing contextual realism in autonomous vehicle microsimulations. In this context, it is crucial to develop applicable policy recommendations for both regulatory agencies and simulation software developers. Three key recommendations are presented below, based on trends in the literature and the analyses presented in this report, intended to guide future research and application efforts.

- Establishing Local Reference Parameter Sets: It is critical for transportation authorities and municipalities to publish regional reference parameter sets that reflect the driving characteristics of their cities, both for academic research and industrial applications. For example, standardized VISSIM/SUMO parameter sets such as the "Istanbul Traffic Behavior Profile" or the "Munich Urban Flow Configuration" will facilitate the testing of their systems on real city profiles for autonomous vehicle manufacturers and software developers. Such an approach encourages autonomous vehicles to behave in accordance with local driving cultures, resulting in more consistent results in terms of safety, acceptability, and performance(Ahmed et al., 2021; Kaçan Bibican, 2023).
- Development of an SSM-Based Certification Framework: Autonomous vehicle safety should not be evaluated solely on the principle of accident-free. The level of compliance with SSM distributions (e.g., TTC, PET, DRAC), which represent the interactions of vehicles in real-world traffic conditions, should be a cornerstone of the certification process. Placing vehicles that are overly safe (e.g., stopping excessively in all situations) or non-compliant/aggressive in the same safety category in a simulated environment can disrupt the overall safety dynamics of traffic flow. Therefore, supporting certification processes with SSM-based thresholds and culture-sensitive risk profiles will increase both behavioral consistency and social acceptance (Adjenughwure et al., 2023).
- Integration of Communication Interfaces (eHMI) Simulations: Communication between autonomous vehicles and pedestrians is a critical component of safety and acceptability. LED panels, light signals, or projection-based external Human–Machine Interfaces (eHMI) can reduce the likelihood of conflict by making it easier for pedestrians to understand the vehicle's intentions. Therefore, future simulation studies should quantify not only the vehicle's motion dynamics but also the effects of eHMIs on pedestrians' decision-making time (Gap Acceptance Time), hesitation behavior, and perception of trust. Such an approach will provide important input for autonomous vehicle design, especially in urban areas with high pedestrian density (Bellet et al., 2022).

CONCLUSIONS

The gradual integration of autonomous vehicles into mixed traffic necessitates a fundamental paradigm shift in traffic safety analysis. The traditional, reactive approach based on accident data falls short in terms of both the capacity to generate information and ethical validity for autonomous systems, due to the long wait required to produce meaningful statistics and the fact that the accident itself is considered a prerequisite for data generation. In this context, a proactive analysis framework based on SSM stands out. Indicators such as TTC, PET, DRAC, and PRI quantify the invisible risk space between vehicle and pedestrian, enabling the evaluation of autonomous systems not only based on physical collision outcomes but also on perceptual and behavioral safety performance.

However, the reliable calculation of these metrics directly depends on the representativeness and calibration quality of microsimulation tools such as VISSIM and SUMO. A significant portion of existing applications in the literature model autonomous vehicles as error-free drivers, excluding sensor uncertainties and decision errors that may be encountered in practice.

Furthermore, they generally adopt default parameter sets calibrated according to rule-driven traffic cultures like Germany's. This study highlights three fundamental requirements for the validity and usability of autonomous vehicle simulations in policymaking:

1. **Safety-focused calibration**: Microsimulation parameters should be optimized to reproduce real-world conflict distributions (SSM profiles) not only based on current indicators such as volume, speed, and travel time. Such an approach will increase the model's behavioral realism and risk representation.
2. **Cultural adaptation**: Aggressive or defensive driving patterns observed in different geographies must be explicitly represented in the model through parameters such as following distance, reaction time, and lane change aggressiveness. Uniform parameter sets that ignore local driving cultures have been shown to lead to systematic biases in both capacity estimates and safety assessments.
3. **Hardware integration (Hardware-in-the-Loop)**: Sensor perception constraints, noise, occlusion problems, and processor latencies should be tested on real hardware using HiL-based setups, not just stochastic error terms. Thus, abstract error parameters such as sigma can be replaced with more realistic values derived from sensor and ECU performance.

Ultimately, the design of future safe transportation systems depends on autonomous vehicles exhibiting consistent and predictable safety performance not only on idealized, geometrically uniform routes, but also in urban environments where human behavior is chaotic, culturally shaped, and often negotiable. The framework presented in this report proposes a holistic research agenda for assessing autonomous vehicle safety by combining SSM-based proactive analysis, culturally sensitive calibration, and HiL integration.

REFERENCES

Adjenughwure, K., Tejada, A., Oliveira, P. F. V., Hogema, J., & Klunder, G. (2023). Safety-Oriented Calibration and Evaluation of the Intelligent Driver Model. https://arxiv.org/pdf/2310.04259

Ahmed, M. M., Williams, P. E., Das, A., Md, P. E., Khan, N., Britton Hammit, P. E., & Ali, P. E. E. (2021). Driver Performance and Behavior in Adverse Weather Conditions: Microsimulation and Variable Speed Limit Implementation of the SHRP2.

Bellet, T., Laurent, S., Bornard, J. C., Hoang, I., & Richard, B. (2022). Interaction between pedestrians and automated vehicles: Perceived safety of yielding behaviors and benefits of an external human–machine interface for elderly people. Frontiers in Psychology, 13. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1021656

Cafiso, S., García, A., Cavarra, R., Romero, M. A., & Rojas, R. (2011). Crosswalk Safety evaluation using a Pedestrian Risk Index as Traffic Conflict Measure. 3th International Conference on Road Safety and Simulation, 14–16.

Camara, F., Bellotto, N., Cosar, S., Weber, F., Nathanael, D., Althoff, M., Wu, J., Ruenz, J., Dietrich, A., Markkula, G., Schieben, A., Tango, F., Merat, N., & Fox, C. (2021). Pedestrian Models for Autonomous Driving Part II: High-Level Models of Human Behavior. In IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (Vol. 22, Issue 9, pp. 5453–5472). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3006767

Dahlberg, L., & Segernäs, M. (2017). Optimisation of the simulated interaction between pedestrians and vehicles. In MASTER'S THESIS.

Dietmayer, K. (2016). Predicting of machine perception for automated driving. Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects, 407–424. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_20/TABLES/1

Ehrhardt, S., Merat, N., Daly, M., Solernou Crusat, A., & Deml, B. (2024). Comparing implicit communication via longitudinal driving dynamics: A cross-cultural study in Germany and the UK. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 102, 278–293. https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.03.008

Goncu, S., Erdagi, I. G., Silgu, M. A., & Celikoglu, H. B. (2022). Analysis on Effects of Driving Behavior on Freeway Traffic Flow: A Comparative Evaluation of Two Driver Profiles Using Two Car-Following Models. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings, 2022-June, 688–693. https://doi.org/10.1109/IV51971.2022.9827296

Hupfer, C. (1997). Deceleration to safety time (DST)-a useful figure to evaluate traffic safety. . ICTCT Conference Proceedings of Seminar (Vol. 3), 5–7. https://www.ictct.net/wp-content/uploads/10-Lund-1997/10-Hupfer.pdf

Ishaque, M. M., & Noland, R. B. (2009). Pedestrian and Vehicle Flow Calibration in Multimodal Traffic Microsimulation. Journal of Transportation Engineering, 135(6). https://doi.org/10.1061/ASCE0733-947X2009135:6338

Ištoka Otković, I., Tollazzi, T., Šraml, M., & Varevac, D. (2023). Calibration of the Microsimulation Traffic Model Using Different Neural Network Applications. Future Transportation, 3(1), 150–168. https://doi.org/10.3390/futuretransp3010010

Kaçan Bibican, B. (2023). TRAFFIC CLIMATE AND MOTIVATION TO DRIVE SAFELY: A CROSS CULTURAL STUDY. METU.

Kim, Y., Tay, S., Guanetti, J., Borrelli, F., & Miller, R. (2019). Hardware-In-the-Loop for Connected Automated Vehicles Testing in Real Traffic. https://arxiv.org/pdf/1907.09052

Li, P., Guo, H., Bao, S., & Kusari, A. (2023). A Probabilistic Framework for Estimating the Risk of Pedestrian-Vehicle Conflicts at Intersections. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 24(12), 14111–14120. https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3296567

Ma, Z., & Zhang, Y. (2024). Driver-Automated Vehicle Interaction in Mixed Traffic: Types of Interaction and Drivers' Driving Styles. Human Factors, 66(2), 544–561. https://doi.org/10.1177/00187208221088358

Mohammad Miqdady, T. F. (2023). Studying the safety impact of sharing different levels of connected and automated vehicles using simulationbased surrogate safety measures. https://hdl.handle.net/10481/84423

Mohd Zulkefli, M. A., Mukherjee, P., Sun, Z., Zheng, J., Liu, H. X., & Huang, P. (2017). Hardware-in-the-loop testbed for evaluating connected vehicle applications. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 78, 50–62. https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.02.019

Morris, N., Craig, C. M., Drahos, B. A., Kessler, W., & Tian, D. (2024). Assessment of Pedestrian Safety and Driver Behavior Near an Automated Vehicle. http://mdl.mndot.gov/

Nikolaou, D., Ziakopoulos, A., & Yannis, G. (2023). A Review of Surrogate Safety Measures Uses in Historical Crash Investigations. In Sustainability (Switzerland) (Vol. 15, Issue 9). MDPI. https://doi.org/10.3390/su15097580

Nippold, R., Wagner, P., Banse Bueno, O. A., & Rakow, C. (2022). Investigation of the effect of autonomous vehicles (AV) on the capacity of an urban transport network. SUMO Conference Proceedings, 2, 53–65. https://doi.org/10.52825/scp.v2i.87

Pau, G., Campisi, T., Canale, A., Severino, A., Collotta, M., & Tesoriere, G. (2018). Smart pedestrian crossing management at traffic light junctions through a fuzzy-based approach. Future Internet, 10(2). https://doi.org/10.3390/fi10020015

Rezwana, S., & Lownes, N. (2024). Interactions and Behaviors of Pedestrians with Autonomous Vehicles: A Synthesis. In Future Transportation (Vol. 4, Issue 3, pp. 722–745). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/futuretransp4030034

Rezwana, S., & Lownes, N. (2025). Exploring the Impact of Pedestrian Behavior Parameters on Gap Acceptance in Microsimulation Applications. Future Transportation, 5(2). https://doi.org/10.3390/futuretransp5020044

Saffarzadeh, M., Nadimi, N., Naseralavi, S., & Mamdoohi, A. R. (2013). A general formulation for time-to-collision safety indicator. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport, 166(5), 294–304. https://doi.org/10.1680/TRAN.11.00031

Transportation Research Board. (2015). Traffic and Transportation Simulation Looking Back and Looking Ahead: Celebrating 50 Years of Traffic Flow Theory, A Workshop. https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec195.pdf

Wang, J., Su, L., Han, S., Song, D., & Miao, F. (2024). Towards Safe Autonomy in Hybrid Traffic: Detecting Unpredictable Abnormal Behaviors of Human Drivers via Information Sharing. ACM Transactions on Cyber-Physical Systems, 8(2). https://doi.org/10.1145/3616398

Wang, J., Topilin, I., Feofilova, A., Shao, M., & Wang, Y. (2025). Cooperative Intelligent Transport Systems: The Impact of C-V2X Communication Technologies on Road Safety and Traffic Efficiency. Sensors, 25(7). https://doi.org/10.3390/s25072132

Wu, N. (2005). Impact of traffic regulation on lane flow-distribution and capacity of motorways. 5th International Conference of Transportation Professionals. http://homepage.rub.de/ning.wu

Wu, W. J., Chen, R. C., Jia, H., Li, Y., & Liang, Z. K. (2019). Game theory modeling for vehicle–pedestrian interactions and simulation based on cellular automata. Https://Doi.Org/10.1142/S0129183119500256, 30(4). https://doi.org/10.1142/S0129183119500256

Yavuz, M. N., & Ozen, H. (2025). Comprehensive Evaluation of the Impacts of Mixed Traffic Conditions on Urban Networks. IEEE Access, 13, 73408–73429. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3563785

Zhou, J., Bai, X., Fu, W., Ning, B., & Li, R. (2024). Pedestrian intention estimation and trajectory prediction based on data and knowledge-driven method. IET Intelligent Transport Systems, 18(2), 315–331. https://doi.org/10.1049/itr2.12453

MEKÂNIN ÜRETİMİ, MÜLKİYET REJİMİ VE KENTSEL DİRENÇLİLİK: LEFEBVRE, FOUCAULT VE SOJA'NIN İZİNDE ELEŞTİREL BİR ÇÖZÜMLEME

Doç. Dr. Ayşe AKBULUT BAŞAR
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü
ORCID: 0000-0002-6101-310X

ÖZET
Modern kentleşme süreçleri, mülkiyet rejimleri ve iktidar ilişkilerinin mekân üzerinde ürettiği etkileri görünür kılarken, kentsel dirençlilik tartışmalarını yalnızca teknik kapasiteye indirgemek giderek yetersiz bir yaklaşım haline gelmektedir. Bu çalışma, mülkiyet, mekân, iktidar eksenini Henri Lefebvre, Michel Foucault ve Edward Soja'nın eleştirel kavramsallaştırmaları üzerinden yeniden yorumlayarak dirençlilik literatürüne kuramsal bir müdahale yapmayı amaçlamaktadır. İlk olarak Lefebvre'nin "mekânın üretimi" yaklaşımı ile mülkiyet rejimlerinin soyut mekâna nasıl dönüştüğünü ve bu dönüşümün kentsel kırılganlıkları nasıl artırdığı tartışmaya açılmaktadır. Ardından Foucault'nun iktidarın mekânsal örgütlenmesine ilişkin analizlerinden yararlanarak riskin yönetimi, nüfusun düzenlenmesi ve mekânsal normların üretimi arasındaki bağlar incelenmektedir. Bu çerçeve, kentsel dirençliliğin yalnızca afetlere karşı dayanıklılık değil aynı zamanda mekânsal adalet, erişilebilirlik, tahliye ve yeniden inşa politikaları gibi iktidarla ilişkili süreçlerin bir çıktısı olduğunu ortaya koymaktadır. Son olarak Soja'nın "üçüncü mekân" yaklaşımı üzerinden kolektif eylem, müşterekler ve alternatif mekânsallaşma biçimlerinin dirençlilik üretme kapasitesi tartışılmaktadır. Çalışma, mülkiyeti bireysel bir hak olarak değil, toplumsal, ekonomik ve politik pratiklerle iç içe geçmiş bir mekânsal rejim olarak konumlandırarak dirençliliğin eleştirel bir okumasını sunmaktadır. Sonuç olarak, mülkiyet rejimlerinin değiştirilmesi veya dönüştürülmesi, teknik müdahalelerden bağımsız olarak kentsel dirençliliğin toplumsal temelini güçlendirme potansiyeline sahip olduğuna ulaşılmaktadır. Bu çalışma, dirençlilik araştırmalarında felsefi ve kuramsal açılımların hızla genişlemesi gerektiğini vurgulamakta ve mekânın üretimi ile iktidar pratikleri arasındaki ilişkinin dirençliliğin merkezine alınmasını önermektedir.
Anahtar Kelimeler: kentsel dirençlilik, mülkiyet rejimi, mekânın üretimi, iktidar, postmodern mekân kuramı

PRODUCTION OF SPACE, PROPERTY REGIMES, AND URBAN RESILIENCE: A CRITICAL ANALYSIS IN THE FOOTSTEPS OF LEFEBVRE, FOUCAULT, AND SOJA

ABSTRACT
Modern urbanization processes make increasingly visible the effects produced by property regimes and power relations on space, rendering approaches that reduce urban resilience discussions solely to technical capacity progressively insufficient. This study aims to offer a theoretical intervention to the resilience literature by reinterpreting the property–space–power nexus through the critical conceptualizations of Henri Lefebvre, Michel Foucault, and Edward Soja. First, drawing on Lefebvre's "production of space" approach, the study discusses how property regimes transform space into abstract space and how this transformation intensifies urban vulnerabilities. It then examines, through Foucault's analyses of the spatial organization of power, the relationships between risk management, population regulation, and the production of spatial norms.

This framework reveals that urban resilience is not only related to disaster resistance but is also the outcome of power-laden processes such as spatial justice, accessibility, evacuation, and reconstruction policies. Finally, through Soja's "thirdspace" approach, the study discusses the capacity of collective action, commons, and alternative spatialities to generate resilience. By conceptualizing property not as an individual right but as a spatial regime intertwined with social, economic, and political practices, the study provides a critical reading of resilience. Ultimately, it concludes that transforming or rethinking property regimes has the potential to strengthen the social foundations of urban resilience independent of technical interventions. The study emphasizes the need for rapid expansion of philosophical and theoretical perspectives in resilience research and proposes placing the relationship between the production of space and power practices at the center of resilience debates.
Keywords: urban resilience, property regime, production of space, power, postmodern spatial theory

GİRİŞ

Dünyada son yirmi yılda kentsel dirençlilik söylemi, iklim krizi, afet riskleri ve ekonomik dalgalanmalar karşısında kentlerin ayakta kalma kapasitesini tanımlayan başat kavramlardan biri haline gelmiştir (Ahern, 2011; Akbulut Başar, 2023). Ancak bu literatür büyük ölçüde altyapı kapasitesi, fiziksel dayanıklılık, uyum sağlama yeteneği ve yönetişim modelleri gibi teknik ya da yönetsel boyutlara odaklanmakta, mülkiyet rejimlerinin ve mekânın eleştirel kuramsal çözümlemesinin bu çerçevede nasıl konumlandığı çoğu zaman geri planda kalmaktadır (Meerow, Newell, & Stults, 2016).

Bu çalışma tam da bu alanı incelemeye alarak: Mülkiyet ilişkileri ve mekânın üretimi, kentsel kırılganlığı ve dirençliliği nasıl biçimlendirir? Dirençlilik söylemi, kimi zaman toplumsal adaletsizlikleri yeniden üreten bir yönetim aracına dönüşüyor olabilir mi? Sorularına yanıt aramaktadır. Bunu yaparken de kentsel mekan üzerine büyük düşünür olarak tanımlanan isimlerden olan Lefebvre'nin mekânın üretimi, Foucault'nun iktidar-mekân çözümlemeleri ve Soja'nın üçüncü mekân kavramsallaştırmalarının rehberliğinden yararlanılmaktadır.

Dolayısıyla, bu bildirinin temel amacı, mülkiyet, mekân ve iktidar eksenini eleştirel mekân kuramlarının süzgecinden geçirerek kentsel dirençlilik literatürüne kuramsal bir müdahale önermektir. Bu çalışmada, kavramsal düzeyde üç iddia tartışılmaktadır. İlki mülkiyet rejimleri, mekânı soyutlaştırarak ve homojenleştirerek kırılganlık üreten başlıca araçlardan biridir. İkincisi, dirençlilik söylemi, belirli siyasal ve ekonomik çıkarlarla iç içe geçen bir iktidar teknolojisi olarak işleyebilir. Üçüncüsü ise alternatif mekânsal örgütlenmeler ve müşterekler, dirençliliğin toplumsal temelini güçlendirebilecek potansiyel alanlar sunar.

Yöntemsel olarak çalışma, eleştirel kuram temelli nitel bir literatür okumasına dayanmaktadır. Lefebvre, Foucault ve Soja'nın kuramsal çerçevelerini, kentsel dirençlilik literatüründe Davoudi (2012), MacKinnon ve Derickson (2013) ve Vale (2014) gibi yazarların geliştirdiği eleştirilerle karşılaştırmalı biçimde tartışmaktadır. Böylece, dirençliliğin yalnızca "şoklara dayanma" kapasitesi değil, aynı zamanda "kimin için, neyin, nerede ve hangi iktidar ilişkileri içinde" üretildiğini sorgulayan eleştirel bir kavramsal çerçeve önerilmektedir.

1.KURAMSAL ARKA PLAN: MEKÂNIN ÜRETİMİ, İKTİDAR VE ÜÇÜNCÜ MEKÂN

Mekân, insan yaşamının vazgeçilmez bir parçasıdır ve bireylerin toplumsal ilişkilerini, güç dinamiklerini ve günlük pratiklerini şekillendiren önemli bir unsurdur. Farklı düşünürler, mekân kavramını ele alırken kendi disiplinlerine ve tarihsel bağlamlarına göre çeşitli teorik çerçeveler geliştirmişlerdir. Bu bağlamda Henri Lefebvre, Michel Foucault ve Edward Soja mekanın anlaşılmasına ve yorumlanmasına dair yenilikçi bakış açıları sunmuşlardır.

Henri Lefebvre'nin mekân kuramı, bu çalışmanın temel dayanaklarından birini oluşturmaktadır. Lefebvre'ye göre mekân, doğal ya da kendiliğinden bir veri değil, toplumsal ilişkiler tarafından sürekli üretilen, yeniden kodlanan ve temsil edilen bir süreçtir (Shields, 2018; Lefebvre,1991). Kapitalist üretim tarzı altında mekân, devlet ve sermaye ittifakınca soyut mekân olarak örgütlenmektedir. Soyut mekân, farklılıkları bastıran, ölçülebilir, değiş tokuş edilebilir, mülkiyete konu bir yüzey olarak kurgulanır. Bu perspektiften bakıldığında, mülkiyet yalnızca bireyler ile parseller arasındaki hukuki bir ilişki değil aynı zamanda toplumsal mekânın hangi amaçlarla, kimler tarafından ve hangi iktidar düzenekleri içinde üretileceğini belirleyen bir rejimdir (Harvey, 2012).

Michel Foucault ise mekânı, iktidarın stratejik dağıtımının ve nüfusun yönetiminin ayrıcalıklı bir aracı olarak ele almaktadır. "Diğer mekânlar" üzerine tartışmaları ve Collège de France dersleri, hapishanelerden hastanelere, askerî alanlardan okullara kadar modern kurumların mekânsal kurgusunun disiplin ve biyopolitik yönetimle nasıl iç içe geçtiğini ortaya koymaktadır (Philo, 2000; Foucault, 1986, 2007). Bu bakış açısı, afet risklerinin haritalanması, tehlikeli alanların tanımlanması, tahliye ve yeniden yerleştirme politikalarının da iktidarın teknikleri olarak okunmasına imkân tanımaktadır. Onun perspektifinden, kimin risk altında olduğu yalnızca "doğal" bir sonuç değil, aynı zamanda planlama kararları, mülkiyet rejimleri ve güvenlik söylemleriyle şekillenmiş bir konumlanışın ürünü olduğu söylenebilmektedir (Philo, 2000).

Edward Soja'nın "üçüncü mekân" kavramı ise bu iki kuramsal hattı tamamlar niteliktedir (Latham, 2018). Soja (1996), mekânı yalnızca fiziksel (ilk mekân) ya da temsil düzeyinde (ikinci mekân) değil, deneyimlenen, müzakere edilen, direnişe ve kolektif eyleme açık "üçüncü mekân" olarak düşünmemizi önermektedir. Üçüncü mekân, hegemonik mekânsal düzenlemelerin çatlaklarında ortaya çıkan alternatif pratikleri, müşterekleri ve gündelik direniş biçimlerini görünür kılmaktadır (Latham, 2018). Bu çerçeve, kentsel dirençliliği yalnızca teknik kapasitelerle değil, aynı zamanda toplulukların mekân üzerinde söz söyleme, kendini örgütleme ve müşterek kullanımlar yaratma yeteneği üzerinden düşünmeye imkân vermektedir.

Bu üç kuramsal hat birleştirildiğinde, mülkiyet rejimlerinin soyut mekânı üreten, iktidar teknikleriyle iç içe geçmiş ve üçüncü mekânın olası özgürleştirici potansiyelini sınırlayan temel mekanizmalar arasında yer aldığı görülebilmektedir. Dolayısıyla kentsel dirençliliği tartışırken, mülkiyeti nötr bir hukuki zemin olarak değil, mekânın üretimini ve toplumsal kırılganlığı şekillendiren siyasal bir düzenek olarak ele almak gerekmektedir (Elden, 2004; Purcell, 2002).

2.KENTSEL DİRENÇLİLİK TARTIŞMASININ ELEŞTİREL BİR OKUMASI

Dirençlilik kavramı planlama yazınında giderek merkezi bir konuma yerleşmiş afet, iklim uyumu ve kriz yönetimi çalışmalarında sık başvurulan bir çerçeve haline gelmiştir (Akbulut Başar; İmren Güzel, 2024). Bununla birlikte pek çok yazar, kavramın esnek ve iyi hissettiren doğasının, içerdiği siyasal varsayımları görünmez kılabildiğine işaret etmektedir (Davoudi, 2012; Meerow vd., 2016). Dirençlilik kavramı, kimi zaman ne olursa olsun eski hâline dönme, kendini toparlama ya da uyum sağlama gibi anlamlar üzerinden kullanıldığı için, yapısal eşitsizlikleri görünmez kılan geniş bir yönetişim söylemine dönüşebilmektedir (Davoudi, 2012). Bu durum, kırılgan topluluklara daha fazla uyum yükü bindiren ve onların kırılganlıklarının ardındaki yapısal nedenlerle yüzleşmeyi erteleyen bir politika çerçevesi yaratmaktadır (MacKinnon & Derickson, 2013).

Bu eleştiriler, önemli noktalara dikkat çekmektedir. İlki dirençliliğin kime göre ve ne için üretildiği sorusudur. Vale (2014), kimin direnci ve kimin kenti? sorusunu sorarak, dirençlilik politikalarının çoğu zaman sermayeyi, altyapı ağlarını ve stratejik yatırım alanlarını korumaya odaklandığını yoksulların, göçmenlerin ve marjinal grupların ise bu politikalardan dışlanabildiğini ortaya koymaktadır. Ardından dirençliliğin çoğu zaman mekânsal adalet, mülkiyet dağılımı ve iktidar ilişkileri gibi konuları yeterince tartışmadan, teknik bir risk azaltma gündemine indirgenmesidir (Wilson & Chakraborty, 2021).

Bu noktada kentsel dirençlilik literatürü ile eleştirel mekân kuramı arasındaki kopukluk belirginleşmektedir. Dirençlilik çalışmalarında mikro bölgeleme yaklaşımları, risk haritaları, altyapı ağları, ulaşım ve lojistik sistemler öne çıkarken, bu sistemlerin hangi mülkiyet ilişkileri altında kurulduğu, hangi toplumsal grupların hangi mekânlarda yaşamaya zorlandığı, hangi alanların gayrimenkul yatırımına açıldığı gibi sorular çoğu zaman ikincil kalmaktadır. Oysa mekânın üretimi ve mülkiyet rejimleri, kırılganlığın da direnç kapasitesinin de belirleyici bileşenleridir.

MacKinnon ve Derickson (2013), dirençlilik söyleminin çoğu zaman yerel topluluklara daha dayanıklı olmaları çağrısında bulunurken, geniş ölçekli ekonomik ve siyasal yapıların sorgulanmaksızın sabit kabul edildiğine dikkat çekmektedir. Bu çerçevede önerdikleri kaynak yaratma kapasitesi (resourcefulness) kavramı, toplulukların yalnızca mevcut koşullara uyum sağlamasını değil, aynı zamanda bu koşulları dönüştürmek üzere kolektif hareket etme kapasitelerini vurgular niteliktedir. Bu vurgu, Soja'nın üçüncü mekânına ve Lefebvre'nin kente hakkı tartışmalarına eklemlenerek, dirençliliği dönüştürücü bir siyasal proje olarak yeniden düşünme imkânı sunmaktadır.

3.MÜLKİYET REJİMLERİ, KENTSEL KIRILGANLIK VE DİRENÇLİLİK

Mülkiyet rejimleri ile kentsel kırılganlık arasındaki ilişki, çoğu zaman teknik risk analizlerinin dışında bırakılan, fakat aslında kentlerin afetlere ve krizlere ne ölçüde dayanıklı olacağını doğrudan etkileyen bir alandır (Sager, 2011). Kapitalist kentleşme bağlamında mülkiyet, yalnızca barınma hakkının değil, aynı zamanda sermaye birikiminin başat araçlarından biridir (Harvey, 2012). Konut ve arsa, yerel ve küresel finansal akımların nesnesi haline geldikçe, riskli alanlarda dahi yatırım baskısı sürebilmekte böylece yüksek yoğunluklu, altyapı açısından yetersiz ve kırılgan yerleşimler ortaya çıkmaktadır.

Parçalı mülkiyet yapıları da kentsel kırılganlık üretme mekanizmalarından biridir. Çok sayıda küçük parselin, farklı mülk sahipleri arasında dağılmış olması afet riskinin azaltılması, güçlendirme, yeniden yerleştirme ya da kentsel dönüşüm gibi süreçlerde ciddi hukuki ve yönetsel güçlükler doğurmaktadır (Türkün, 2014). Bu durum, kırılgan yapı stokunun uzun süre varlığını sürdürmesine ve riskin adeta daimileşmesine yol açabilmektedir. Bu anlamda, riskin yalnızca doğal tehlikelerden değil mülkiyet rejimlerinin yarattığı kurumsal hantallıklardan da kaynaklandığı söylenebilmektedir.

Neoliberal kentleşme pratikleri ise dirençlilik söylemini çoğu zaman sermaye birikimi stratejileriyle eklemlemektedir (Watson, 2018). Davoudi (2012) ile Vale (2014), dirençliliğin kimi zaman yatırımcılar için güvenlik, sigorta piyasaları için öngörülebilirlik ve küresel kent rekabeti için marka değeri yaratan bir etiket haline geldiğini vurgulamaktadır. Bu durumda dirençlilik, kırılgan toplulukların haklarını ve mekânsal adaleti güçlendirmek yerine, soylulaştırma, zorunlu yerinden edilme ve piyasa odaklı yeniden inşa süreçlerine zemin hazırlayabilmektedir.

Dolayısıyla mülkiyetin bu bağlamda üç düzeyde kırılganlık üretebileceğini söylenebilmektedir. İlki riskli alanlarda spekülatif değer artışı yoluyla tehlikeli yerleşimleri meşrulaştırma, ikincisi parçalı mülkiyet yapıları üzerinden dönüşüm süreçlerini geciktirme, üçüncüsü ise yeniden inşa ve kentsel dönüşüm süreçlerinde, mülk sahibi olmayanları, karar mekanizmalarının dışında bırakarak toplumsal adaletsizliği derinleştirme olarak sıralanabilmektedir. Lefebvre'nin soyut mekân kavramı, bu süreçlerin nasıl mekânsal bir homojenlik üretirken aslında derin eşitsizlikler yarattığını anlamak açısından merkezi bir araç sunar (Aslan Okat & Dağdal İnce, 2021).

4.DİRENÇLİ KENT İÇİN ELEŞTİREL MEKÂNSAL ÇERÇEVE

Bu çalışma, mülkiyet rejimleri ve mekânın üretimi ile kentsel dirençlilik arasındaki ilişkiyi kuramsal düzeyde tartışarak, dirençli kent tartışmalarına alternatif bir çerçeve önermektedir. Bu çerçeve üç katmandan oluşmaktadır: mekânsal adalet ve mülkiyetin yeniden düşünülmesi, iktidar ilişkilerinin görünür kılınması ve üçüncü mekânın kolektif direniş ve müşterekler üzerinden güçlendirilmesi olarak tarif edilebilmektedir.

İlk katman, mülkiyeti yalnızca bireysel bir hak olarak değil, toplumsal ve mekânsal sonuçları olan bir rejim olarak ele alır (Roy, 2005). Mülkiyet dağılımının, riskin mekânsal dağılımı ile nasıl ilişkilendiğini sorgulamak, kırılgan toplulukların yaşadığı alanlarda mülkiyet politikalarının nasıl bir risk tuzağı ürettiğini analiz etmek bu noktada önemli olmaktadır. Kent hakkı ve kamusallığın yeniden tesisi tartışmaları, mülkiyetin toplumsal işlevini yeniden düşünmek için değerli bir zemin sunmaktadır (Harvey, 2012; Purcell, 2002).

İkinci katman, dirençlilik politikalarının iktidar ilişkilerinden bağımsız düşünülemeyeceğini vurgular. Foucault'nun güvenlik, nüfus ve mekân üzerine geliştirdiği analizler, risk haritalarının ve dirençlilik stratejilerinin hangi normallik kavrayışlarına ve hangi yönetimsellik rejimlerine dayandığını sorgulamayı mümkün kılmaktadır (Foucault, 2007). Dirençli kent planlama yaklaşımlarının hangi toplulukları korunmaya değer saydığı, hangilerini ise görünmez kıldığı sorusu, bu bağlamda kilit önemdedir.

Üçüncü katman ise Soja'nın üçüncü mekân yaklaşımıyla ilişkilidir. Dirençlilik, yalnızca teknik altyapı ve yönetim kapasitesi üzerinden değil, toplulukların kendi mekânları üzerinde söz söyleme, müşterek alanlar yaratma ve dayanışma ağları kurma yeteneği üzerinden de değerlendirilmelidir. Bu noktada, müşterekler, kolektif kullanım alanları, kooperatif temelli konut ve arazi modelleri gibi pratikler, hem kırılganlığı azaltma hem de kriz anlarında karşılıklı destek mekanizmalarını güçlendirme potansiyeline sahiptir (Ostrom, 1990).

Bu perspektiften bakış, kentsel dirençliliği üçlü bir soru seti üzerinden yeniden kavramsallaştırmayı önermektedir. Dirençlilik kimin için, nerede ve hangi mekânsal rejim altında üretilmektedir? Bu sorular yanıtlanmadan geliştirilen her teknik çözüm, kırılgan toplulukların üzerindeki yapısal baskıları sorgulamadan, onları daha da esnek ve uyumlu olmaya zorlayan bir yönetişim aracına dönüşme riski taşımaktadır.

5.SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma, kentsel dirençlilik tartışmalarında sıklıkla göz ardı edilen mülkiyet rejimleri ve mekânın eleştirel kuramsal çözümlemesini merkeze alarak bazı sonuçlar üretmektedir (Tablo1).

Tablo1. Çalışmanın Kuramsal Sentezi ve Sonuçlar

Kuramsal arka plan	**Tartışma konusu**	**Değerlendirme ölçütü / sorusu**	**Sonuç ile bağlantı**	**Referans**
Lefebvre: Mekânın üretimi, soyut mekân	Mülkiyet rejimlerinin mekânı soyutlaştırarak homojenleştirmesi ve kırılganlık üretmesi	Mekânın değişim değeri, kullanım değeri, risk birikimi, mekânsal adaletin zayıflaması	Mülkiyet rejimleri, kırılganlığın üretildiği siyasal-mekânsal düzeneklerdir. Dirençlilik tartışmasında merkezde yer almalıdır.	(Lefebvre,1991) (Harvey,2012). (Shields, 2018).
Foucault: İktidar, yönetimsellik, mekânın stratejik kullanımı	Risk yönetimi, güvenlik, tahliye ve yeniden yerleştirme politikalarının iktidar teknikleri olarak işleyişi	Kimin risk altında tanımlandığı, güvenli/tehlikeli alan ayrımı, kimin korunmaya değer sayıldığı	Dirençlilik söylemi, yapısal eşitsizlikleri görünmez kılabilir. Bu nedenle iktidar ilişkilerinin açığa çıkarılması gerekir.	(Foucault,2007) (Foucault,1986) (Philo,2000)
Soja: Üçüncü mekân, alternatif mekânsallaşmalar	Kolektif eylem, müşterekler, topluluk temelli mekân pratiklerinin dirençlilik üretme kapasitesi	Topluluk söz hakkı, müşterek alanların varlığı, dayanışma ağları	Dirençlilik teknik değil kolektif eylem ve müşterek üretimiyle toplumsal olarak güçlenebilir.	(Soja,1996) (Latham,2018) (Ostrom,1990)
Eleştirel dirençlilik literatürü	Dirençlilik kavramının iyi hissettiren ancak siyaseti gizleyen yönleri	Dirençlilik kimin için? Hangi çıkarları koruyor? Eşitsizlikleri görünür kılıyor mu?	Dirençlilik teknikleştirildiğinde, kırılgan gruplara uyum yükü bindiren bir yönetişim aracına dönüşebilir.	(Davoudi,2012) (MacKinnon& Derickson,2013) (Vale,2014)
Mülkiyet rejimi ve neoliberal kentleşme	Rant, parçalı mülkiyet, dönüşüm politikaları üzerinden kırılganlığın yeniden üretimi	Spekülatif değer artışı, parçalı mülkiyetin dönüşümü kilitlemesi, kiracı ve mülksüzlerin dışlanması	Mülkiyet rejimlerinin dönüştürülmesi, teknik çözümlerden bağımsız olarak dirençliliğin toplumsal temelini güçlendirir.	(Sager,2011) (Harvey,2012) (Aslan Okat & Dağdal İnce,2021) (Türkün,2014)

Tablo1'de de özetlendiği üzere ilk olarak kentsel dirençliliğin, yalnızca altyapı güçlendirme, risk azaltma ve erken uyarı sistemleri gibi teknik unsurlarla açıklanamayacak kadar derin bir siyasal ve mekânsal bağlama sahip olduğu söylenebilmektedir. Mülkiyet rejimleri, mekânın nasıl üretildiğini, risklerin nasıl dağıtıldığını ve hangi toplulukların hangi alanlarda yaşamaya uygun görüldüğünü belirleyen temel araçlardan biridir. Dirençlilik söylemi, eleştirel bir süzgeçten geçirilmediğinde, Davoudi'nin (2012) de vurguladığı gibi, köprü kurucu bir kavram olmaktan çıkıp her derde deva bir söylemsel panzehire dönüşebilir. Bu durumda kavram, MacKinnon ve Derickson'un (2013) ortaya koyduğu gibi, yerel topluluklara daha fazla yük bindiren, yapısal eşitsizlikleri sorgulamadan, uyum sağlama kapasitesini kutsayan bir politika aracına dönüşebilmektedir. Dolayısıyla, Lefebvre, Foucault ve Soja'nın kuramsal katkıları birlikte okunduğunda, dirençliliğin yalnızca "ne kadar hızlı toparlanıyoruz?" sorusuna değil, aynı zamanda "nasıl bir mekânsal düzen içinde, kimin yararına toparlanıyoruz?" sorusuna da yanıt vermesi gerektiği açığa çıkmaktadır.

Bu kuramsal çerçevenin, gelecekte yapılacak ampirik çalışmalar için de bir zemin sunacağı düşünülmektedir. Farklı kentlerde mülkiyet rejimleri, risk dağılımı, kentsel dönüşüm politikaları ve topluluk dayanışma ağları arasındaki ilişkilerin sahaya dayalı araştırmalarla sınanması, kentsel dirençliliğin adalet ve iktidar boyutlarını daha görünür kılacaktır. Böylece dirençlilik, yalnızca krizlere dayanma kapasitesi değil, aynı zamanda daha adil, demokratik ve müştereklere dayalı mekânsal düzenlerin inşası için bir imkân olarak yeniden kavramsallaştırılabilir olacaktır.

KAYNAKLAR

Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning, 100*(4), 341–343.

Akbulut Başar, A. (2023). An approach proposal to vulnerability analysis in urban resilience. *International Journal of Geography and Geography Education*(*48*), 145-164. https://doi.org/10.32003/igge.1177863

Akbulut Başar, A., İmren Güzel B. (2024). Deprem Dirençli Kentleri Tasarlamak Mümkün Müdür? Sorumlusu Kimdir?, ASES VIII. International Social Sciences Conference, İzmir, 2024.

Aslan Okat, B., & İnce, C. D. (2021). Kentsel Sürdürülebilirlik ve Dayanıklılık Açısından Kentsel Dönüşüm Uygulamalarında Rant ve Özel Mülkiyete Bir Bakış. İDEALKENT, 12(33), 905-933. https://doi.org/10.31198/idealkent.856027

Davoudi, S. (2012). Resilience: A bridging concept or a dead end? *Planning Theory & Practice, 13*(2), 299–307. https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124

Elden, S. (2004). *Understanding Henri Lefebvre: Theory and the possible*. Continuum.

Foucault, M. (1986). Of other spaces. *Diacritics, 16*(1), 22–27.

Foucault, M. (2007). *Security, territory, population: Lectures at the Collège de France, 1977–78* (G. Burchell, Trans.). Palgrave Macmillan.

Harvey, D. (2012). *Rebel cities: From the right to the city to the urban revolution*. Verso.

Latham, A. (2018). Edward Soja *in Mekan ve Yer Üzerine Büyük Düşünürler Eds: Philip Hubbard & Rob Kitchin, Litera Yayıncılık, 1. Basım, İstanbul.*

Lefebvre, H. (1991). *The production of space* (D. Nicholson-Smith, Trans.). Blackwell.

MacKinnon, D., & Derickson, K. D. (2013). From resilience to resourcefulness: A critique of resilience policy and activism. *Progress in Human Geography, 37*(2), 253–270. https://doi.org/10.1177/0309132512454775

Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning, 147*, 38–49.

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.

Phlis, C. (2018). Michel Foucoult *in Mekan ve Yer Üzerine Büyük Düşünürler Eds: Philip Hubbard & Rob Kitchin, Litera Yayıncılık, 1. Basım, İstanbul.*

Purcell, M. (2002). Excavating Lefebvre: The right to the city and its urban politics of the inhabitant. *GeoJournal, 58*(2–3), 99–108.

Sager, T. (2011). Neo-Liberal Urban Planning Policies: A Literature Survey 1990-2010. Progress in Planning, 76, 147-199. https://doi.org/10.1016/j.progress.2011.09.001

Shields, R. (2018). Michel Foucoult *in Mekan ve Yer Üzerine Büyük Düşünürler Eds: Philip Hubbard & Rob Kitchin, Litera Yayıncılık, 1. Basım, İstanbul.*

Soja, E. W. (1996). *Thirdspace: Journeys to Los Angeles and other real-and-imagined places*. Blackwell.

Türkün, A. (2014). *Mülk Mahal İnsan İstanbul da Kentsel Dönüşüm*, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.

Vale, L. J. (2014). The politics of resilient cities: Whose resilience and whose city? *Building Research & Information, 42*(2), 191–201. https://doi.org/10.1080/09613218.2014.850602

İSTANBUL'DA DOLAYI YERİNDEN EDİLME: RALF BOHNSACK'IN BELGESEL YÖNTEMİ MERCEĞİNDEN GÖRSEL-İŞİTSEL ANALİZ.

Tolga İSLAM
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-2385-7141

İsabela DOS SANTOS SİLVA
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0008-9069-5868

ÖZET
Küresel bir şehir olarak kutlanmasına rağmen, İstanbul pek çok sakinin yerinden edilme, marjinalleşme ve kayıp yaşadığı bir yer olmaya devam etmektedir. Bu çalışma, dünyanın en eski Roman yerleşim yerlerinden biri olan, 2000'li yılların ilk on yılında yıkılıp yerine Osmanlı tarzı mimarinin inşa edildiği Sulukule'deki kentsel dönüşüm süreçlerinin ardındaki sonuçlara odaklanmaktadır. Bu dönüşüm, kentsel soylulaştırma (gentrification) etiketi altında kapsamlı bir şekilde incelenmiş olsa da, zengin bir gelen nüfusun olmaması, son zamanlarda akademisyenlerin bu bağlamda kavramın uygulanabilirliğini sorgulamasına yol açmıştır (Bey ve Güler, 2024). Dolaylı yerinden edilme kavramı, Türkiye'de kentsel analizleri genişletmek amacıyla nispeten yakın zamanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışma, Sulukule'deki kentsel alandaki sosyal dönüşümü incelemek için merkezi bir yöntem olarak görsel medya analizini kullanarak mevcut araştırmalara katkıda bulunmaktadır. Çalışma, eski sakinlerin (n=63) kişisel ve kolektif anılara, görsel temsil biçimlerine, kayıp ve dönüşümün sembolik ifadelerine erişim sağladığı on bir belgesel film setinden yararlanmaktadır. Fenomenolojik bir anlatıya dayanan bu nitel çalışma, Ralf Bohnsack'ın Belgesel Yöntemini görsel-işitsel tanıklıklara uygulayarak kentsel yerinden edilme araştırmalarına yenilikçi bir metodolojik bakış açısı ile katkıda bulunmaktadır. Bu yöntem, yerinden edilenlerin yaşadıkları kentsel dönüşümleri nasıl algıladıklarını keşfetmemizi ve dolaylı yerinden edilmenin şehirlerimizin gelişimine rehberlik eden altta yatan sosyal adaletsizlik yapılarını ne ölçüde ortaya çıkarabileceğini anlamamızı sağlamıştır. Son olarak, bu çalışma, kentsel dönüşümün sosyal adalet, bellek ve onur üzerine kurulması gereken bir süreç olarak yeniden düşünülmesi çağrısıdır. Yerinden edilmenin maddi bir koşul olduğunu teyit etmenin ötesinde, bu çalışma yalnızca sistemik eşitsizliği ve yönetim başarısızlıklarını incelemekle kalmayıp, aynı zamanda kentsel alanda sosyal adaleti ortaya çıkarmak ve ele almak için yeni bir yaklaşım sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: kentsel soylulaştırma, dolaylı yerinden edilme, sembolik yerinden edilme, evsizleşme, sosyal adalet, Sulukule, İstanbul.

INDIRECT DISPLACEMENT IN ISTANBUL: AUDIOVISUAL ANALYSIS THROUGH THE LENS OF RALF BOHNSACK'S DOCUMENTARY METHOD.

ABSTRACT
Despite being celebrated as a global city, Istanbul remains a place where many residents experience displacement, marginalization, and loss. This study focuses on the aftermath of the urban regeneration processes in Sulukule, one of the world's oldest Roma settlements, which was demolished and replaced with Ottoman-style architecture in the first decade of the 2000s. While this transformation was exhaustively studied under the label of gentrification, the absence of an affluent incoming population has recently led scholars to question the applicability of the concept in this context (Bey and Güler, 2024).

The notion of indirect displacement has only recently begun to be used in Turkey to expand on urban analysis. This study builds on existing research by using visual media analysis as the central method for exploring the social transformation of urban space in Sulukule. It draws on a set of eleven documentary films in which former residents (n=63) provide access to personal and collective memories, visual representations, and symbolic articulations of loss and transformation. Grounded in a phenomenological narrative, this qualitative study contibutes with an innovative methodological lens to urban displacement research by applying Ralf Bohnsack's Documentary Method to audiovisual testimonies. This method has enabled us to explore how displacees perceive the urban transformations they have undergone, and understand to what extend indirect displacement is able to reveal the underlying social injustice structures that guide the development of our cities. Lastly, this study is a call for rethinking urban transformation as a process that must be rooted in social justice, memory, and dignity. Beyond affirming displacement as a material condition, this study offers a lens that not only examines systemic inequality and governance failures, but also proposes a new approach for revealing, and addressing, social injustice in the urban realm.
Keywords: gentrification, indirect displacement, symbolic displacement, un-homing, social justice, Sulukule, Istanbul.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAĞLAMINDA ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN İKLİM BÖLGELERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

Tuğba Nur SEZEN TÜRKMEN
Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0000-0002-1245-5577

Prof. Dr. İdil AYÇAM
Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0000-0001-7170-5436

Prof. Dr. Asena SOYLUK
Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 000-0002-6905-4774

ÖZET
Bu çalışma, atıksu arıtma tesislerinin iklim değişikliğine uyum gereksinimini ortaya koymak amacıyla, Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesinde yer alan AAT'leri ile aynı iklim koşullarına sahip uluslararası örnekleri karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Gaziantep-Dubai, Bodrum-Shafdan, Rize-Londra ve Erzurum-Helsinki eşleşmeleri üzerinden yürütülen analizde, temel arıtma prosesinin evrensel olduğu; ancak iklimsel baskılara bağlı olarak işletme stratejileri, kapasite yönetimi, ileri arıtma ihtiyacı ve dayanıklılık önceliklerinin belirgin biçimde farklılaştığı görülmüştür. Bulgular, sıcak–kurak bölgelerde koku/septisite yönetiminin; Akdeniz koşullarında mevsimsel yük değişimlerinin; ılıman-denizel bölgelerde taşkın kontrolünün; soğuk iklimlerde ise düşük sıcaklıkta biyolojik performansın kritik olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, Türkiye'nin çok çeşitli iklim rejimlerini aynı anda deneyimlemesi, AAT'lerin iklim uyumunun ülke ölçeğinde stratejik bir gereklilik olduğunu ortaya koymakta; uluslararası iyi uygulamalar, sürdürülebilir ve iklim dirençli arıtma altyapıları için yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler; Atıksu arıtma tesisi, iklim değişikliği, su yeniden kullanımı, atıksu

COMPARATIVE ANALYSIS OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS ACCORDING TO CLIMATE ZONES IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

ABSTRACT
This study examines the climate-adaptation needs of wastewater treatment plants (WWTPs) by comparatively analyzing facilities located in four different climate regions of Türkiye and international counterparts operating under similar climatic conditions. Through paired evaluations -Gaziantep-Dubai, Bodrum-Shafdan, Rize-London, and Erzurum-Helsinki- the analysis reveals that although the core treatment processes are universal, operational strategies, capacity management, advanced treatment requirements, and resilience priorities differ significantly depending on climatic pressures. Findings indicate that odor/septicity control is critical in hot-arid climates; seasonal load variations are prominent in Mediterranean conditions; flood and hydraulic control are essential in temperate–maritime regions; and maintaining biological performance at low temperatures is a key issue in cold–temperate climates.

Ultimately, Türkiye's simultaneous exposure to diverse climate regimes demonstrates that climate adaptation of WWTPs is a strategic national necessity. International best practices provide a guiding framework for developing sustainable and climate-resilient wastewater treatment infrastructures.
Keywords: Wastewater treatment plant, climate change, water reuse, wastewater.

1. GİRİŞ

21. yüzyılda hızlı nüfus artışının bir sonucu olarak görülen toplumsal ve ekonomik sorunlara iklim değişikliğinin yol açtığı çevresel etkiler de eklendiğinde, su olgusu çok boyutlu bir biçimde ön plana çıkmaktadır. Günümüzde küresel ölçekte su ve suya ilişkin ortaya çıkan problemler, en kritik gündem başlıkları arasında değerlendirilmektedir (Tzanakakis vd., 2020).

Su yaşamın devamlılığını sağlayan bir doğa unsuru olduğu gibi üretim, kentleşme ve göç dinamikleriyle birlikte doğrudan kalkınmanın da belirleyici girdisidir. Artan nüfus ve üretim baskısı suyu hem "güvenlik" hem de "yönetim" perspektiflerinden stratejik bir konu haline getirmekte; suyun temini için harcanan enerji dahi küresel toplam enerji tüketiminin kayda değer bir kısmına (%10) karşılık gelmektedir (Sarış,2021) (Koyuncu, 2016).

Küresel ölçekte suyun fiziksel dağılımı, insan kullanımına uygun suyun sınırlılığını yapısal olarak ortaya koymaktadır: yeryüzü sularının yaklaşık %97,5'i tuzludur; tatlı su oranı %2,5 olup bunun da yaklaşık üçte ikisi buzullarda depolanmıştır. Dünya yüzeyindeki suların yalnızca %0,3'ü içilebilir niteliktedir (TSKB, 2019). Bu veriler, mevcut tatlı su kütlesinin ekosistem devamlılığı açısından kritik olduğu kadar, gelecekteki talep artışları karşısında kırılgan olduğunu da göstermektedir (Koyuncu ve ark.,2023).

Talep tarafında ise görünüm daha da çarpıcıdır. Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) "2050 Çevresel Görünüm" projeksiyonuna göre, 2000–2050 arasında küresel su talebinin %55 artması beklenmektedir. Rapora göre evsel kullanım, imalat ve elektrik üretimi gibi sektörler arası rekabetin gerilimi artıracağı, 2050'ye gelindiğinde küresel nüfusun %40'ından fazlasının şiddetli su stresi altındaki nehir havzalarında yaşayacağı öngörülmektedir. Bu nedenle hem mevcut kaynakların verimli kullanımı hem de atıksuların yeniden kullanımı kritik önemdedir (Koyuncu,2016).

Su kıtlığının nicel tanımlanmasında en yaygın yaklaşımlardan Falkenmark Göstergesi, kişi başına yıllık kullanılabilir su miktarına dayanmaktadır: >1700 m³ "stressiz", 1000–1700 m³ "su stresi", 500–1000 m³ "kıtlık", <500 m³ "kesin kıtlık" olarak sınıflandırılmıştır (Falkenmark vd., 1989). Türkiye'de kullanılabilir yıllık su miktarı kişi başına 2000'de ~1650 m³ iken 2009'da ~1540 m³'e, 2020'de ise ~1350 m³'e gerilemiştir; bu değer Türkiye'yi "su stresi" yaşayan ülkeler sınıfına yerleştirmektedir (DSİ, 2015).

Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla Akdeniz Havzası içinde yer almakta olup, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) değerlendirme raporlarında bu havza iklim değişikliğine karşı en kırılgan bölgelerden biri olarak tanımlanmaktadır. Gözlemsel veriler, küresel ölçekte bir iklim değişiminin yaşandığını; ortalama sıcaklıkların yaklaşık 1 °C yükselmesi, buzulların gerilemesi ve buna bağlı olarak deniz seviyesinde yaklaşık 17 cm'lik artışın gerçekleşmesi gibi göstergelerle ortaya koymaktadır. Türkiye özelinde, 21. yüzyılın sonuna yönelik iklim senaryoları; sıcak hava dalgalarının ve şiddetli yağışların daha sık görüleceğini, kuraklık riskinin artacağını, yağışların Akdeniz havzasında azalırken Karadeniz Bölgesi'nde artış eğilimi göstereceğini ortaya koymaktadır (Usta, 2016).

Bu genel kıtlık ve stres tablosu, atıksu arıtımını iki yönlü olarak gündemin merkezine taşımaktadır. Bir yandan iklim değişikliği, yağış rejimlerinin bozulması, sıcaklık artışları ve taşkın gibi etkilerle atıksu altyapı ve proseslerini zorlamakta; diğer yandan arıtma tesisleri süreç, enerji, kimyasal kullanımı ve çamur yönetimi nedeniyle suyun geri kazanımıyla ilgili daha sürdürülebilir çözümler aranmaktadır. Bu noktada atıksu önemli bir su kaynağı haline gelmiştir (Köseoğlu-İmer vd., 2018) (Gupta ve Ali, 2013).
Sonuç olarak, küresel su kıtlığı ve Türkiye'nin artan su stresi bağlamında, atıksu arıtma tesislerinin iklimsel etkiler altında kırılganlaşması, döngüsel yönetiminde arıtma–yeniden kullanım eksenini stratejik bir çözüm hattı haline getirmektedir. Bu bildiri, Türkiye'deki standart atıksu arıtma tesisleri ile farklı iklim bölgelerindeki uluslararası örnekleri karşılaştırarak; iklim ve su stresi perspektifinde eksikler, iyileştirme alanları ve uygulanabilir teknoloji/işletme önerilerini tartışmayı amaçlamaktadır.

2. ATIKSU ARITMA TESİSİNİN (AAT) GENEL PROSESİ

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün yayınladığı Atıksu Arıtma Sistemleri Proje Tasarım ve Uygulama Rehberindeki anlatımına göre atıksu arıtma tesisleri; yerleşim ve/veya endüstrilerden kaynaklanan atıksuların, alıcı ortama deşarj veya yeniden kullanım öncesinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticilerden arındırılmasını amaçlayan bütünleşik mühendislik sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Tipik bir tesis, organik madde (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı-BOİ/Kimyasal Oksijen İhtiyacı-KOİ) ile azot ve fosforun giderimini sağlayacak ünitelerin ardışık biçimde kurgulandığı bir süreç omurgasına dayanmaktadır. Bu omurga; ön arıtma, birincil arıtma, ikincil (biyolojik) arıtma, ileri arıtma/dezenfeksiyon ve çamur hattı adımlarından oluşmaktadır (Şekil 1). Türkiye'de ve dünyada yaygın uygulamalar bu iskeleti doğrulamaktadır (DSİ,2021) (ÇŞB,2010).

2.1. Ön Arıtma

Ön arıtma; kaba ızgaralar ve kum tutucular aracılığıyla büyük katıların ve aşındırıcı inorganiklerin uzaklaştırılmasını, böylece aşağı akım ünitelerin hidromekanik güvenliğinin sağlanmasını hedeflemektedir. Izgaralarda yaprak, saç, kâğıt gibi malzemeler tutulmakta; kum tutucularda ise pompa ve boru hatlarına zarar verebilecek inorganikler ayrılmaktadır. Bu basamak, sonraki süreçlerin verimini ve işletme sürekliliğini desteklemektedir.

2.2. Birincil Arıtma (ön çöktürme)

Birincil çöktürme havuzlarında askıda katıların yaklaşık %50'si, BOİ/KOİ'nin ise yaklaşık %30'u çökeltilerek birincil çamur elde edilmektedir. Ön çöktürme uygulandığında havalandırma tankı hacmi azalabilmekte ve çürütme safhasında yüksek oranlı gaz oluşumuna neden olan birincil çamur sağlanabilmektedir; öte yandan denitrifikasyon için gereken BOİ'nin azalması nedeniyle azot giderimi zorlaşabilmektedir. Bu nedenle ön çöktürmenin tesise uygunluğu yerel koşullara göre değerlendirilmelidir.

2.3. İkincil (Biyolojik) Arıtma ve Besin Maddesi Giderimi

İkincil arıtma; organik maddenin mikrobiyal oksidasyonu ile azot ve fosfor gideriminin sağlandığı çekirdek aşamayı oluşturmaktadır. Tipik bir hatta anaerobik, selektör, anoksik ve aerobik havuzlar ardışık olarak yer almakta; böylece biyolojik fosfor gideren bakterilerin çevrimsel koşullarda gelişimi ve nitrifikasyon–denitrifikasyon dizileri mümkün kılınmaktadır. Anaerobik/selektör/anoksik havuzların işlevleri ve geri devir akımları bu amaçla kurgulanmaktadır.

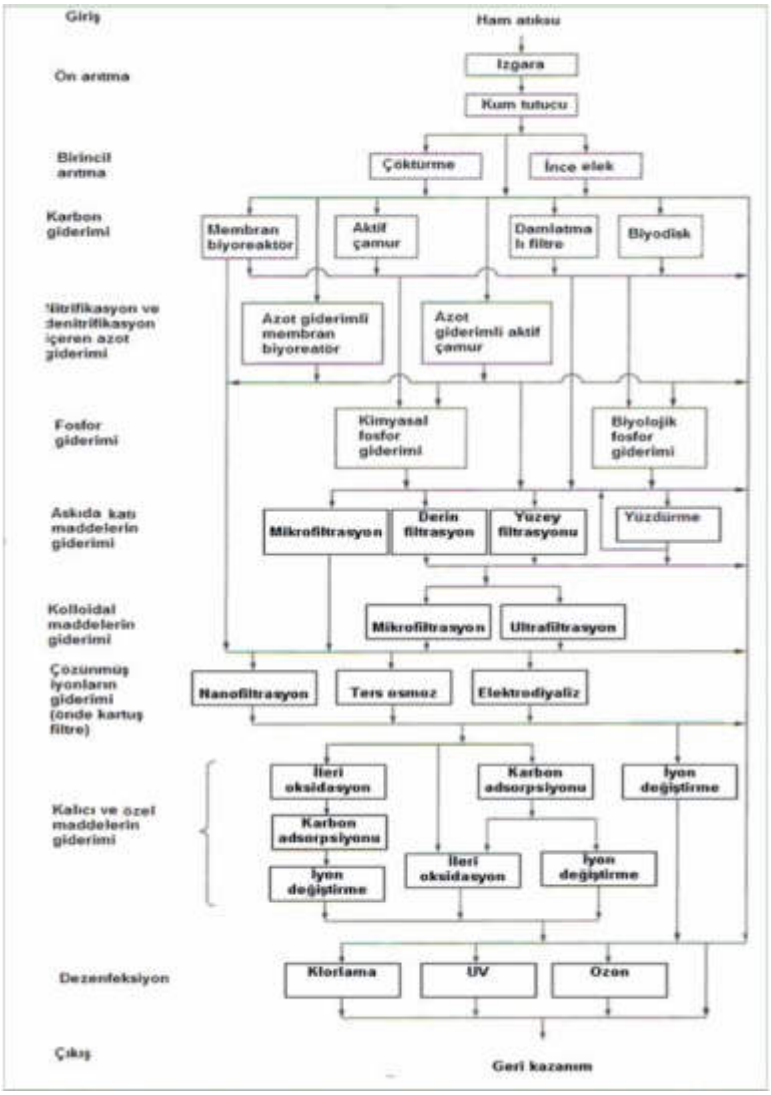
Biyolojik arıtımın gerçekleştirildiği reaktör tipleri arasında aktif çamur sistemleri, biyofilm temelli prosesler (damlatmalı filtre, biyodisk) ve membran biyoreaktör (MBR) yer almaktadır. Literatürde 1990'larda konvansiyonel aktif çamur proseslerinin yaygın olduğu, 2000'lerden itibaren ise nütrient giderimli ileri biyolojik sistemlerin ve seçili durumlarda membran proseslerinin (MBR) tercih edilmeye başlandığı bildirilmektedir (Gupta ve Ali, 2013).
Biyolojik reaksiyon hızlarının sıcaklığa duyarlı olduğu; düşük sıcaklık ve hidrolik dalgalanmaların özellikle azot giderimi performansını etkileyebildiği de gösterilmiştir. Bu nedenle proses ve işletme koşulları, tesisin içinde bulunduğu iklim kuşağına göre belirlenmektedir (Zouboulis ve Tolkou,2014).

2.4. İleri Arıtma ve Dezenfeksiyon

Deşarj standardı ve/veya yeniden kullanım hedefleri söz konusu olduğunda, filtrasyon (mikro/ultra/nanofiltrasyon), ters ozmoz, adsorpsiyon (aktif karbon), iyon değişimi ve ileri oksidasyon prosesleri devreye girebilmektedir. MBR gibi bütünleşik konfigurasyonlar, yüksek çıkış suyu kalitesi ve kompakt yerleşim avantajları nedeniyle giderek daha fazla değerlendirilmektedir. Bu bağlam, yeniden kullanım projelerinde membran teknolojilerinin öneminin arttığını göstermektedir (Maryam ve Büyükgüngör, 2019).
Dezenfeksiyonda klorlama, UV ve ozon gibi seçenekler uygulanmaktadır. Dezenfeksiyon veriminin, kullanılan yönteme bağlı olarak sıcaklık aralığı ve bekleme süresi gibi parametrelerden etkilendiği; ani sıcaklık değişimlerinin verimi olumsuz yönde etkileyebildiği rapor edilmiştir (Cromwell ve diğ., 2007).

2.5. Çamur Hattı: Kalınlaştırma/Stabilizasyon/Susuzlaştırma/Bertaraf

Birincil ve ikincil çamurlar, kalınlaştırma sonrasında aerobik/anaerobik stabilizasyona tabi tutulmakta; bu aşamada anaerobik çürütme ile biyogaz üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Devamında susuzlaştırma yapılarak hacim azaltılmakta, uygun durumlarda enerji geri kazanımı (ör. kojenerasyon) ve/veya alternatif yararlanım seçenekleri değerlendirilmektedir. Çamur hattı, enerji verimliliği ve sera gazı etkileri açısından stratejik bir bileşen olarak ele alınmaktadır (ÇŞB,2010).



Şekil 1: Atıksu geri kazanımında kullanılan proses akım şemaları (Metcalf ve Eddy, 2006)

3. Farklı İklim Bölgelerindeki Atıksu Arıtma Tesislerinin İncelenmesi

İklim, atıksu arıtma tesislerinin (AAT) hidrolik yükleri, sıcaklık-bağımlı biyokimyasal hızları ve dezenfeksiyon/ileri arıtma performansını doğrudan etkileyen temel bir çevresel belirleyici olarak kabul edilmektedir. Literatürde dünyada en yaygın kullanılan iklim sınıflandırma çerçevesi Köppen–Geiger olup, sıcaklık ve yağış rejimine göre beş ana grup (A: Tropikal, B: Kurak, C: Sıcak ılıman, D: Soğuk kar, E: Polar) ve alt tipler (ör. Csa, Cfb, BSk vb.) tanımlanmaktadır (Kottek vd., 2006; Peel, Finlayson ve McMahon, 2007). Sonraki yüksek çözünürlüklü güncellemeler, mevcut (1980–2016) ve öngörülen koşullar (2071–2100) için 1-km ızgarada küresel haritalar üretmiş; bölgesel mühendislik tasarımlarında iklim bilgisinin rolünü daha da artırmıştır (Beck vd., 2018).

Türkiye özelinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), ülkeyi Karasal, Akdeniz, Marmara (geçiş) ve Karadeniz olmak üzere dört ana iklim tipinde özetlemekte; ayrıca resmî çalışmalar farklı iklim sınıflandırmalarını (Köppen, Thornthwaite vb.) 1991–2020 periyodu verileriyle sunmaktadır (MGM, t.y.). MGM'nin Köppen temelli teknik notlarında da Türkiye'de kurak (B), sıcak ılıman (C) ve soğuk kar (D) alt tiplerinin birlikte görüldüğü; alt tiplerin (Csa/Csb, Cfa/Cfb, BSk, Dsa/Dsb) bölgesel dağılımının mühendislik uygulamaları açısından önem taşıdığı belirtilmektedir (MGM, 2023).

Bununla birlikte, bina ve altyapı enerji tasarımı odaklı TS 825 derece-gün bölgeleri sınıflaması, klimatolojik tip sayısı olmaktan ziyade tasarıma yardımcı bir bölgeleme olup, AAT'ler için iklim sınıflandırmasını tamamlayıcı mahiyettedir (TS 825,2024). Dolayısıyla bildiride, Türkiye ve dünyadaki temsilî AAT vakaları, Köppen–Geiger alt tiplerine göre eşleştirilerek, proses-işletme gereklilikleri iklim bağlamında karşılaştırılacaktır.
İklim değişikliği bağlamında, aşırı yağışlar ve kuraklık gibi uç olayların birçok bölgede artmakta olduğuna dair yüksek güven düzeyi raporlanmış; bu durum kentsel su altyapıları ve AAT'ler için hidrolik dayanıklılık, enerji verimliliği ve yeniden kullanım entegrasyonunun önemini pekiştirmiştir (IPCC, 2021; 2021/AR6-WG1, Bölüm 11–12). Avrupa Birliği'nin 2024 tarihli Yeniden Düzenlenmiş Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi de (2024/3019), mikro kirleticilerin giderimi (dördüncül arıtım), dayanıklılık ve enerji nötrlüğü hedefleriyle iklim-duyarlı bir düzenleyici çerçeve sunmaktadır. Bu bağlam, bildirideki iklim-temelli karşılaştırmaların, yalnızca proses seçimi değil, aynı zamanda politika ve performans hedefleri ile de uyumlu ele alınmasını gerektirmektedir (Council of the EU,2024).

3.1. Sıcak-Kurak İklim Bölgesinde Arıtma Tesisi

Sıcak–kurak iklimler, yıllık potansiyel buharlaşmanın yağışı belirgin biçimde aştığı, düşük nispi nem, seyrek ve düzensiz yağış, yüksek günlük-saatlik sıcaklık genliği ve kuvvetli buharlaşma ile karakterize edilmektedir. Bu koşullar hidrolik süreksizlik, septisite ve yüksek çözünmüş katı madde (TDS) birikimi gibi kentsel su altyapısı etkilerini güçlendirmektedir. Köppen–Geiger çerçevesinde "B" sınıfı, yağış-yetersizliği eşiği ve termal alt ayrımlar (BWh—sıcak çöl; BSk-soğuk step) ile tanımlanmaktadır (IPCC,2021).

Tablo 1: Dubai Jebel Ali STP ve Gaziantep İleri Biyolojik AAT'nin Tasarım Bilgileri

İçerik	Dubai Jebel Ali STP-2015	Gaziantep İleri Biyolojik AAT-2017
Görsel		
Kapasite	300.000 m^3/gün'den 675.000 m^3/gün'e fazlı büyüme planı	200.000 m^3/gün'den 400.000 m^3/gün'e fazlı büyüme planı
Proses Akışı	Ön arıtma (kapalı) → BNR/ikincil → ileri arıtma (filtrasyon/dezenf.) → çamur hattı (AD/CHP)	Ön arıtma → ileri biyolojik (BNR) → (gerektiğinde dezenf.) → çamur hattı (AD/CHP potansiyeli)
Su Yönetimi/ Kullanım Amacı	Yeniden kullanım: yeşil alan sulaması, yeraltı beslemesi (desal yükünü azaltma)	Bölgesel su kalitesi odaklı; yeşil alan sulaması
Tasarım Önceliği	Reuse kalitesi, koku-korozyon, enerji geri kazanımı, dayanıklılık	Koku-korozyon, sıcaklıkta proses kararlılığı, genişleme ve enerji verimliliği
İklim Bazlı Önlemler	Kapalı başlıklar, koku–H_2S kontrolü, korozyon dayanımı, DO/SRT yönetimi, ileri arıtım ve reuse entegrasyonu, çamur hattı biyogaz tedbiri	Kapalı ön arıtma ve koku kontrolü; yüksek sıcaklıkta DO/SRT yönetimi; korozyon tedbirleri, çamur hattı biyogaz tedbiri

(AECOM, 2019; Dawoud,2023) (GASKİ,2024).

Tablo 1'de görüldüğü gibi her iki tesis de sıcak–kurak iklim baskısı altında ileri biyolojik arıtma (BNR) çekirdeğine dayanmaktadır. Tesislerin tasarımında koku–korozyon yönetimini kritik bir işletme şartı olarak ele almaktadır. Kapalı ön arıtma, havalandırmada DO/SRT optimizasyonu ve çamur hattında biyogaz/CHP olanakları her iki tarafta da iklim-uyumun ana bileşenleridir. Jebel Ali'de yeniden kullanım (reuse) kurumsal olarak ana hedef olduğu için ileri arıtma ve kalite güvencesi zinciri daha derin ve büyükşebeke-ölçeğinde tasarlanmıştır. Bu sayede desal talebi kısmen dengelenebilmektedir. Gaziantep'te ise öncelik, kapasite artırımı ve işletme kararlılığıdır. Reuse entegrasyonu için (politika, altyapı, kalite izleme) kademeli bir yol haritası gereklidir. Gaziantep'in genişleme sürecinde Jebel Ali'den transfer edilebilecek içerikler; kapalı/negatif basınçlı koku yönetimi mimarisi, yeniden kullanımı mümkün kılacak ileri arıtma ve çevrimiçi kalite izleme kombinasyonları, çamur-enerji tarafında net-enerji denge hedefleri şeklinde sıralanabilir (AD/CHP ve ısı geri kazanımı).

3.2. Akdeniz İklim Bölgesinde Arıtma Tesisi

Akdeniz iklimi yazın sıcak-kurak, kışın ılıman-yağışlı koşulları ve belirgin mevsimselliği ile öne çıkmakta; yıllık yağışın büyük bölümü sonbahar-kış fırtına şeklindeyken yazın buharlaşma/terleme yüksektir. Bu yapısal mevsimsellik, kentsel su döngüsünde yaz turizmi baskısı ve düşük seyrelme koşulları ile birleştiğinde arıtma kalitesi ve dezenfeksiyon güvenliği açısından kritik bir önem taşımaktadır. Köppen–Geiger haritaları Csa (sıcak yaz Akdeniz) ve Csb (serin yaz Akdeniz) alt tiplerini ayırt ederken; IPCC AR6, Akdeniz havzasında uzun süreli kuraklaşma eğilimi ve kurak-ıslak dönemler arası salınımların artışına ilişkin güçlü kanıtlar sunmaktadır (IPCC,2021) (ÇŞİDB,2023).

Tablo 2: Shafdan (Dan Region WWTP, İsrail) ve Bodrum Turgutreis İleri Biyolojik AAT Tasarım Bilgileri

İçerik	**Shafdan (Dan Region WWTP, İsrail)**	**Bodrum Turgutreis İleri Biyolojik AAT-2024**
Görsel		
Kapasite	303.000 m^3/gün; kentsel ölçekli şebeke	37.000 m^3/gün kapasiteli ileri biyolojik arıtma tesisi ve derin deniz deşarj hattı
Proses Akışı	Aktif çamur (BNR) → SAT (toprak-akifer arıtımı) → tarımsal reuse	İleri biyolojik (BNR) → UV dezenfeksiyon → deniz deşarj / reuse potansiyeli
Su Yönetimi/ Kullanım Amacı	Tarımsal sulamada yaygın yeniden kullanım	Kıyısal alıcı ortamı korumak için UV ve deşarj
Tasarım Önceliği	Su güvenliği: kentsel atıksudan tarıma kesintisiz akış	Turizm-çevre kalitesi: banyo suları standartlarının sürekliliği
İklim Bazlı Önlemler	Çok katmanlı kalite güvencesi (online izleme + SAT bariyeri), yaz kuraklığında güvenilir yeniden kullanım	Yaz pikinde UV temas süresi ve havalandırma/DO kontrolü; kış yağışlarında hidrolik yönetim

(Icekson-Tal ve ark.,2003., MEKOROT,2020). (MBB,2024., MUSKİ,2024)

Tablo 2'ye göre her iki tesis de Akdeniz ikliminin yaz kuraklığı ve mevsimsel yük dalgalanmaları altında BNR çekirdeği ile çalışmaktadır. Çıkış kalitesini garanti etmek için ileri bariyerler (Shafdan'da SAT, Bodrum'da UV) uygulamaktadır. Bu, iklim kaynaklı dalgalanmalar karşısında süreklilik ve halk sağlığı odağını güçlendirmiştir. Ayrıca Shafdan'da yeniden kullanım (reuse) sistemin ana hedefi olduğu için SAT ve çok katmanlı izleme ile tarımsal sulama güvencesi sağlanmaktadır. Bodrum'da ise iklim/ turizm baskısı nedeniyle UV ve deniz alıcı ortam koruması önceliklidir. Bodrum'un orta-vadede reuse'e evrilmesi için; ileri arıtma sonrası kalite izleme zincirinin derinleştirilmesi, mevsimsel depolama/dengelemenin yapılması ve yeniden kullanım şebekesinin aşamalı kurulumu önerilebilmektedir.

3.3. Ilıman-Denizel İklim Bölgesinde Arıtma Tesisi

Ilıman-denizel kuşak, yıllık sıcaklık genliğinin görece düşük, yağışın yıl boyunca daha eşit dağıldığı ve cephe sistemlerinin sık geçtiği koşullarla tanımlanmaktadır; yağış olaylarının sıklığı ve çok saatlik "fırtına yağışı" karakteri, birleşik kanalizasyon taşkınları (CSO) ve hidrolik pikler açısından tasarım/işletme gereksinimlerini artırmaktadır. Köppen–Geiger sınıflamasında Cfb (ılıman, tam-yıl yağışlı, ılık yaz) ve Cfa (ılıman, tam-yıl yağışlı, sıcak yaz) ayrımı yapılmaktadır. Köppen iklim sınıflandırmasındaki yüksek çözünürlüklü haritalamalar bölgesel dağılımın ayrıntılarını ortaya koymaktadır. Orta enlemlerde şiddetli yağışların yoğunluğu/sıklığına ilişkin artış projeksiyonları, bu kuşakta depolama, eşitleme ve gerçek-zamanlı kontrol (RTC) uygulamalarının önemini güçlendirmektedir (ÇŞİDB,2023).

Tablo 3: Beckton STW (Londra, UK) ve Rize Atıksu Arıtma Tesisi (IPA, TR) Tasarım Bilgileri

İçerik	Beckton STW (Londra, UK)-2023	Rize Atıksu Arıtma Tesisi (IPA, TR)-2023
Görsel		
Kapasite	Giriş akışı açısından "flow to full treatment" 27 m^3/s; yağış altında pik akış 32 m^3/s olarak belirtilmiştir.	2047 hedef yılına göre 30.403 m^3/gün kapasitesi
Proses Akışı	Ön arıtma (mevcut + yeni inlet) → ASP/BNR → ikincil çöktürme; çamur hattı kapasite artışı, AD/enerji	Ön arıtma → ileri biyolojik (BNR) → koku giderimi → derin deniz deşarjı; çamur kurutma
Su Yönetimi/ Kullanım Amacı	Hedef alıcı için su kalitesi sağlamak, Su kapasitesini genişletmek için iyileştirmeler yapılmıştır.	Hedef alıcı için su kalitesi sağlamak
Tasarım Önceliği	Su güvenliği: Thames Nehri'nde hidrolik dayanımı korumak, ileri arıtma önlemleri	Fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma
İklim Bazlı Önlemler	CSO kontrolü için Tideway ile bütünleşik giriş üniteleri kapasite artırılmış, fırtına debileri için ünite genişletmeleri, havalandırma ve çöktürme tankları genişletilmiştir	Ani yağışlara karşı hidrolik dayanıklılık; kıyısal alıcıyı korumak üzere deşarj difüzörü ve işletme dengelemesi planlanmaktadır.

(Thames Water, 2021), (URL 1)(IPA,2014),(URL 2).

Tablo 3'te görüldüğü gibi her iki tesis de ılıman-denizel yağış rejiminin oluşturduğu hidrolik dalgalanmaları yönetmeye odaklanmaktadır. BNR çekirdeği üzerine inlet/ikincil arıtma ve çamur hattı yatırımlarını kademeli büyütme stratejisiyle ele almaktadır. Beckton'da Tideway entegrasyonu, Rize'de ise kolektör-terfi-deşarj bileşenlerinin birlikte tasarlanması hidrolik dayanıklılığı artırmayı amaçlamaktadır. Beckton, CSO kontrolüne dönük büyük-ölçekli enterkonnekte altyapı (Tideway) ve ünite genişletmeleri ile yağış patikalarına uyumlanırken; Rize, kıyısal alıcı ve taşkın odaklı bir entegrasyon (kolektör-terfi-AAT-derin deniz deşarjı) kurgulamaktadır. Rize'nin orta vadede dayanıklılığını artırması için eşitleme/RTC-tabanlı debi yönetimi, çevrimiçi kalite-hidrolik izleme derinleştirmesi ve çamur-enerji tarafında AD/CHP seçeneklerinin fizibilitesi önerilir. Beckton tarafında ise planlanan ileri arıtım ve reuse tesislerinin (RO + AOP) işletmeye geçmesi, kurak dönemlerde bölgesel su güvenliğine katkı sağlayabilir.

3.4. Soğuk İklim Bölgesinde Arıtma Tesisi

Soğuk iklimlerde uzun ve soğuk kışlar, düşük atıksu sıcaklıkları ve kışın kar/sulu kar süreçleri belirgindir; yazlar görece serin-ılıman olup yıllık sıcaklık genliği yüksektir. Köppen–Geiger'in "D" sınıfı (karasal/soğuk) alt tipleri-örneğin yazı kuru Dsa/Dsb veya tam-yıl yağışlı Dfb-mevsimsel termal rejime ve yağış paternlerine göre ayrışmaktadır. Düşük su sıcaklıkları biyolojik kinetiği yavaşlatmakta; bu durum özellikle nitrifikasyon için uzun SRT, hassas havalandırma kontrolü ve enerji-ısı entegrasyonunu öne çıkarmaktadır. AR6, yüksek enlemler ve iç-kara bölgelerinde kış yağışlarında artış ve kar-yağmur geçişlerinde değişim projeksiyonları ile altyapı dayanıklılığı gündemini güçlendirmektedir (IPCC,2021).

Tablo 4: Viikinmäki WWTP (Helsinki, FI) ve Erzurum Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Tasarım Bilgileri

İçerik	**Viikinmäki WWTP (Helsinki, FI)-2011**	**Erzurum Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi-2015**
Görsel		
Kapasite	280.000 m^3/gün kapasite ile 800.000 nüfusa hizmet vermektedir	Max. 130.000 m^3/gün tasarım
Proses Akışı	Ön arıtma → BNR (uzun SRT) → ikincil → (gerektiğinde) filtrasyon	Ön arıtma → ileri biyolojik/BNR → ikincil; koku giderimi
Su Yönetimi/ Kullanım Amacı	Hedef alıcı için su kalitesi sağlamak	Pülür çayı ve karasu nehrine kaliteli su sağlamak
Tasarım Önceliği	Soğuk koşullarda mikrobiyal kinetiğin yavaşlamasına karşın, sistem kararlı çıkış kalitesi sağlamaktadır	Yoğun yağışa karşı taşkın önleme için kontrollü ve geniş entegre sistem
İklim Bazlı Önlemler	Uzun SRT, hassas havalandırma (düşük T'de nitrifikasyon), ısı/enerji entegrasyonu	Uzun SRT gereksinimi; düşük T'de nitrifikasyonun sürekliliği için DO/SRT kontrolü, koku-korozyon yönetimi

(HSY, 2023., Global Methane Initiative, 2013). (URL 3) (ESKİ,2021).

Tablo 4'te görüldüğü gibi her iki tesis de soğuk su sıcaklıklarında nitrifikasyon-denitrifikasyon kararlılığı için uzun SRT ve hassas havalandırma kontrolüne dayanmaktadır. Kış koşullarına karşı proses güvenliğini otomasyon ve çamur-enerji entegrasyonuyla desteklemektedir. Viikinmäki, ölçek ve enerji-öz yeterlilik hedefleri sayesinde biyogaz/CHP ile güçlü bir iklim-uyumlu işletme çerçevesi sergilemektedir. Bu da yüksek P ve N giderim verimleri düşük sıcaklıkta proses optimizasyonunun kanıtıdır. Erzurum'da orta vadede AD/CHP yatırımlarının fizibilitesi, çevrimiçi azot/oksijen kontrolünün yaygınlaştırılması ve koku-korozyon için kapalı ön arıtma/negatif basınçlı çözümler, soğuk koşullarda işletme dayanıklılığını belirgin biçimde artıracaktır.

Tablo 1: Farklı İklim Bölgelerinde Yer Alan Atıksu Arıtma Tesislerinin Tasarım Öncelikleri Çıkarım Tablosu

İklim Bölgesi	Tesis	Tasarım /İşletme Önceliği	İklime Bağlı Kritik Risk	İklim Etkisindeki Tasarım Öncelikleri/Çıkarımlar
Sıcak–kurak	Dubai Jebel Ali STP	• Kapalı ön arıtma • Koku/H₂S kontrolü • DO/SRT optimizasyonu • Isı arıtma	• Yüksek sıcaklık • Septisite • Yüksek sıcaklıkta proses kararlılığı • Koku-korozyon	Yüksek sıcaklık ve su kıtlığına karşı kapalı ön arıtma ve koku/H₂S kontrolü sağlamak. Prosesin DO/SRT optimizasyonunu sağlamak. Tarımsal/peyzaj sulamasına yönelik reuse senaryoları ve çamur hattında AD + CHP entegrasyonu ile enerji geri kazanımını güçlendirmek.
	Gaziantep İleri Biyolojik AAT	• Kapalı ön arıtma • DO/SRT yönetimi • Kapasite artışı • Enerji verimliliği		
Akdeniz	Shafdan (Dan Region WWTP, İsrail)	• SAT'de çok katmanlı kalite güvencesi • Sürekli tarımsal sulama için güvenilir çıkış	• Yaz kuraklığına rağmen tarımsa sürekli su sağlama gerekzorunu • Mevsimsel nüfus artışı • Yaz sıcaklığı pik yükleri • Kıyısal su kalitesinin korunması	Yaz kuraklığı ve mevsimsel nüfus/turizm baskısına karşı, arıtma çıkışını tarımsal veya peyzaj amaçlı reuse'e uygun kalitede tutan ileri arıtma ve dezenfeksiyon basamaklarını güçlendirmek. Pik debileri yönetebilen modüler kapasite artışı ve gerekirse yeraltı suyu beslenmesini içeren uzun vadeli su güvenliği senaryoları geliştirmek.
	Bodrum Turgutreis İleri Biyolojik AAT	• UV dezenfeksiyon • Havalandırma DO kontrolü • Deniz deşarjının güvenli işletilmesi		
Ilıman–denizel	Beckton STW (Londra)	• Tıkanıklık ile entegre inlet ve ünite kapasite artışı • Hidrolik dayanıklılık	• Fırtına yağışları • CSO ve su bütünsünde pik debiler • Ani yağışlar • Taşkın riski • Kıyısal alıcı ürünlerin korunması	Kısa süreli aşırı şiddetli yağışlara ve taşkın riskine karşı, eşitleme havuzları ve pik debi yönetimi ile hidrolik dayanıklılığı artırmak. Nehir ve kıyısal su kalitesini koruyacak deşarj senaryolarını ve orta–uzun vadede sınırlı reuse ile enerji verimliliğini birlikte ele alan bütünleşik bir işletme modeli kurgulamak.
	Rize AAT (IPA, TR)	• Kolektör–tesfi–AAT–deniz deşarjı entegrasyonu • Hidrolik dengeleme		
Soğuk	Viikinmäki WWTP (Helsinki)	• Uzun SRT • Hassas havalandırma • Isı–enerji entegrasyonu • Kararlı çıkış kalitesi	• Düşük sıcaklıkta biyolojik reaksiyonların yavaşlaması (özellikle nitrifikasyon) • Düşük atıksu sıcaklığı ve don • Kış yağışları ve taşkın riski	Düşük atıksu sıcaklıklarının biyolojik arıtma performansını sınırlamasına karşı uzun SRT ve hassas havalandırma stratejileriyle proses sürekliliğini güvence altına almak. Ünite kaplamaları ve ısı geri kazanımı/enerji entegrasyonu ile ısı kayıplarını azaltmak. Taşkın/kar erimesi kaynaklı debi dalgalanmalarını hidrolik dengeleme ile yönetmek.
	Erzurum Biyolojik AAT	• Uzun SRT • DO/SRT kontrolü • Koku-korozyon yönetimi		

Yukarıdaki tabloda, farklı iklim bölgelerinde konumlanan temsilî atıksu arıtma tesisleri iklimle ilişkili tasarım ve işletme öncelikleri açısından karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur. Her bir iklim bölgesi için seçilen iki tesis üzerinden öncelikle tesislerin genel tasarım/işletme yaklaşımları özetlenmiş, ardından bu yaklaşımları belirleyen iklime bağlı kritik riskler tanımlanmıştır. Böylece sıcak–kurak, Akdeniz, ılıman–denizel ve soğuk iklimlerde öne çıkan başlıca baskı unsurlarının (su kıtlığı, yaz kuraklığı ve turizm baskısı, ani ve şiddetli yağışlar, düşük atıksu sıcaklıkları vb.) arıtma süreçlerini nasıl etkilediği sistematik biçimde görünür kılınmıştır. Tablonun son sütununda ise, tanımlanan bu risklere karşı iklime uyumlu gelişim alanları ve kritik önlemler ortak başlıklar hâlinde derlenmiştir. Bu çerçevede;

- **Sıcak–kurak** iklimlerde kapalı ön arıtma ve koku/H_2S kontrolü ile birlikte reuse odaklı işletme ve çamur hattında enerji geri kazanımının güçlendirilmesi gerektiği,
- **Akdeniz** ikliminde turizm ve yaz kuraklığına yanıt verebilen, ileri arıtım ve dezenfeksiyon basamaklarıyla reuse'e elverişli çıkış suyu kalitesinin önceliklendiği,
- **Ilıman–denizel** iklimlerde hidrolik dayanıklılık, eşitleme ve taşkın yönetimi stratejilerinin öne çıktığı,
- **Soğuk** iklimlerde ise uzun çamur yaşı, hassas havalandırma ve ısı–enerji entegrasyonuna dayalı proses sürekliliğinin kritik hâle geldiği gösterilmiştir.

4. BULGULAR VE SONUÇ

Bu çalışma, atıksu arıtma tesislerinin iklim değişikliğine uyum kapasitesini tartışmak üzere, Türkiye'de farklı iklim kuşaklarında yer alan belediye AAT'lerini, aynı veya benzer iklimsel baskıları yaşayan uluslararası örneklerle karşılaştırmalı olarak ele almıştır. Sıcak-kurak, Akdeniz, ılıman-denizel ve soğuk iklim bölgeleri için seçilen temsilî tesisler üzerinden yürütülen analiz, arıtma proses omurgasının temel olarak benzer kalmasına karşın, iklim koşullarına bağlı işletme stratejileri, ileri arıtma gereksinimleri ve altyapı önceliklerinin belirgin biçimde farklılaştığını göstermektedir. Böylece, Türkiye'de iklim değişikliğinin giderek artan etkileri karşısında, AAT'lerin yalnızca kapasite ve mevzuat uyumu düzeyinde değil, aynı zamanda iklim uyumlu tasarım ve işletme mantığı çerçevesinde yeniden ele alınması gerektiği ortaya konmuştur.

Sıcak–kurak iklim kuşağında yer alan Dubai Jebel Ali ile Gaziantep İleri Biyolojik AAT karşılaştırması, yüksek sıcaklık ve kuraklık koşullarında septisite, koku ve korozyon yönetiminin süreç tasarımının merkezine yerleştiğini; kapalı ön arıtma, koku arıtım üniteleri ve gelişmiş havalandırma kontrolünün kritik bileşenler olduğunu ortaya koymaktadır. Akdeniz ikliminde Shafdan ve Bodrum Turgutreis örnekleri, yaz dönemi turizm baskısı ve mevsimsel kuraklık altında banyo suları standardı ve yeniden kullanım konularının öne çıktığını, çok bariyerli kalite güvence zincirleri ve UV/SAT gibi teknolojilerin su güvenliği perspektifiyle kurgulandığını göstermektedir. Ilıman–denizel koşullarda Londra Beckton ile Rize AAT'nin karşılaştırılması, şiddetli yağışlar ve birleşik kanalizasyon taşkınları altında hidrolik dayanıklılık, eşitleme ve gerçek-zamanlı kontrol uygulamalarının önemini vurgularken; soğuk iklimde Viikinmäki ve Erzurum AAT örnekleri, düşük su sıcaklıklarında uzun çamur yaşı, hassas havalandırma kontrolü ve çamur–enerji entegrasyonunun nitrifikasyon kararlılığı ve enerji öz-yeterliliği açısından belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, Türkiye'nin coğrafi konumu itibarıyla birden fazla iklim rejimini aynı ülke sınırları içinde deneyimlemesinin**,** atıksu arıtma altyapısını iklim değişikliğine karşı daha kırılgan hale getirdiğini göstermektedir. Bir yandan sıcak–kurak bölgelerde su kıtlığı ve kuraklık senaryoları, diğer yandan ılıman–denizel ve Karadeniz kuşağında taşkın ve şiddetli yağış riskleri, AAT'lerin tasarımında su yeniden kullanımı, depolama/dengeleme, taşkın yönetimi ve enerji verimliliği gibi başlıkların birlikte ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede, uluslararası iyi uygulama örneklerinden feyz alarak, Türkiye'de iklim kuşaklarına göre farklılaşan proses, izleme ve dayanıklılık kontrol listelerinin geliştirilmesi, ulusal stratejilerin ve teknik rehberlerin güçlendirilmesi açısından kritik bir adım olarak değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, atıksu arıtma tesislerinin iklim değişikliğine uyumu, yalnızca mühendislik çözümü olarak değil, sürdürülebilir yaşam, kentsel planlama ve mimarlık ile yakından ilişkili, multidisipliner bir süreç olarak ele alınmalıdır. Su kaynaklarının israf edilmeden değerlendirilmesi, kentsel ekosistemlerin ve alıcı ortamların korunması, enerji–karbon dengesi, yeniden kullanım olanakları ve kullanıcı beklentileri, AAT tasarım ve işletme kararlarının ortak bileşenleri hâline gelmelidir. Bu çalışma, Türkiye'de farklı iklim bölgelerinde yer alan atıksu arıtma tesislerinin, iklim değişikliği ile uyumlu biçimde geliştirilmesi için uluslararası deneyimlerden beslenen, iklim temelli ve bütüncül bir yaklaşımın gerekliliğine işaret etmekte; gelecekte yapılacak daha ayrıntılı alan çalışmaları, sayısal modellemeler ve politika analizleri için bir çerçeve sunmaktadır.

KAYNAKLAR

AECOM. (2019). *Jebel Ali Sewage Treatment Plant – Phase 2* [Project summary]. https://aecom.com/projects/jebel-ali-sewage-treatment-plant/

Arab Water Council. (2024). *Jebel Ali wastewater treatment plant and Dubai water reuse* https://ncwr.arabwatercouncil.org

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen–Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data, 5*, 180214. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214

Council of the European Union. (2024, November 5). *Urban wastewater: Council adopts new rules for more efficient treatment (Recast UWWTD 2024/3019).* https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/11/05/urban-wastewater-council-adopts-new-rules-for-more-efficient-treatment/

Cromwell, J. E., Smith, J. B., & Raucher, R. S. (2007). *Implications of climate change for urban water utilities*. Association of Metropolitan Water Agencies.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). *Erzurum ili 2023 yılı çevre durum raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/erzurum_-cdr2023-20240918101359.pdf

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2010). *Atıksu arıtımında enerji verimliliği rehberi.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/aaevrehberi.pdf

Danas, K., Kurdi, B., Stark, M., & Mutlaq, A. (2012). *Climate change effects on wastewater treatment* [Group presentation]. CEE Jordan Group.

Dawoud, M. (2023). Jebel Ali wastewater treatment plant and Dubai water reuse. In J. Mateo-Sagasta, E. Mapedza, B. Dessalegn, & H. Al-Hariry (Eds.), *Water reuse in the Middle East and North Africa: A sourcebook* (pp. 268–272). CEDARE & Arab Water Council. https://ncwr.arabwatercouncil.org/wp-content/uploads/2024/03/Jebel-Ali-wastewater-treatment-plant-and-Dubai-water-reuse.pdf

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2015). *Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesi çalışmaları.* https://docplayer.biz.tr/10353333-Turkiye-nin-su-potansiyelinin-belirlenmesi-calismalari.html

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2021). *Atıksu arıtma sistemleri proje tasarım ve uygulama rehberi.* https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetGaleriFile/425/DosyaGaleri/646/atiksukitap.pdf

Dubai Municipality. (2022, January 6). *Dubai Municipality wins international award for water reuse and recycling.* https://dm.gov.ae

ESKİ – Erzurum Su ve Kanalizasyon İdaresi. (2021). *Atıksu arıtma tesisi.* https://www.eski.gov.tr/atiksu-aritma-tesisi

GASKİ. (2024). *İleri biyolojik atıksu arıtma tesisleri.* https://gaski.gov.tr/tesislerimiz/atiksu-aritma-tesisleri/

Global Methane Initiative. (2013). *Viikinmäki WWTP: Overview of wastewater project* [Poster]. Global Methane Initiative.

Gupta, V. K., & Ali, I. (2013). *Environmental water: Advances in treatment, remediation and recycling.* Elsevier.

HSY – Helsinki Region Environmental Services Authority. (2023). *Together for a sustainable future (Sustainability Report 2022).* HSY.

IPA – Katılım Öncesi Yardım Aracı. (2014). *IPA Çevre Operasyonel Programı 2014–2020.* https://ipa.gov.tr/wp-content/uploads/TR-IPA.pdf

IPCC. (2007). *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC.* Cambridge University Press.

IPCC. (2021). *AR6 WG1 – Weather and climate extreme events; climate change information for regional impact and risk assessment.* https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

Icekson-Tal, N., & Blanc, P. (2022). Water reuse in Israel: The Dan Region Project. *Water Science & Technology: Water Supply, 3*(4), 231. https://doi.org/10.2166/ws.2022.25824

Koyuncu, İ. (2016). *Su ve güç: Türkiye'nin su potansiyeli.* Sultangazi Belediyesi.

Koyuncu, İ., Paşaoğlu, M. E., Türken, T., & Yüksekdağ, A. (2023). Su, atıksu arıtımı ve yeniden kullanımı. İçinde M. E. Aydın & A. D. Şahin (Ed.), *İklim değişimi çerçevesinde su kaynaklarının mevcut durumu ve geleceği* (ss. 205–240). Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA). https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-56-6.ch10

Maryam, B., & Büyükgüngör, H. (2019). Wastewater reclamation and reuse trends in Türkiye: Opportunities and challenges. *Journal of Water Process Engineering, 30*, 100501.

MEKOROT. (2020). *The Shafdan R&D center: An open installation for wastewater treatment and effluent reclamation solutions* [Web page]. Global Water Intelligence. https://www.globalwaterintel.com/articles/the-shafdan-r-d-center-an-open-installation-for-wastewater-treatment-and-effluent-reclamation-solutions-mekorot

Metcalf & Eddy. (2006). *Water reuse: Issues, technologies and applications.* McGraw-Hill.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2023). *Köppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi.* https://www.mgm.gov.tr/files/iklim/iklim_siniflandirmalari/koppen.pdf

Muğla Büyükşehir Belediyesi. (2024). *Bodrum'un en büyük arıtma tesisi açıldı.* https://www.mugla.bel.tr/haber/bodrumun-en-buyuk-aritma-tesisi-acildi

MUSKİ – Muğla Su ve Kanalizasyon İdaresi. (2024). *Bodrum ilçesi Turgutreis ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi ve deniz deşarjı yapım işi* [Proje sayfası]. https://www.muski.gov.tr/proje/bodrum-ilcesi-turgutreis-ileri-biyolojik-atiksu-aritma-tesisi-ve-deniz-desarji-yapim-isi

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences, 11*, 1633–1644. https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007

Rize İSU / Eptisa. (t.y.). *Rize atıksu projesi için teknik destek ve kontrollük projesi* [Proje tanıtımı]. https://www.eptisa.com.tr/su-cevre-projeleri/rize-atiksu-projesi-icin-teknik-destek-ve-kontrolorluk-projesi-36

Sarış, F. (2021). Türkiye'de evsel su tedarik ve tüketim istatistiklerinin değerlendirilmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi, 19*(1), 195–216.

TS 825 – Isı Yalıtım Standardı. (2024). *Derece-gün bölgeleri.* İZODER. https://www.izoder.org.tr/ts825/ankara.pdf

TSKB. (2019). *TSKB Tematik Bakış: Su – Yeni Elmas.* Türkiye Sınai Kalkınma Bankası.

Thames Water. (2021). *We're upgrading Beckton Sewage Treatment Works (AMP Investment Programme).* Thames Water.

Tzanakakis, V. A., Paranychianakis, N. V., & Angelakis, A. N. (2020). Water supply and water scarcity. *Water, 12*(2347), 1–16. https://doi.org/10.3390/w12092347

Usta, A. (2016). Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi, 3*(2), 1–9.

Water Projects Online. (2023). *Beckton STW – Case study 2023.* https://waterprojectsonline.com/case-studies/beckton-stw-2023/

World Bank. (2017). *Water management in Israel: Key innovations and lessons learned for water-scarce countries.* World Bank.

Zouboulis, A. I., & Tolkou, A. K. (2014). Effect of climate change in wastewater treatment plants: Reviewing the problems and solutions. In *Managing water resources under climate uncertainty* (pp. 197–220). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10467-6_10

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

AKILLI ŞEHİRLERDE ENERJİ PARADİGMASI: TÜKETİMDEN ÜRETİME GEÇİŞ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEK PERSPEKTİFİ

Muhammed Çağrı SEZEN
Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0009-0006-2835-3571

Prof. Dr. İdil AYÇAM
Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0000-0001-7170-5436

Prof. Dr. Asena SOYLUK
Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 000-0002-6905-4774

ÖZET

Bu çalışma, akıllı şehirleri yalnızca dijital teknolojiler ve veri temelli uygulamalar üzerinden değil, bu dönüşümün arka planındaki enerji anlayışı üzerinden ele almaktadır. İlk olarak akıllı şehir kavramı güncel literatür çerçevesinde tartışılmakta ardından akıllı ve geleneksel şehirler, yönetim ve altyapı, ulaşım, bina sistemleri, su ve atık yönetimi, halk katılımı ve şeffaflık, güvenlik ve acil durum, iletişim altyapısı, ekonomik yapı ve çevresel sürdürülebilirlik başlıkları altında karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma, akıllı şehirlerin farklı alanlarda öngörülen dönüşümünün ortak paydasının enerji talebindeki artış ve bu talebin niteliğindeki değişim olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmanın devamında fosil, yenilenebilir ve nükleer enerji kaynakları; küresel elektrik üretimindeki pay, enerji yoğunluğu, kapasite faktörü, seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (LCOE), yaşam döngüsü karbon ayak izi, arazi ve su kullanımı ile güvenlik gibi göstergeleri içeren çok ölçütlü bir çerçeveyle incelenmektedir. Elde edilen bulgular, kömür ve petrol gibi yüksek karbon içeren fosil yakıtların, hem emisyon hem de ölüm/TWh değerleri açısından akıllı şehirlerin uzun vadeli hedefleriyle uyumlu olmadığını göstermektedir. Buna karşılık rüzgâr ve güneş enerjisinin düşük karbon profili, görece yüksek güvenlik düzeyi ve son yıllarda azalan maliyetleriyle yeni elektrik talebini karşılamada öncelikli seçenekler hâline geldiği görülmektedir. Hidroelektrik ve jeotermal enerji, uygun coğrafi ve ekolojik koşullarda bu yapıyı destekleyen yerel kaynaklar olarak öne çıkarken; nükleer enerji, yüksek enerji yoğunluğu, düşük karbon ayak izi ve yüksek kapasite faktörü nedeniyle düşük karbonlu sürekli üretim için stratejik bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak çalışma, akıllı şehirler için tek bir ideal enerji kaynağı arayışından ziyade; iklim hedefleriyle uyumlu, güvenlik boyutu gözetilmiş, esnek ve ekonomik olarak uygulanabilir, birden fazla kaynağın dengeli biçimde kullanıldığı bir enerji bileşiminin gerekliliğini vurgulamakta ve bu doğrultuda karar vericiler için bütüncül bir değerlendirme çerçevesi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı şehirler, enerji yönetimi, sürdürülebilirlik, nükleer enerji, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji paradigması, kapasite faktörü, enerji yoğunluğu.

THE ENERGY PARADIGM IN SMART CITIES: THE SHIFT FROM CONSUMPTION TO PRODUCTION AND THE PERSPECTIVE OF A SUSTAINABLE FUTURE

ABSTRACT

This study approaches smart cities not only through digital technologies and data-driven applications, but through the underlying energy paradigm that shapes this transformation. First, the concept of smart cities is discussed within the framework of the contemporary literature. Then, smart and traditional cities are compared under the headings of governance and infrastructure, transportation, building systems, water and waste management, public participation and transparency, security and emergency management, communication infrastructure, economic structure, and environmental sustainability. This comparison reveals that the common denominator of the anticipated transformation in different domains of smart cities is the increase in energy demand and the qualitative change in the nature of this demand.

In the following part of the study, fossil, renewable, and nuclear energy sources are examined within a multi-criteria framework that includes indicators such as share in global electricity generation, energy density, capacity factor, levelized cost of electricity (LCOE), life-cycle carbon footprint, land and water use, and safety. The findings show that high-carbon fossil fuels such as coal and oil are not compatible with the long-term goals of smart cities in terms of both emissions and deaths per TWh. By contrast, wind and solar energy, with their low carbon profiles, comparatively high safety levels, and declining costs in recent years, have become priority options for meeting new electricity demand. Hydroelectric and geothermal energy stand out as local resources that can support this structure under suitable geographical and ecological conditions, while nuclear energy, owing to its high energy density, low carbon footprint, and high capacity factor, is evaluated as a strategic alternative for low-carbon baseload generation.

In conclusion, the study emphasizes that, rather than seeking a single ideal energy source for smart cities, what is needed is an energy mix that is compatible with climate targets, incorporates safety considerations, remains flexible and economically feasible, and balances multiple sources. In this regard, it offers a holistic evaluation framework for decision-makers.

Keywords: Smart cities, energy management, sustainability, nuclear energy, renewable energy sources, energy paradigm, capacity factor, energy density.

1. GİRİŞ

Günümüzde kentleşme, hızlı kentleşme ve çevresel etki bakımından insanlık tarihinin en çarpıcı dönüşümlerinden birini oluşturmaktadır. Birleşmiş Milletler'in projeksiyonlarına göre dünya nüfusunun yaklaşık %55'i hâlihazırda kentlerde yaşamaktadır ve bu oranın 2050 yılına kadar %68'e yaklaşması beklenmektedir (United Nations, 2019). Benzer biçimde UN-Habitat'ın 2020 raporu, kentleşmenin altyapı sistemleri üzerindeki baskıyı, barınma krizini, enerji talebini, sera gazı emisyonlarını ve sosyal eşitsizlikleri derinleştirdiğini vurgulamaktadır. Özellikle iklim krizinin etkileriyle birlikte kentler, hem sorunların yoğunlaştığı hem de çözüm üretme kapasitesi en yüksek mekânlar olarak öne çıkmaktadır (UN-Habitat, 2020).

Uluslararası Enerji Ajansı'na göre kentler, küresel enerji tüketiminin ve enerji kaynaklı CO_2 emisyonlarının yaklaşık %70'inden sorumludur (International Energy Agency,2023b). Enerjiye bağlı emisyonlar 2022 yılında 36,8 $GtCO_2$ (gigaton karbondioksit) ile tarihsel olarak en yüksek seviyesine ulaşmış; bu durum kentleşme–enerji–iklim ilişkisini stratejik bir politika alanına dönüştürmüştür (International Energy Agency, 2023).

Dolayısıyla enerji sistemlerinin yalnızca arz güvenliği açısından değil, aynı zamanda karbon nötr hedefler, iklim uyumu ve toplumsal adalet boyutlarıyla birlikte yeniden tasarlanması zorunlu hâle gelmektedir.

Bu bağlamda "akıllı şehir" kavramı, sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve insan merkezli kalkınma hedeflerinin kesişiminde konumlanan çok boyutlu bir şehir modeli olarak ortaya çıkmaktadır. İlk çalışmalarda akıllı şehirler, bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonu ile kentsel hizmetlerin daha verimli, güvenli ve rekabetçi hâle getirilmesi üzerinden tanımlanmıştır (Caragliu, Del Bo, & Nijkamp, 2011; Albino, Berardi, & Dangelico, 2015). Son yıllarda ise "akıllı sürdürülebilir şehir" ve "veri odaklı akıllı sürdürülebilir şehir" kavramları öne çıkmış; akıllı şehir yaklaşımı, sürdürülebilirlik hedefleriyle bütünleştirilmiş geniş bir kentsel dönüşüm çerçevesine evrilmiştir (Bibri & Krogstie, 2017). Bibri ve Krogstie'ye (2017) göre akıllı sürdürülebilir şehirler; büyük veri, kentsel bilişim ve yapay zekâ uygulamaları sayesinde ekolojik, ekonomik ve toplumsal sürdürülebilirliği birlikte hedefleyen, performansı sürekli ölçülen ve geri besleme mekanizmalarıyla kendini iyileştiren karmaşık kentsel sistemlerdir (Bibri & Krogstie, 2017).

Akıllı şehirler; bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT), nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI), sensör ağları ve büyük veri analitiği aracılığıyla yönetim, ulaşım, enerji, güvenlik ve sağlık gibi alanlarda daha verimli ve çevreci hizmet sunmayı amaçlamaktadır (Albino et al., 2015; Bibri & Krogstie, 2017). Bununla birlikte güncel yaklaşımlar, yalnızca teknolojik altyapıyı değil, aynı zamanda katılımcı yönetim süreçleri, veri etiği, kentsel dayanıklılık ve yaşam kalitesi gibi insana odaklı bileşenleri de merkeze almaktadır (Albino et al., 2015). Böylece akıllı şehirler, salt "teknolojik kent" olmanın ötesine geçerek, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu, bütüncül bir kentsel dönüşüm vizyonu sunmaktadır.

Bu çok katmanlı dönüşümün merkezinde enerji paradigması yer almaktadır. Enerji sistemleri, akıllı şehirler teknik bir altyapı unsuru olmanın yanı sıra kent ekonomisi, iklim politikaları ve toplumsal katılımı şekillendiren stratejik bir bileşen hâline gelmiştir. Geleneksel şehirlerde merkezî ve tek yönlü işleyen "üret–ilet–tüket" modeli, akıllı şehirlerde dağıtık üretim, yenilenebilir enerji entegrasyonu, akıllı şebekeler ve esnek talep yönetimi gibi unsurlarla yerini daha dinamik ve uyarlanabilir sistemlere bırakmaktadır (International Energy Agency, 2023). Parag ve Sovacool'un (2016) tanımladığı "prosumer çağı", hane halklarının ve yerel toplulukların enerji piyasasında pasif tüketici konumundan aktif üretici-tüketici (prosumer) konumuna geçişini ifade etmektedir. Bu geçişin de piyasa tasarımı, şebeke yönetimi ve sosyal adalet boyutlarında yeni fırsatlar ve riskler yarattığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, akıllı şehirlerde enerjiye yönelik bu dönüşümü "tüketimden üretime geçiş" paradigması çerçevesinde ele almaktadır. İlk olarak akıllı şehir kavramı ve güncel yaklaşımlar literatür ışığında tartışılmakta ardından akıllı ve geleneksel şehirler yönetim, altyapı, ulaşım, bina sistemleri, su–atık yönetimi, katılım ve çevresel sürdürülebilirlik gibi temel parametreler üzerinden karşılaştırılmaktadır. Bu kıyaslama doğrultusunda akıllı şehirlerin en kritik gereksinimlerinden birinin enerji yönetimi olduğu ortaya konmakta son aşamada fosil, yenilenebilir ve nükleer enerji kaynakları, akıllı şehir vizyonu bağlamında çok boyutlu olarak değerlendirilmektedir. Böylece çalışma, akıllı şehirlerde enerji paradigmasının yeniden tanımlanmasına yönelik bütüncül bir çerçeve ve politika önerileri sunmayı amaçlamaktadır.

2. AKILLI ŞEHİR VE GELENEKSEL ŞEHİRLERİN KIYASLANMASI

Akıllı şehirler, bilgi ve iletişim teknolojileri, sensör ağları, büyük veri analitiği ve yapay zekânın kent yönetimiyle bütünleştiği bu sayede kentsel hizmetlerin etkinliğini artırmayı, kaynak kullanımını optimize etmeyi ve yaşam kalitesini yükseltmeyi amaçlayan bütüncül kentsel sistemler olarak tanımlanmaktadır (Albino, Berardi, & Dangelico, 2015).

Son yıllarda literatürde "akıllı sürdürülebilir şehir" ve "akıllı ve sürdürülebilir şehir" kavramları öne çıkmakta bu çerçeve, akıllı şehir teknolojilerini sürdürülebilir kalkınma hedefleri, iklim eylemi ve toplumsal kapsayıcılık ile birlikte ele alan bir dönüşüm yaklaşımına işaret etmektedir (Bibri & Krogstie, 2017). Böylece akıllı şehirler; yalnızca teknolojik altyapının yoğun olduğu kentler değil, aynı zamanda veri temelli karar verme, katılım odaklı kentsel yönetim anlayışı ve esnek altyapı sistemleriyle desteklenen, performansı sürekli ölçülen ve geri besleme mekanizmalarıyla kendini iyileştiren dinamik kentsel yapılara dönüşmektedir (Neirotti et al., 2014).

Buna karşılık geleneksel şehirler, büyük ölçüde sanayi devrimi ve sonrasındaki hızlı kentleşme dalgaları sırasında biçimlenmiş sektörel olarak parçalı, hiyerarşik ve tepeden aşağı işleyen yönetim modellerine dayanan, altyapı ve hizmet sunumunda ise ağırlıklı olarak doğrusal (üret–tüket–at) kaynak kullanımına ve fosil yakıt temelli enerji sistemlerine bağımlı kentsel yapılardır (UN-Habitat, 2020, 2022). Bu kentlerde planlama kararları çoğu zaman sınırlı veriyle ve reaktif biçimde alınmakta ulaşımda özel otomobil odaklı, konutta ise düşük enerji performanslı yapı stoğu yaygın olmaktadır. Bu da trafik sıkışıklığı, hava kirliliği, enerji yoksulluğu, altyapı yetersizliği ve mekânsal eşitsizlik gibi sorunları derinleştirmektedir (UN-Habitat, 2020; United Nations, 2019). Geleneksel şehir modelinde vatandaşlar çoğunlukla pasif hizmet alıcısı iken, akıllı şehir yaklaşımı kentliyi veri üreticisi, karar süreçlerinin paydaşı ve enerji sistemlerinde "prosumer" olabilen aktif bir özneye dönüştürmeyi hedeflemektedir (Parag & Sovacool, 2016).

Yönetim ve altyapı; geleneksel şehirlerde çoğu zaman birbirinden kopuk idari birimler, sınırlı veri kullanımı ve reaktif bakım anlayışıyla yürütülmektedir. Bu nedenle su, enerji ve ulaşım gibi temel altyapı ağları uzun vadeli stratejik planlama yerine bütçe kısıtları ve krizler doğrultusunda parçalı biçimde yönetilmektedir (Tan & Taeihagh, 2020). Akıllı şehirlerde ise "akıllı yönetim" yaklaşımıyla dijital altyapı, veri yönetimi ve kurumlar arası işbirliği birbirini tamamlayan bir çerçeve içinde ele alınmaktadır. Sensör ağları, veri platformları ve bütünleşik karar destek sistemleri sayesinde altyapı yatırımları daha ölçekler arası, katılımcı ve sürdürülebilir biçimde planlayarak operasyonel verimlilik ve hizmet kalitesi artırılmaktadır (Almulhim & Yigitcanlar, 2025).

Ulaşım; geleneksel şehirlerde uzun süre özel otomobil odaklı bir planlama anlayışıyla şekillenmiştir. Bu durum trafik sıkışıklığı, hava kirliliği, karbon emisyonları ve kentsel yayılma gibi ciddi sonuçlar doğururken, toplu taşıma ve aktif ulaşım türlerinin çoğu zaman ikincil planda kalmasına neden olmuştur (Newman & Kenworthy, 2015). Akıllı şehirlerde ise ulaşım, sürdürülebilir kentsel hareketlilik ve "akıllı mobilite" çerçevesinde ele alınmaktadır. Gerçek zamanlı veriyle yönetilen toplu taşıma sistemleri, Hizmet Olarak Ulaşım (Mobility as a Service – MaaS) platformları, paylaşımlı ve elektrikli araçlar ile yaya ve bisiklet odaklı tasarım bütünleşik biçimde planlanarak çok modlu, düşük emisyonlu ve erişilebilir hareketlilik seçenekleri öne çıkarılmaktadır (Lyons, Hammond, & Mackay, 2019). Bu dönüşüm, ulaşımın salt fiziksel erişim sağlamanın ötesinde, enerji verimliliği, iklim hedefleri ve sosyal adalet boyutlarıyla birlikte kurgulanmasını hedefleyen akıllı şehir yaklaşımının temel bileşenlerinden biri hâline gelmektedir (Pangbourne et al., 2020).

Bina sistemleri; geleneksel şehirlerde büyük ölçüde düşük yalıtım standartlarına, fosil yakıt temelli ısıtma–soğutma sistemlerine ve tek yönlü enerji akışına sahip mevcut yapı stoğuna dayanmaktadır. Bu durum hem yüksek enerji tüketimi hem de küresel nihai enerji tüketiminin ve enerjiye bağlı emisyonların önemli bir bölümünün ana sebebinin binalar olduğu bilinmektedir. (IEA, 2022; UNEP/GlobalABC, 2021).

Akıllı şehirlerde ise binalar, yüksek performanslı kabuk tasarımı, pasif iklimlendirme stratejileri, bina otomasyon ve enerji yönetim sistemleri, yapay zekâ ve Nesnelerin İnterneti (AIoT) tabanlı kontrol mekanizmaları, dijital ikiz uygulamaları ve yerinde yenilenebilir enerji üretimi ile hem enerji talebini azaltan hem de gerektiğinde şebekeye esnek üretim sağlayan "akıllı" altyapı bileşenleri olarak kurgulanmaktadır. Böylece enerji verimliliği, iç mekân konforu ve emisyon azaltımı birlikte hedeflenmektedir (Onweh, Al-Habaibeh, & Manu, 2025).

Atık ve su yönetimi; geleneksel şehirlerde çoğu zaman doğrusal bir "al–kullan–at" modeliyle kurgulanmaktadır. İçme suyu şebekelerinde yüksek kayıp-kaçak oranları, yağmur suyu ve gri suyun ayrı toplanmaması, sınırlı arıtma kapasitesi ve depolama odaklı katı atık bertarafı sonucunda hem su kaynakları hem de toprak ve hava kalitesi üzerinde ciddi baskılar oluşmaktadır (Kakwani & Kalbar, 2020; Farfán Chilicaus et al., 2025). Akıllı şehirlerde ise bütünleşik kentsel su yönetimi ve döngüsel ekonomi yaklaşımları temel alınmaktadır. Akıllı sayaçlar ve sensörlü şebekelerle sızıntıların tespiti, yağmur suyu hasadı ve gri su geri kazanımı gibi uygulamalarla su verimliliği artırılırken, akıllı atık kutuları, rota optimizasyonu, kaynakta ayrıştırma ve geri dönüşüm sistemleri sayesinde malzeme döngüleri güçlendirilmekte ve atık oluşumu azaltılmaya çalışılmaktadır (Serrao-Neumann et al., 2019; Tesfay et al., 2024). Bu dönüşüm, kentsel metabolizmanın kapatılan madde ve su döngüleri üzerinden yeniden tasarlanmasını ve atık ile atıksuyun birer yük olmaktan çıkıp enerji, su ve hammadde kaynağına dönüştürülmesini hedefleyen akıllı şehir yaklaşımının temel bileşenlerinden biri hâline gelmektedir (Nesmachnow, Rossit, & Moreno-Bernal, 2025; Helmy et al., 2024).

Halk katılımı ve şeffaflık; geleneksel şehirlerde çoğu zaman sınırlı danışma süreçleri, kapalı karar alma mekanizmaları ve bilgiye kısıtlı erişimle sınırlı kalmaktadır. Bu durum özellikle planlama ve altyapı yatırımlarında yerel halkın görüş ve önceliklerinin yeterince yansımamasına sebep olarak güven erozyonu ve meşruiyet tartışmalarına yol açmaktadır (Cardullo & Kitchin, 2019). Akıllı şehirlerde ise dijital katılım platformları, çevrimiçi anket ve haritalama araçları, açık veri portalları ve ortak tasarım (co-design) süreçleri üzerinden kentlilerin karar alma süreçlerine daha aktif biçimde dahil edilmesi, verinin herkes tarafından erişilebilir ve yeniden kullanılabilir kılınması ve kamu kurumlarının hesap verebilirliğinin artırılması hedeflenmektedir. Bu sayede katılımın "bilgilendirme" düzeyinden "ortak üretim" düzeyine taşınması ve kent yönetiminin daha kapsayıcı ve şeffaf hâle gelmesi amaçlanmaktadır (Valle-Cruz et al., 2020).

Güvenlik ve acil durum; geleneksel şehirlerde çoğu zaman parçalı kurum yapıları, sınırlı veri paylaşımı ve olay gerçekleştikten sonra devreye giren reaktif müdahale mekanizmalarıyla yürütülmektedir. Bu nedenle afetler, endüstriyel kazalar veya aşırı hava olayları sırasında erken uyarı, tahliye ve kaynak koordinasyonunda ciddi gecikmeler ve kapasite sorunları yaşanabilmektedir (Alexander, 2021). Akıllı şehirlerde ise afet risk yönetimi ve kentsel güvenlik; sensör ağları, coğrafi bilgi sistemleri (GIS), uzaktan algılama, sosyal medya analitiği ve yapay zekâ tabanlı erken uyarı sistemleriyle desteklenmektedir. Böylece risklerin mekânsal olarak haritalanması, kırılgan grupların belirlenmesi, gerçek zamanlı durum farkındalığı ve çok kurumlu koordinasyon olanakları güçlendirilmektedir (Sharma & Basu, 2022). Bu dönüşüm, güvenlik ve acil durum yönetimini yalnızca kriz anına odaklanan bir müdahale faaliyeti olmaktan çıkarıp, risk azaltımı, dayanıklılık ve hazırlık aşamalarını da içeren bütüncül ve veri odaklı bir akıllı şehir bileşeni hâline getirmeyi amaçlamaktadır (Saleem & Mehrotra, 2022).

İletişim altyapısı; geleneksel şehirlerde çoğu zaman parçalı sabit hat ve mobil şebekelere, sınırlı bant genişliğine ve bölgeler arası belirgin bir "dijital uçuruma" dayanmaktadır. Bu durum özellikle düşük gelirli mahallelerde ve kırsal-kentsel geçiş bölgelerinde hızlı internet erişimini kısıtlayarak eğitim, sağlık, e-devlet hizmetleri ve dijital ekonomi olanaklarına eşitsiz erişime yol açmaktadır (van Dijk, 2020). Akıllı şehirlerde ise yüksek kapasiteli fiber ağlar, 4G/5G mobil şebekeler, Wi-Fi hotspot'lar, Nesnelerin İnterneti (IoT) sensör ağları ve bulut/kenar (edge) bilişim altyapısı, kentsel mekâna gömülü bir "dijital omurga" olarak kurgulanmakta; bu sayede gerçek zamanlı veri toplama ve paylaşımının yanı sıra, kamu hizmetlerinin, mobilite çözümlerinin ve enerji yönetim sistemlerinin kesintisiz ve düşük gecikmeli biçimde çalışması hedeflenmektedir (Anthopoulos, 2019). Bununla birlikte literatür, iletişim altyapısının bu ölçekte dijitalleşmesinin mahremiyet, gözetim ve siber güvenlik risklerini de artırdığını; dolayısıyla akıllı şehirlerde kapsayıcı ve güvenli dijital haklar çerçevesi ile güçlü veri yönetimi mekanizmalarının kritik önem taşıdığını vurgulamaktadır (Kitchin, 2016)

Ekonomik model; geleneksel şehirlerde çoğu zaman sanayi ve inşaat odaklı, kaynak yoğun ve doğrusal büyüme mantığına dayanmaktadır. Bu yapı, kayıt dışı istihdam, mekânsal eşitsizlikler ve kırılgan bir yerel mali taban üreterek küresel krizler ve iklim şokları karşısında kent ekonomilerini savunmasız bırakmaktadır (UN-Habitat, 2020; World Bank, 2020). Akıllı şehirlerde ise ekonomik yapı, dijital ekonomi, yaratıcı endüstriler, bilgi yoğun hizmetler, yeşil işler ve girişimcilik ekosistemleri etrafında yeniden kurgulanmaktadır. Açık veri, dijital platformlar ve yenilikçi iş modelleri aracılığıyla hem verimlilik artışı hem de yeni istihdam ve değer üretim biçimleri desteklenmektedir (Caragliu, & Nijkamp, 2011). Bununla birlikte literatür verileri, akıllı şehir temelli ekonomik dönüşümün ancak kapsayıcı politikalar, beceri geliştirme programları ve sosyal koruma mekanizmalarıyla birlikte tasarlandığında eşitsizlikleri azaltıcı bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Aksi hâlde "akıllı büyüme" söylemi altında dijital uçurumun ve mülkiyet yoğunlaşmasının derinleşmesi riskini taşıdığını vurgulamaktadır (Anthopoulos, 2019).

Çevresel sürdürülebilirlik; geleneksel şehirlerde çoğu zaman fosil yakıtlara dayalı enerji sistemleri, otomobil odaklı ulaşım, düşük performanslı bina stoğu ve doğrusal tüketim modelleriyle ilişkilenen, hava ve su kirliliği, biyolojik çeşitlilik kaybı ve yüksek kişi başı karbon ayak izi üreten bir kentsel metabolizma biçimi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yapı, IPCC'nin ve küresel kent çalışmalarının bulgularına göre iklim krizinin temel itici güçlerinden biri hâline gelmektedir (Bulkeley & Betsill, 2013; IPCC, 2023). Akıllı şehirlerde ise çevresel sürdürülebilirlik, enerji verimli bina ve ulaşım sistemleri, yenilenebilir enerji entegrasyonu, yeşil ve mavi altyapı, kentsel ısı adası etkisini azaltan doğa temelli çözümler, döngüsel ekonomi uygulamaları ve sürekli izlenebilen çevresel göstergeler üzerinden bütüncül biçimde ele alınmaktadır.(Acuto, Steenmans, & Ikeda, 2022) Bu sayede sera gazı emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliğine uyum ve ekosistem hizmetlerinin korunması yönünde hem planlama hem de işletme ölçeğinde yeni araçlar geliştirilmektedir (Nieuwenhuijsen, Khreis, & Guerra, 2019).

Tablo 1: Geleneksel Şehir Ve Akıllı Şehirlerin Kıyaslanması

Parametre	Geleneksel Şehirler	Akıllı Şehirler
Yönetim ve altyapı	Parçalı kurum yapıları; sınırlı veri kullanımı; kriz odaklı, reaktif ve kısa vadeli altyapı yönetimi.	Veriye dayalı karar verme; entegre ve ölçekler arası planlama; sensör ağları ve dijital platformlarla gerçek zamanlı izlenen, esnek altyapı yönetimi.
Ulaşım	Özel otomobil odaklı planlama; yüksek trafik sıkışıklığı, emisyon ve kentsel yayılma; ikincil konumda toplu taşıma ve aktif ulaşım.	Sürdürülebilir kentsel hareketlilik; gerçek zamanlı yönetilen toplu taşıma; yaya ve bisiklet odaklı tasarım; paylaşımlı/elektrikli araçlar ve MaaS entegrasyonu.
Bina sistemleri	Düşük yalıtım standartları; fosil yakıt temelli ısıtma–soğutma; tek yönlü enerji akışı; yüksek tüketim ve emisyon.	Yüksek performanslı kabuk ve pasif tasarım; bina otomasyon/enerji yönetim sistemleri; yapay zekâ ve IoT destekli kontrol; yerinde yenilenebilir enerji üretimi.
Atık ve su yönetimi	Doğrusal "al–kullan–at" modeli; yüksek kayıp–kaçak; sınırlı arıtma; depolama odaklı katı atık bertarafı.	Bütünleşik kentsel su yönetimi; akıllı sayaç ve sensörlü şebekeler; yağmur/gri su geri kazanımı; sensörlü konteynerler, rota optimizasyonu ve döngüsel ekonomi uygulamaları.
Halk katılımı ve şeffaflık	Sınırlı danışma mekanizmaları; kapalı karar alma süreçleri; bilgiye zor erişim; düşük güven ve meşruiyet tartışmaları.	Dijital katılım platformları; çevrimiçi anket/haritalama; açık veri portalları; ortak tasarım süreçleri ve güçlenen hesap verebilirlik ile kapsayıcı yönetişim.
Güvenlik ve acil durum	Parçalı kurum yapıları; olay sonrası reaktif müdahale; zayıf erken uyarı ve sınırlı kurumlar arası koordinasyon.	Sensör ağları, CBS ve uzaktan algılama ile risk haritalama; yapay zekâ tabanlı erken uyarı; gerçek zamanlı durum farkındalığı ve çok kurumluluk esaslı koordinasyon.
İletişim altyapısı	Parçalı sabit/mobil şebekeler; sınırlı bant genişliği; bölgeler arası belirgin dijital uçurum.	Yüksek kapasiteli fiber ve 4G/5G omurga; kent geneline yayılmış Wi-Fi ve IoT ağları; bulut/edge bilişimle desteklenen sürekli ve düşük gecikmeli dijital omurga.
Ekonomik model	Sanayi ve inşaat odaklı; kaynak yoğun, doğrusal büyüme; kayıt dışılık ve mekânsal/eşitsiz gelir dağılımı.	Dijital ekonomi, yaratıcı endüstriler ve yeşil işler; veri ve platform temelli iş modelleri; inovasyon ve girişimcilik ekosistemleriyle çeşitlenen ekonomik yapı.
Çevresel sürdürülebilirlik	Fosil yakıt temelli enerji; yüksek karbon ayak izi; hava ve su kirliliği; biyolojik çeşitlilik kaybı.	Enerji verimli bina ve ulaşım sistemleri; yenilenebilir enerji entegrasyonu; doğa temelli çözümler; döngüsel ekonomi ve sürekli izlenen çevresel göstergeler.

Tablo 1'deki geleneksel ve akıllı şehirlerin dokuz temel parametre altında karşılaştırılması, kentsel dönüşümün yalnızca teknik bir güncelleme değil, yönetimden ulaşıma, bina stokundan su–atık yönetimine, ekonomik yapıdan toplumsal ilişkilere uzanan çok katmanlı bir yeniden yapılanma gerektirdiğini göstermektedir. Geleneksel şehir modeli; parçalı kurum yapıları, otomobil odaklı ulaşım, düşük enerji performanslı binalar, doğrusal atık ve su yönetimi, sınırlı halk katılımı, olay sonrası reaktif güvenlik anlayışı, dijital uçurum içeren iletişim altyapısı, kaynak yoğun ve kırılgan ekonomik yapı ile yüksek karbon ayak izine sahip çevresel profil üzerinden tanımlanırken akıllı şehir modeli ise veriye dayalı ve entegre yönetim, sürdürülebilir kentsel hareketlilik, akıllı ve enerji verimli bina sistemleri, döngüsel su ve atık yönetimi, dijital katılım ve açık veri, risk azaltımı odaklı güvenlik yaklaşımları, yüksek kapasiteli iletişim omurgası, dijital ve yeşil ekonomiye dayalı yeni iş modelleri ve çevresel göstergeleri sürekli izlenen bir kentsel metabolizma ile öne çıkmaktadır. Bu tablo, akıllı şehirlerin daha çok teknolojiden ibaret olmadığını; kentsel yaşam biçiminin, karar alma süreçlerinin ve altyapı mantığının bütüncül biçimde değişmesini gerektirdiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, dokuz parametrenin tamamı birlikte değerlendirildiğinde, bu dönüşümün ortak paydasının enerji paradigmalarındaki değişim olduğu görülmektedir. Gerçek zamanlı veri işleyen yönetim platformları, elektrikli ve paylaşımlı ulaşım çözümleri, yüksek performanslı ve otomasyon destekli binalar, akıllı su ve atık altyapıları, kesintisiz çalışan haberleşme ağları, veri merkezleri ve dijital ekonomi bileşenleri ile sensör tabanlı güvenlik ve afet yönetim sistemleri; hem toplam enerji talebini dönüştürmekte hem de bu talebin büyük ölçüde elektrikleşmiş, sürekli, güvenli ve mümkün olduğunca düşük karbonlu bir arz yapısıyla karşılanmasını zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla akıllı şehirlerin en kritik gereksinimi, bu çok boyutlu dönüşümü besleyebilecek, yenilenebilir kaynaklarla uyumlu, esnek ve dayanıklı bir enerji yönetimi altyapısının kurulmasıdır. Enerji; yönetim, ulaşım, binalar, iletişim, ekonomi, halk katılımı, atık yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik alanlarında öngörülen dönüşümlerin tamamını birbirine bağlayan temel omurga olarak ortaya çıkmaktadır.(Tablo 1)

3. AKILLI ŞEHİRLERDE ENERJİ

Önceki bölümde geleneksel ve akıllı şehirler; yönetim ve altyapı, ulaşım, bina sistemleri, atık ve su yönetimi, halk katılımı ve şeffaflık, güvenlik ve acil durum, iletişim altyapısı, ekonomik model ve çevresel sürdürülebilirlik başlıkları altında karşılaştırılmış, bu çok boyutlu dönüşümün ortak paydasının enerji paradigmalarındaki değişim olduğu ortaya konmuştur. Akıllı şehirlerin gerektirdiği gerçek zamanlı veri işleyen yönetim platformları, elektrikli ve paylaşımlı ulaşım çözümleri, yüksek performanslı ve otomasyon destekli binalar, akıllı su–atık altyapıları, kesintisiz iletişim ağları, veri merkezleri ve dijital ekonomi bileşenleri ile sensör tabanlı güvenlik sistemleri; yüksek düzeyde güvenilir, esnek ve mümkün olduğunca düşük karbonlu bir enerji arzını zorunlu kılmaktadır (IEA, 2023; UN-Habitat, 2020). Bu nedenle, akıllı şehirlerin geleceğini tartışırken yalnızca talep tarafındaki akıllılaşma süreçlerine odaklanmak yeterli değildir. Aynı zamanda bu talebi besleyen enerji üretim kaynaklarının niteliği, çeşitliliği ve sürdürülebilirliği de kritik bir tartışma alanı hâline gelmektedir.

3.1.ENERJİ ÜRETİM KAYNAKLARI

Enerji üretim kaynakları, insanlık tarihinin her döneminde toplumsal, ekonomik ve teknolojik gelişmenin temel belirleyicilerinden biri olmuştur. Erken dönemlerde enerji ihtiyacı büyük ölçüde biyokütleye, yani odun, bitki artıkları ve hayvansal atıkların yakılmasına dayanırken ısınma, pişirme ve basit zanaat üretimleri bu kaynaklarla karşılanmıştır. (Smil, 2017).

Tarım toplumlarında rüzgâr değirmenleri ve su değirmenleri, mekanik enerji üretmek için kullanılan ilk "yenilenebilir" teknolojiler arasında yer alarak rüzgâr ve su gücü tahıl öğütme, sulama ve basit imalat süreçlerine entegre edilmiştir (Smil, 2017; Fouquet, 2016).

Sanayi Devrimi ile birlikte kömür, buhar makineleri ve demiryolları aracılığıyla hem üretim hem de ulaşım sistemlerini kökten dönüştürmüştür. Kömür bu dönemde sanayileşmenin ve erken kentleşme dalgalarının baskın enerji kaynağı hâline gelmiştir (Fouquet, 2016; Smil, 2017). 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başında elektrik üretim teknolojilerinin gelişmesiyle kömür, büyük ölçekli termik santraller aracılığıyla elektrik sistemlerinin de omurgasını oluşturmuştur (IEA, 2023a).

20.yüzyılın başından itibaren petrol, özellikle içten yanmalı motorların yaygınlaşmasıyla ulaştırma sektörünün hâkim enerji kaynağına dönüşmüştür. Benzin ve motorin, karayolu taşımacılığı başta olmak üzere deniz ve hava taşımacılığında kritik bir rol üstlenirken; petrol aynı zamanda petrokimya sanayisi üzerinden plastikler, sentetik lifler ve gübreler gibi birçok temel sanayi girdisinin üretiminde merkezi bir hammaddeye dönüşmüştür (Fouquet, 2016; IEA, 2023a). Doğalgaz ise başlangıçta çoğu zaman petrol üretiminin yan ürünü olarak görülürken, zamanla konut ısıtması, elektrik üretimi ve sanayide daha esnek ve nispeten daha düşük emisyonlu bir fosil yakıt seçeneği olarak enerji karışımında önemli bir yer edinmiştir (IEA, 2022; IEA, 2023a). 20. yüzyılın ikinci yarısında boru hattı altyapısının gelişmesi ve sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) teknolojilerinin yaygınlaşması, doğalgazın pek çok ülkenin enerji sistemine entegre edilmesini kolaylaştırmıştır (IEA, 2022).

Su gücü, tarihsel olarak su değirmenleri aracılığıyla mekanik enerji üretiminde kullanılmıştır. 20. yüzyılda büyük ölçekli hidroelektrik santraller aracılığıyla elektrik üretiminin önemli kaynaklarından biri hâline gelmiştir. Barajlı ve nehir tipi hidroelektrik santraller, düşen suyun potansiyel enerjisinden yararlanarak türbin ve jeneratörler vasıtasıyla elektrik üretmektedir. Birçok ülkede uzun yıllar temel "yerli" elektrik kaynağı olarak değerlendirilmiştir (World Bank, 2012; IPCC, 2011). Aynı yüzyılın ortasında ticari ölçekli nükleer santrallerin devreye girmesiyle, nükleer enerji de elektrik üretiminde yeni bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. Fisyon yoluyla atom çekirdeğinin parçalanması sonucu açığa çıkan ısı, buhar türbinleri üzerinden elektriğe dönüştürülmektedir. Nükleer santraller özellikle uzun süreli, baz yük sağlayabilen termik tesisler olarak kurgulanmaktadır (World Nuclear Association, 2023; Schneider & Froggatt, 2023).

Rüzgâr ve güneş enerjisi insanlık tarafından çok eski dönemlerden beri bilinmekle birlikte, modern anlamda elektrik üretiminde kullanımları özellikle 20. yüzyılın son çeyreği ve 21. yüzyılın başlarında teknolojik gelişmeler ve maliyet düşüşleriyle hız kazanmıştır. Modern rüzgâr türbinleri, aerodinamik rotor kanatları ve jeneratörler aracılığıyla rüzgârın kinetik enerjisini elektriğe dönüştürmekte karasal ve deniz üstü (offshore) kurulumlarla farklı ölçeklerde uygulanmaktadır (GWEC, 2025). Güneş enerjisinde ise fotovoltaik (FV) paneller, güneş ışığını doğrudan elektriğe çeviren yarı iletken hücrelere dayanarak çatı yüzeyleri, bina cepheleri ve geniş arazi kurulumları gibi farklı bağlamlarda kullanılabilmektedir (IRENA, 2023a; IEA, 2023b). Son yıllarda rüzgâr ve güneş teknolojilerindeki maliyet düşüşleri ve politika destekleri, bu kaynakları birçok ülke için enerji arzını çeşitlendiren stratejik seçenekler hâline getirmiştir (IEA, 2023b; IRENA, 2023b).

Biyokütle ve biyoyakıtlar, geleneksel odun yakma pratiklerinin ötesine geçerek modern enerji sistemlerine entegre edilen bir alanı temsil etmektedir. Birinci ve ikinci nesil biyoyakıtlar; şeker kamışı, mısır, bitkisel yağlar, tarımsal ve ormancılık atıkları gibi biyolojik kaynaklardan üretilen etanol, biyodizel ve diğer sıvı yakıtları kapsamaktadır (IEA, 2021). Bu yakıtlar özellikle ulaşım sektöründe fosil yakıtların kısmen ikame edilmesi ve atıkların değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş uygun politika çerçeveleri altında tarım, enerji ve çevre politikalarının kesişim noktasında konumlanmıştır (IPCC, 2011; IEA, 2021).

Biyoyakıtların yanı sıra jeotermal enerji, okyanus enerjisi ve hidrojen gibi diğer kaynaklar da belirli coğrafyalarda ve teknolojik bağlamlarda farklı roller üstlenmektedir. Jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerindeki ısıdan yararlanarak hem elektrik üretimi hem de konut ve kentsel ölçekli ısıtma uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu durum özellikle yüksek jeotermal potansiyele sahip bölgelerde sürekli bir yerel kaynak sunmaktadır (IPCC, 2011). Okyanus enerjisi ise dalga ve gelgit hareketlerinden yararlanmayı hedefleyen, henüz gelişme aşamasındaki çeşitli teknoloji ailelerini içermektedir (IPCC, 2011). Hidrojen ise daha çok doğrudan bir enerji kaynağından ziyade, farklı enerji kaynaklarından (fosil, yenilenebilir, nükleer) üretilip depolanabilen ve taşınabilen bir enerji taşıyıcısı olarak görülmektedir. Sanayi, ulaşım ve enerji sistemlerinde karbon azaltımına katkı sunabilecek bir seçenek olarak hidrojen, giderek daha fazla tartışılmaktadır (IEA, 2019).

Bu tarihsel ve teknolojik gelişim çizgisi, enerji üretim kaynaklarının toplumsal ihtiyaçlar, teknolojik yenilikler ve siyasal-ekonomik koşullarla birlikte sürekli yeniden şekillendiğini göstermektedir. Bir dönemin baskın enerji kaynağı, izleyen dönemde çevresel baskılar, maliyetler, arz güvenliği ve teknolojik gelişmeler gibi etkenler sonucu yerini yeni kaynak ve teknolojilere bırakabilmektedir. Böylece enerji sistemi, insanlık tarihinin farklı evrelerinde odun ve biyokütleden kömüre, petrolden doğalgaza, hidroelektrikten nükleere ve son olarak rüzgâr, güneş ve diğer düşük karbonlu seçeneklere doğru evrilen dinamik bir yapıya bürünmektedir (Smil, 2017; Fouquet, 2016; IEA, 2023a; IPCC, 2023).

3.2. ENERJİ ÜRETİM KAYNAKLARININ KIYASLANMASI

Enerji üretim teknolojilerinin değerlendirilmesinde tek bir göstergeye dayanmanın, özellikle sürdürülebilirlik tartışmaları açısından yetersiz olduğu, son yıllarda yapılan çok sayıda çalışma tarafından vurgulanmaktadır. Elektrik üretim seçeneklerinin tek başlık üzerinden sıralanması, çevresel, ekonomik ve toplumsal boyutlar arasındaki ödünleşimleri görünmez kılabildiği için eleştirilmektedir (Evans, Strezov, 2009; Maxim, 2014). Bu nedenle literatürde iklim etkisi, maliyet, güvenilirlik, kaynak kullanımı ve sosyal etkiler gibi birden fazla göstergeye göre birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (Kumar et al., 2017 ; Al-Kuwari et al., 2025).

Bu çok ölçütlü çerçeve içinde, farklı çalışmaların kullandığı göstergeler arasında önemli ortaklıklar bulunmaktadır. Evans, Strezov ve Evans (2009), yenilenebilir enerji teknolojilerinin sürdürülebilirliğini değerlendirirken elektrik üretim fiyatı, sera gazı emisyonları, kaynak uygunluğu ve teknolojik sınırlılıklar, enerji dönüşüm verimliliği, arazi kullanımı, su tüketimi ve sosyal etkiler olmak üzere bir dizi gösterge tanımlamaktadır. Benzer biçimde Kumar ve arkadaşları (2017), sürdürülebilir yenilenebilir enerji geliştirilmesine yönelik çok ölçütlü karar verme çalışmalarını inceleyerek maliyet, sera gazı emisyonları, kaynak ve çevresel etkiler gibi çok sayıda göstergenin birlikte değerlendirildiği sürdürülebilirlik çerçevelerini ortaya koymaktadır. Mardani ve arkadaşları (2015) ise sürdürülebilir enerji yönetiminde kullanılan çok ölçütlü karar verme uygulamalarını kapsamlı biçimde incelemekte; maliyet, çevresel etki, enerji çıktısı, güvenilirlik ve sosyal göstergelerin birlikte ele alındığı değerlendirme çerçevelerinin tek bir göstergeden hareketle yapılan teknoloji karşılaştırmalarına göre çok daha bütüncül sonuçlar sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, enerji üretim teknolojilerinin değerlendirilmesinde ekonomik, çevresel ve işletme temelli göstergelerin birlikte ele alınması gerektiğini ortaklaşa vurgulamaktadır(Evans et al., 2009; Kumar et al.,2017; Mardani , 2015).

Sürdürülebilirlik değerlendirmelerine ilişkin derleme çalışmalarda; fiyat veya birim elektrik üretim maliyeti, sera gazı emisyonları, enerji dönüşüm verimliliği veya enerji yoğunluğu, kaynakların sürekliliği ve güvenilirliği, arazi gereksinimi, su kullanımı ve toplumsal/sosyal etkiler, sık kullanılan göstergeler arasında sayılmaktadır (Evans et al., 2009;; Kabeyi, 2023).

Yaşam döngüsü değerlendirmesine (LCA) dayalı karşılaştırmalı analizler, özellikle sera gazı emisyonları ve diğer çevresel etkilerin teknolojiler arası kıyaslanmasında kullanılmıştır. Seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (LCOE) çalışmalarının ise farklı teknolojilerin birim maliyetlerinin karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanıldığını göstermektedir (Das et al., 2024; Kabeyi & Olanrewaju, 2023). Bununla birlikte, arazi ve su kullanımı göstergeleri, enerji–arazi ve enerji–su ilişkisini ortaya koyan çok sayıda çalışmada, özellikle düşük karbonlu elektrik senaryolarının çevresel yan etkilerini değerlendirmek için temel parametreler olarak ele alınmaktadır (Evans et al., 2009; Zhai et al., 2015; Hosseini et al., 2022).

Bazı karşılaştırmalı çalışmalar, bu çevresel ekonomik göstergelere ek olarak işletme parametreleri ve güvenilirlik ölçütlerini de değerlendirme çerçevesine dâhil etmektedir. Örneğin Mearns (2021), elektrik üretim teknolojilerini çok ölçütlü karar analiziyle değerlendirirken kapasite faktörü, seviyelendirilmiş maliyet, sera gazı emisyonları, arazi ve su kullanımı gibi göstergeleri birlikte ele almakta ve bu göstergelerin bir arada kullanılmasının teknolojilerin göreli "kalitesine" dair daha bütüncül bir tablo sunduğunu belirtmektedir. Benzer biçimde, yaşam döngüsü sürdürülebilirlik değerlendirmelerine ilişkin güncel derlemeler, çevresel ve ekonomik göstergelerin yanında insan sağlığı ve güvenlik gibi sosyal göstergelerin de değerlendirme çerçevesine dâhil edildiğini göstermektedir. Böylece kaza riski, algılanan güvenlik ve toplumsal kabul gibi boyutların da teknoloji kıyasına yansıdığını ortaya koymaktadır (Al-Kuwari et al., 2025). Bu bağlamda, bu çalışmada enerji üretim kaynaklarının kıyaslanmasında küresel üretimdeki pay, enerji yoğunluğu, kapasite faktörü, LCOE, karbon ayak izi, arazi kullanımı, su kullanımı ve güvenlik parametrelerinin birlikte ele alınması; literatürde önerilen çok ölçütlü değerlendirme yaklaşımıyla uyumlu bir çerçeve sunmaktadır.

Tablo 2: Enerji üretim kaynaklarının kıyaslaması

Enerji Kaynağı	Küresel Elektrik Üretimindeki Payı (%)	Enerji Yoğunluğu (MJ/kg)	Kapasite Faktörü (%)	LCOE($/MWh)	Karbon Ayak İzi (tCO_2-eq/GWh)	Kara Kullanımı (m^2/MWh)	Su Kullanımı (L/MWh)	Güvenlik (Ölüm/TWh)
Kömür	34	24	50	70-170	820-1000	10-20	1500-2500	24.6
Doğalgaz	21	50-55	55-60	60-120	400-500	1	800-1500	2-3
Hidroelektrik	14	(yakıt yok, su potansiyeli)	35-45	35-90	20-40	10-20	15000-25000	1-2
Nükleer	9	3 900 000	85-92	130-200	5-15	0.2-0.5	1500-2500	0.03
Rüzgar	8	(yakıt yok, rüzgar akışı)	30-45	25-70	10-15	5-50	1-10	0.04
Güneş (PV)	7	(yakıt yok, ışınım)	20-30	25-80	40-60	10-25	5-20	0.02
Petrol	2	42-46	10	110-230	650-900	1	1500-2500	18-20
Biyoyakıtlar	3	16-21	50-60	70-150	80-230	(tarım alanları)	1500-3000	4-5
Diğer (jeotermal, gelgit vb.)	2	Kaynağa göre	50-80	60-140	20-80	1-10	1000-3000	Teknolojiye özgü

Tablo 2'de yer alan küresel elektrik üretimindeki pay ve kapasite faktörü değerleri International Energy Agency'nin son elektrik istatistikleri ile Ember'in küresel elektrik incelemelerinden (International Energy Agency [IEA], 2023a; Ember, 2024), enerji yoğunluğu değerleri yakıtlara ilişkin teknik veri tablolarından (World Nuclear Association, 2021), LCOE aralıkları Lazard'ın seviyelendirilmiş elektrik maliyeti çalışmasından (Lazard, 2023), karbon ayak izi değerleri IPCC'nin yaşam döngüsü sera gazı emisyon derlemelerinden (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC],2023), kara kullanımı ve ölüm/TWh verileri Our World in Data tarafından derlenen güncel veri setlerinden (Ritchie, 2022), su kullanımı değerleri ise enerji–su ilişkisine odaklanan karşılaştırmalı çalışmalardan ve kurumsal raporlardan (International Atomic Energy Agency [IAEA], 2020) alınmıştır.

Tablo2 de görülen sekiz parametre birlikte ele alındığında, kömür ve petrol hem çok yüksek yaşam döngüsü emisyonları hem de diğer kaynaklara kıyasla yüksek ölüm/TWh değerleri nedeniyle akıllı şehirlerin uzun vadeli enerji vizyonuyla açık biçimde çelişen seçenekler olarak değerlendirilebilir. Biyoyakıtlar ise nispeten daha düşük emisyon profiline sahip olmakla birlikte, yüksek arazi ve su kullanımı baskısı, geniş LCOE aralıkları ve ölüm/TWh değerlerinin yenilenebilir seçeneklerin üzerinde seyretmesi nedeniyle, daha çok atık yönetimi veya belirli sanayi süreçleri gibi alanlarda tamamlayıcı bir kaynak konumundadır.(Tablo 2)

Akıllı şehir bağlamında, rüzgâr ve güneş (PV), en uyumlu görünen kaynaklar arasında öne çıkmaktadır. Karbon ayak izi açısından en düşük değerleri sunmaları, ölüm/TWh bakımından tüm kaynaklar içinde en güvenli seçenekler arasında yer almaları ve yeni kurulumlar için LCOE düzeylerinin fosil yakıtlarla rekabetçi, hatta pek çok bağlamda daha avantajlı hâle gelmiş olması, bu iki kaynağı güçlü adaylar hâline getirmektedir. Öte yandan özellikle güneş ve kara rüzgârı uygulamalarında arazi kullanım baskısının artması ve kapasite faktörlerinin görece düşük olması, bu teknolojilerin yüksek oranlı entegrasyonunda enerji depolama çözümleri, esnek şebeke tasarımı ve talep tarafı yönetimi gibi destekleyici mekanizmaları gerekli kılmaktadır. Buna rağmen güvenlik, iklim etkisi ve maliyet boyutları birlikte değerlendirildiğinde, akıllı şehirlerin yeni elektrik talebinin önemli bir bölümünün rüzgâr ve güneş temelli sistemlerle karşılanmasının rasyonel bir tercih olduğu söylenebilir.

Hidroelektrik, çok düşük karbon ayak izi ve görece düşük LCOE avantajlarına karşın, yüksek su kullanımı ve önemli ekosistem etkileri ile karakterize dilmektedir. Bu durum hidroelektriği akıllı şehirler özelinde, mevcut potansiyelin dikkatli biçimde yönetilmesi gereken bir kaynak hâline getirmiştir. Uygun coğrafi koşullara sahip bölgelerde sınırlı yeni projeler ve mevcut tesislerin modernizasyonu, düşük karbonlu enerji karmasının önemli bir bileşeni olabilir ancak su stresi, sediman birikimi, biyoçeşitlilik kaybı ve yerinden edilme gibi etkiler, geniş ölçekli yeni hidro yatırımlarını sınırlayan başlıca faktörlerdir.

Nükleer enerji, çok ölçütlü değerlendirme perspektifinden bakıldığında kendine özgü bir profil sergilemektedir. Karbon ayak izi ve arazi kullanımı açısından en iyi performans gösteren kaynaklardan biri olması, yüksek enerji yoğunluğu ve yüksek kapasite faktörü ile birleştiğinde, nükleeri düşük karbonlu ve sürekli üretim sağlayabilen önemli bir seçenek hâline getirmektedir. Buna karşın LCOE düzeylerinin görece yüksek olması, yatırım ve inşaat sürelerinin uzunluğu, kaza durumunda etkilerin büyüklüğü ve radyoaktif atık yönetimi ile toplumsal kabul tartışmaları, nükleer enerjiyi her bağlamda kendiliğinden "birinci tercih" olmaktan uzaklaştırmaktadır. Ancak tam da bu özellikleri nedeniyle, özellikle büyük ve sürekli talep üreten kentsel sistemlerde düşük karbonlu enerji karmasının omurgasında yer alabilecek baz yük bileşeni olarak güçlü bir adaydır.

Doğalgaz, kömür ve petrole göre daha düşük karbon ayak izine ve görece yüksek kapasite faktörüne sahip olmakla birlikte, hâlen fosil bir yakıt olarak orta–yüksek emisyonlu bir profil çizmektedir. Ölüm/TWh değerinin kömürden anlamlı biçimde düşük olması, ancak nükleer ve yenilenebilir seçeneklerin üzerinde kalmasının yanı sıra ayrıca fiyat ve arz güvenliği açısından jeopolitik risklere açık olması, doğalgazın akıllı şehir bağlamında kalıcı bir temel kaynak olmaktan ziyade geçiş dönemi ve sistem esnekliği sağlayan köprü yakıtı olarak değerlendirilmesini daha tutarlı kılmaktadır.

Bu bulgular birlikte okunduğunda tablo 2, akıllı şehirler için tek bir "ideal enerji kaynağı"na işaret etmektense, düşük karbonlu, güvenli ve çok kaynaklı bir enerji karmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Buna göre akıllı şehirler için rasyonel görünen yaklaşım; temel üretim bileşeninde rüzgâr ve güneş enerjisinin, uygun coğrafyalarda hidroelektrik ve jeotermal gibi yerel kaynaklarla desteklendiği; sürekli ve yüksek kapasiteli üretim ihtiyacının ise düşük karbonlu nükleer santraller veya benzeri teknolojilerle karşılandığı bir yapıyı işaret etmektedir. Kısa ve orta vadede doğalgaz santralleri, enerji depolama teknolojileri ve talep tarafı yönetimiyle birlikte, bu yapının esnekliğini artıran geçici bileşenler olarak işlev görebilir. Biyoyakıt ve biyoenerji sistemleri ise daha çok yerel atık yönetimi ve belirli endüstriyel süreçler gibi alanlarda seçici ve kontrollü biçimde kullanılabilecek tamamlayıcı unsurlar olarak değerlendirilebilir. Böylece akıllı şehirler, hem iklim hedefleri ve çevresel sınırlar ile uyumlu, hem de güvenlik ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından daha dengeli bir enerji sistemine kavuşma imkânı bulacaktır.

4.SONUÇ

Bu çalışma, akıllı şehir tartışmalarını yalnızca dijital teknolojiler, sensör ağları ve veri odaklı yönetim pratiklerinin yanı sıra bu sistemlerin görünmeyen omurgası olan enerji paradigması üzerinden ele almayı amaçlamıştır. Geleneksel ve akıllı şehirler; yönetim ve altyapı, ulaşım, bina sistemleri, atık ve su yönetimi, halk katılımı ve şeffaflık, güvenlik ve acil durum yönetimi, iletişim altyapısı, ekonomik model ve çevresel sürdürülebilirlik boyutlarında karşılaştırılmış, bu dönüşümün ortak paydasının artan ve nitelik değiştiren enerji talebi olduğu ortaya konmuştur. Akıllı şehir vizyonu; gerçek zamanlı veri işleyen yönetim platformları, elektrikli ve paylaşımlı ulaşım sistemleri, yüksek performanslı ve otomasyon destekli binalar, akıllı su–atık altyapıları, kesintisiz iletişim ağları ve veri merkezleri ile birlikte düşünüldüğünde, güvenilir, esnek ve düşük karbonlu bir enerji sistemine duyulan ihtiyacın kentsel ölçekte ne kadar kritik olduğunu açıkça göstermektedir.

Alan çalışması kısmında Enerji üretim kaynakları bu çerçevede tarihsel ve teknolojik gelişim seyri içinde özetlenmiştir. İncelemelerin ardından küresel üretimdeki pay, enerji yoğunluğu, kapasite faktörü, LCOE, karbon ayak izi, kara kullanımı, su kullanımı ve güvenlik parametreleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, herhangi bir enerji teknolojisini yalnızca tek bir gösterge (örneğin maliyet ya da yalnızca emisyon değeri) üzerinden değerlendirmenin, sürdürülebilirlik ve risk boyutlarını göz ardı etme riski taşıdığını göstermektedir. Bu nedenle enerji üretim teknolojilerinin akıllı şehir bağlamında konumlandırılmasında, ekonomik, çevresel ve toplumsal boyutları birlikte ele alan bütüncül bir çerçeveye ihtiyaç olduğu teyit edilmiştir.

Tablo 2 nin ve yapılan değerlendirmelerin ortaya koyduğu temel bulgu, kömür ve petrol gibi yüksek karbonlu fosil yakıtların, hem yaşam döngüsü emisyonları hem de ölüm/TWh değerleri bakımından akıllı şehirler için sürdürülebilir bir seçenek olarak görülemeyeceğidir. Doğalgaz, nispeten daha düşük emisyon ve iyi kapasite faktörü sunmakla birlikte, hâlâ fosil bir kaynak olarak geçici bir köprü işlevi görebilecek uzun vadeli uzun vadeli enerji kullanım planı açısından ise payının azaltılması gereken bir bileşen olarak konumlanmaktadır.

Buna karşılık rüzgâr ve güneş enerjisi, düşük karbon ayak izi, yüksek güvenlik profili ve giderek düşen LCOE değerleriyle akıllı şehirlerin yeni elektrik talebini karşılamada öncelikli adaylar olarak öne çıkmaktadır. Hidroelektrik ve jeotermal gibi yerel kaynaklar, uygun coğrafi ve ekolojik koşullarda bu enerji kullanım planını destekleyen tamamlayıcı bileşenler olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte nükleer enerji yüksek enerji yoğunluğu, düşük karbon profili ve yüksek kapasite faktörü sayesinde düşük karbonlu baz yük üretiminde stratejik bir seçenek olarak anlam kazanmaktadır. Biyoyakıtlar ve biyoenerji sistemleri ise özellikle atık yönetimi ve belirli endüstriyel süreçler gibi alanlarda, arazi ve su kullanımı baskısı gözetilerek seçici biçimde kullanılabilecek tamamlayıcı araçlar olarak görülmelidir.

Bu bulgular ışığında çalışma, akıllı şehirler için tek bir ideal enerji kaynağına işaret etmek yerine, düşük karbonlu, güvenli, esnek ve ekonomik açıdan uygulanabilir çok kaynaklı bir enerji karmasının gerekliliğini vurgulamaktadır. Enerji politikalarının, kentsel planlama ve altyapı kararlarıyla eşgüdümlü biçimde ele alınması; rüzgâr ve güneşin öncülük ettiği yenilenebilir yatırımların, uygun bağlamlarda nükleer, hidroelektrik ve jeotermal ile desteklenmesi; geçiş döneminde doğalgazın kontrollü ve azalan bir rol üstlenmesi; depolama, akıllı şebekeler ve talep tarafı yönetimi gibi teknolojilerle bu yapının esnekliğinin artırılması, akıllı şehirlerin enerji geleceği açısından kritik adımlar olarak değerlendirilebilir. Çalışmanın sunduğu parametre seti ve karşılaştırma tablosu, farklı ülkeler ve kentler için senaryo üretimi, politika analizi ve tasarım kararlarının desteklenmesi amacıyla uyarlanabilir bir araç niteliği taşımaktadır. Bu çok yönlü kapsamıyla çalışma; mimarlık, mühendislik, maliye vb. farklı bilim dallarını çeşitli araştırma ve incelemeler ile bir araya getiren multi displiner yaklaşım sunmaktadır. İlerleyen çalışmalarda bu çerçevenin, belirli bir kent ya da bölge için ayrıntılı enerji modellemeleri, iklim hedefleriyle uyumlu yol haritaları ve mekânsal planlama senaryoları ile ilişkilendirilmesi, akıllı şehirlerde enerji paradigmasının uygulamaya dönük boyutlarını güçlendirecektir.

KAYNAKÇA

Acuto, M., Steenmans, K., & Ikeda, S. (2022). Governing cities for climate and sustainability: A global urban governance perspective. *Urban Studies, 59*(15), 3019–3036.

Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology, 22*(1), 3–21.

Alexander, D. (2021). Disaster and crisis preparedness. In W. R. Thompson (Ed.), *Oxford research encyclopedia of politics*. Oxford University Press.

Al-Kuwari, A., Kucukvar, M., Onat, N. C., Al-Yafei, H., & Al-Ansari, T. (2025). Life cycle sustainability assessment of electricity production technologies: A structured review and future research perspectives. *Energy Strategy Reviews, 62*, 101939.

Almulhim, A. I., & Yigitcanlar, T. (2025). Understanding smart governance of sustainable cities: A review and multidimensional framework. *Smart Cities, 8*(4), 113.

Anthopoulos, L. (2019). *Smart city emergence: Cases from around the world*. Elsevier.

Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society, 31*, 183–212.

Bulkeley, H., & Betsill, M. M. (2013). *Revisiting the urban politics of climate change: Global cities and climate governance* (2nd ed.). Routledge.

Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology, 18*(2), 65–82.

Cardullo, P., & Kitchin, R. (2019). Being a “citizen” in the smart city: Up and down the scaffold of smart citizen participation. *GeoJournal, 84*(1), 1–13.

Das, J., Ur Rehman, A., Verma, R., Gulen, G., & Young, M. H. (2024). Comparative life-cycle assessment of electricity-generation technologies: West Texas case study. *Energies, 17*(5), 992.

Ember. (2024). *Global electricity review 2024*. Ember.

Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13*(5), 1082–1088.

Farfán Chilicaus, G. C., Cruz Salinas, L. E., Silva León, P. M., Lizarzaburu Aguinaga, D. A., Vera Zelada, P., Vera Zelada, L. A., Luque Luque, E. O., Licapa Redolfo, R., & Ramos Farroñán, E. V. (2025). Circular economy and water sustainability: Systematic review of water management technologies and strategies (2018–2024). *Sustainability, 17*(14), 6544.

Fouquet, R. (2016). Historical energy transitions: Speed, prices and system transformation. *Energy Research & Social Science, 22*, 7–12.

Global Wind Energy Council. (2025). *Global wind report 2025*. GWEC.

Helmy, M., Elhoseny, M., El-Morshedy, M., & Abd El-Kader, M. F. (2024). Smart monitoring of waste bins and municipal solid waste collection using IoT and predictive modeling. *AIP Conference Proceedings, 3034*, 070006.

Hosseini, S. M., Aslani, A., & Kasaeian, A. (2022). Energy, water, and environmental impacts assessment of electricity generation in Iran. *Sustainable Energy Technologies and Assessments, 52*, 102193.

International Atomic Energy Agency. (2020). *Nuclear power and sustainable development*. IAEA.

International Energy Agency. (2019). *The future of hydrogen*. IEA.

International Energy Agency. (2021). *Renewables 2021: Analysis and forecast to 2026*. IEA.

International Energy Agency. (2022). *World energy outlook 2022*. IEA.

International Energy Agency. (2023a). *Electricity market report 2023*. IEA.

International Energy Agency. (2023b). *World energy outlook 2023*. IEA.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2011). *Special report on renewable energy sources and climate change mitigation*. Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. IPCC.

International Renewable Energy Agency. (2023a). *Renewable capacity statistics 2023*. IRENA.

International Renewable Energy Agency. (2023b). *World energy transitions outlook 2023*. IRENA.

Kabeyi, M. J. B., & Akanni, O. (2023). Dimensions of energy sustainability measurement. In *Proceedings of the 3rd Indian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, New Delhi, India, 2–4 November 2023*. IEOM Society International.

Kakwani, N. S., & Kalbar, P. P. (2020). Review of circular economy in urban water sector: Challenges and opportunities in India. *Journal of Environmental Management, 271*, 110973.

Kitchin, R. (2016). The ethics of smart cities and urban science. *Philosophical Transactions of the Royal Society A, 374*(2083), 20160115.

Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., & Bansal, R. C. (2017). A review of multi-criteria decision-making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69*, 596–609.

Lazard. (2023). *Levelized cost of energy analysis (Version 17.0)*. Lazard.

Lyons, G., Hammond, P., & Mackay, K. (2019). The importance of user perspectives in the evolution of Mobility as a Service. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 121*, 22–36.

Mardani, A., Jusoh, A., Zavadskas, E. K., et al. (2015). A review of multi-criteria decision-making applications in sustainable energy management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42*, 161–188.

Maxim, A. (2014). Sustainability assessment of electricity generation technologies using weighted multi-criteria decision analysis. *Energy Policy, 65*, 284–297.

Mearns, E., & Sornette, D. (2021). Comparing electricity generation technologies based on multiple criteria scores from an expert group. *arXiv*.

Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. *Cities, 38*, 25–36.

Nesmachnow, S., Rossit, D., & Moreno-Bernal, P. (2025). A literature review of recent advances on innovative computational tools for waste management in smart cities. *Urban Science, 9*(1), 16.

Newman, P., & Kenworthy, J. (2015). *The end of automobile dependence: How cities are moving beyond car-based planning*. Island Press.

Nieuwenhuijsen, M. J., Khreis, H., & Guerra, S. (2019). Transport and urban planning: Pathways to livable, healthy and sustainable cities. *Annual Review of Public Health, 40*, 363–381.

Onweh, C. C., Al-Habaibeh, A., & Manu, E. (2025). A review of energy efficiency strategies in smart buildings: Integrating occupant comfort, HVAC optimisation, and building automation. *Research and Reviews in Sustainability, 1*(1), Article 9.

Parag, Y., & Sovacool, B. K. (2016). Electricity market design for the prosumer era. *Nature Energy, 1*, 16032.

Pangbourne, K., Mladenović, M. N., Stead, D., & Milakis, D. (2020). Questioning mobility as a service: Unanticipated implications for society and governance. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 131*, 35–49.

Ritchie, H. (2022). What are the safest and cleanest sources of energy? *Our World in Data*.

Saleem, S., & Mehrotra, M. (2022). Emergent use of artificial intelligence and social media for disaster management. In M. Saraswat, S. Roy, C. Chowdhury, & A. H. Gandomi (Eds.), *Proceedings of International Conference on Data Science and Applications: ICDSA 2021* (Vol. 2, pp. 195–210). Springer.

Schneider, M., & Froggatt, A. (2023). *The World Nuclear Industry Status Report 2023*. Mycle Schneider Consulting.

Serrao-Neumann, S., Renouf, M. A., Morgan, E., & Kenway, S. J. (2019). Urban water metabolism information for planning water-sensitive city-regions. *Land Use Policy, 88*, 104102.

Sharma, S., & Basu, R. (2022). Smart technologies for disaster risk reduction: Opportunities and challenges. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 75*, 102990.

Smil, V. (2017). *Energy and civilization: A history*. MIT Press.

Tan, S. Y., & Taeihagh, A. (2020). Smart city governance in developing countries: A systematic literature review. *Sustainability, 12*(3), 899.

Tesfay, A. T., Assefa, T. T., & Gebremariam, E. T. (2024). Analyzing urban water metabolism of Adama city using water mass balance method for advancing water-sensitive interventions. *Frontiers in Water, 6*, 1427788.

UN-Habitat. (2020). *World cities report 2020: The value of sustainable urbanization*. UN-Habitat.

UN-Habitat. (2022). *World cities report 2022: Envisaging the future of cities*. UN-Habitat.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2019). *World urbanization prospects 2018: Highlights*. United Nations.

United Nations Environment Programme, & Global Alliance for Buildings and Construction. (2021). *2021 global status report for buildings and construction*. UNEP.

van Dijk, J. (2020). *The digital divide* (3rd ed.). Polity Press.

Valle-Cruz, D., Criado, J. I., Sandoval-Almazán, R., & Ruvalcaba-Gómez, E. A. (2020). Assessing the public policy-cycle framework in the age of artificial intelligence: From agenda-setting to policy evaluation. *Government Information Quarterly, 37*(4), 101509.

World Bank. (2012). *World development indicators 2012*. World Bank.

World Bank. (2020). *World development report 2020: Trading for development in the age of global value chains*. World Bank.

World Nuclear Association. (2021). *World nuclear performance report 2021*. World Nuclear Association.

World Nuclear Association. (2023). *Nuclear power in the world today*. World Nuclear Association.

Zhai, H., & Rubin, E. S. (2015). Water impacts of a low-carbon electric power future: Assessment methodology and status. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports, 2*(1), 1–9

MAKİNE ÖĞRENMESİ VE AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKÂ İLE DİJİTAL BECERİ DÜZEYLERİNİN KESTİRİMİ: TÜİK'IN 2024 BT KULLANIM MİKRO VERİLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Dr. Öğr. Üyesi Emre KILINÇ
Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Patnos Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü
ORCID: 0000-0002-5250-9322

Öğr. Gör. Tolga TUNÇEL
Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Patnos Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü
ORCID: 0000-0002-7427-2071

ÖZET

Dijital beceriler, bireylerin sosyal yaşama katılımı, ekonomik fırsatlara erişimi ve kamusal hizmetlerden yararlanması açısından günümüzde temel bir gereklilik haline gelmiştir. Hizmetlerin, iletişimin ve çalışma biçimlerinin giderek daha fazla dijital ortamlara taşınması, dijital teknolojileri etkin şekilde kullanamayan bireyler için eşitsizlik alanı yaratmaktadır. Bu nedenle, bireylerin dijital beceri düzeylerini anlamak ve öngörmek ulusal ve uluslararası araştırmalarda önemli bir öncelik haline gelmiştir. Bununla birlikte, pek çok ülke dijital erişim ve kullanım verilerini anketlerle toplasa da, bu mikro verileri kullanarak düşük dijital yetkinlik gösteren grupları tespit eden kestirim modelleri oldukça sınırlıdır. Bu çalışma, bu boşluğu doldurmak amacıyla Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından sağlanan Türkiye'nin 2024 Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması (HBTKA 2024) verileri üzerinde makine öğrenmesi ve açıklanabilir yapay zekâ (XAI) yöntemlerini uygulayarak dijital beceri düzeylerinin tahmin edilmesini amaçlamaktadır.

Çalışmada ilk olarak internet etkinlikleri, e-ticaret işlemleri, e-devlet kullanımları ve akıllı cihaz etkileşimleri gibi geniş bir davranış göstergesi seti kullanılarak Dijital Beceri Skoru (DBS) oluşturulmuştur. Bu göstergeler; bireylerin operasyonel, bilgi yönetimi, iletişim ve problem çözme gibi farklı dijital yetkinlik alanlarındaki davranışlarını temsil eden ölçütler olarak ele alınmıştır. DBS, normalize edildikten sonra üç seviyeye (Düşük, Orta, Yüksek) ayrılmış ve regresyon ile sınıflandırma modelleri için hedef değişken olarak kullanılmıştır. Skorun hesaplanmasında kullanılan davranış değişkenleri çıkarıldıktan sonra demografik, sosyoekonomik, cihaz sahipliği ve genel BT kullanım alışkanlıklarını içeren zengin bir özellik seti model eğitimine dâhil edilmiştir. Doğrusal olmayan yapıya sahip anket verileri üzerinde sağladıkları istikrar nedeniyle Rastgele Orman (RF) algoritmaları tercih edilmiştir.

Sonuçlar, yalnızca davranış dışı değişkenler kullanılarak dijital beceri seviyelerinin yüksek bir doğrulukla tahmin edilebildiğini göstermektedir. Hem regresyon hem de sınıflandırma modelleri, test setinde güçlü genelleme performansı sergilemiş, demografi ve bağlantı altyapısına ilişkin göstergelerin dijital yetkinlik üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Çalışmanın metodolojik katkısı, makine öğrenmesi modellerinin SHAP gibi XAI yaklaşımları ile birlikte kullanılmasıdır. Bu açıklayıcı analizler, dijital beceri düzeylerini şekillendiren temel faktörleri görünür kılarak dijital kapsayıcılık politikaları için eyleme geçirilebilir bulgular sunmaktadır. Genel olarak bu çalışma, dijital beceri eşitsizliklerinin izlenmesi ve düşük yetkinlik riski taşıyan grupların belirlenmesi için ölçeklenebilir, şeffaf ve politika odaklı bir yöntem önermektedir.

Anahtar kelimeler: Dijital Beceriler, Makine Öğrenmesi, Açıklanabilir Yapay Zekâ, BT Kullanım Araştırması.

PREDICTING DIGITAL SKILL LEVELS USING MACHINE LEARNING AND EXPLAINABLE AI: EVIDENCE FROM TURKSTAT'S 2024 ICT USAGE MICRODATA

ABSTRACT

Digital skills have become a fundamental requirement for individuals' participation in social life, access to economic opportunities, and utilization of public services. As services, communication, and work practices increasingly shift toward digital environments, an area of inequality emerges for individuals who cannot use digital technologies effectively. For this reason, understanding and predicting individuals' digital skill levels has become an important priority in national and international research. However, although many countries collect data on digital access and usage through surveys, predictive models that identify groups exhibiting low digital competence using such microdata remain quite limited. This study aims to address this gap by estimating digital skill levels through the application of machine learning and explainable artificial intelligence (XAI) methods on the 2024 Household Information Technologies Usage Survey (HBTKA 2024) dataset provided by the Turkish Statistical Institute (TÜİK).

In the study, a Digital Skill Score (DSS) was first constructed using a broad set of behavioral indicators, including internet activities, e-commerce transactions, e-government usage, and smart-device interactions. These indicators were treated as measures representing individuals' behaviors across different domains of digital competence, such as operational skills, information management, communication, and problem-solving. After normalization, the DSS was categorized into three levels (Low, Medium, High) and used as the target variable for regression and classification models. Once the behavioral variables used in score construction were removed, a rich feature set consisting of demographic, socioeconomic, device-ownership, and general ICT-usage characteristics was included in model training. Random Forest (RF) algorithms were preferred due to their stability when applied to survey data with nonlinear structures.

The results demonstrate that digital skill levels can be predicted with high accuracy using only non-behavioral variables. Both regression and classification models exhibited strong generalization performance on the test set, revealing that demographic and connectivity-related indicators play a decisive role in digital competence. The methodological contribution of this study lies in the integration of machine learning models with XAI approaches such as SHAP. These explanatory analyses make the fundamental factors shaping digital skill levels visible, offering actionable insights for digital inclusion policies. Overall, this study proposes a scalable, transparent, and policy-oriented method for monitoring digital skill inequalities and identifying groups at risk of low digital competence.

Keywords: Digital Skills, Machine Learning, Explainable AI (XAI), ICT Usage Survey.

INTRODUCTION

Digital skills are now essential for participation in modern societies, shaping how individuals access information, engage civically, and benefit from online services (Allmann & Blank, 2021). As digital transformation accelerates, gaps in digital competence have become key drivers of social inequality, affecting employment, welfare access, and education (Alexopoulou et al., 2022). These disparities extend beyond connectivity to include differences in digital literacy, online engagement, and confidence with digital tasks (Chohan & Hu, 2022), underscoring the need to better understand and model digital skill inequalities.

Existing measurement approaches, however, are limited. Many rely on small samples or self-reported competency scales that do not capture actual behavior or generalize nationally (Chen et al., 2023). National-level studies remain largely descriptive and rarely predictive, restricting policymakers' ability to identify vulnerable groups in advance (Hidalgo et al., 2020; Wisal Hashim Abdulalsalam et al., 2025). Although socioeconomic factors such as age, education, income, and occupation strongly influence digital competence, few studies apply machine learning methods capable of modelling complex nonlinear relationships (Park & Feng, 2023).

Recent work shows the promise of machine learning and explainable AI for predicting ICT use, information literacy, and digital competence (Liu & Dai, 2025), yet applications at the national scale remain uncommon (Rajagukguk et al., 2024). Many assessments depend on mobile-app traces rather than survey-based measures (Carbo-Valverde et al., 2020), and hybrid survey–behavioral frameworks are still limited to a few contexts (Chen et al., 2023).

This study addresses these gaps by developing a machine learning–based framework for predicting digital skill levels using Türkiye's nationally representative 2024 HBTKA dataset from TurkStat. The dataset includes rich indicators on internet use, e-government, e-commerce, smart devices, and demographic and socioeconomic characteristics (Oztaskin et al., 2024). We construct a behavioral Digital Skill Score (DSS) and then remove all behavioral items from the predictive feature set to avoid leakage, enabling models based solely on demographic, socioeconomic, and ICT-access variables (Başaran, 2024). This allows us to test whether structural characteristics alone can explain digital competence.

Random Forest models estimate both continuous and categorical skill levels, building on evidence of strong performance of tree-based methods in digital divide research (Hidalgo et al., 2020). SHAP-based explainable AI is used to identify key predictors and enhance transparency (Van Kessel et al., 2022), revealing the influence of age, education, device ownership, and internet-access type (Afzal et al., 2023).

Overall, this study advances digital skills research by providing a national-scale, ML- and XAI-driven predictive framework rather than a descriptive analysis (Van Deursen et al., 2016). Using official microdata and an interpretable modelling pipeline, it offers policymakers a scalable evidence base for tracking digital inequalities, identifying at-risk groups, and guiding digital inclusion strategies (Nosratabadi et al., 2023; Zhou et al., 2025).

MATERIAL AND METHODS

Material

This study uses microdata from Türkiye's 2024 Household Information Technologies Usage Survey (HBTKA 2024), obtained from the Turkish Statistical Institute (TurkStat) under Request No: 519207. The dataset provides nationally representative information on ICT access, digital behaviors, and demographic and socioeconomic characteristics. Three files were used: an individual-level dataset (26,273 respondents, 158 variables), a household-level dataset (income, device ownership, internet type), and the variable dictionary. These materials supported the categorization of survey items and the selection of behavioral indicators for constructing the Digital Skill Score (DSS), forming a comprehensive foundation for machine learning–based estimation of digital skill levels.

Methods

The methodological pipeline includes four steps: constructing the Digital Skill Score (DSS), preprocessing features, developing regression and classification models, and applying explainable AI (XAI). The DSS was formed by summing behavioral indicators of internet, e-commerce, e-government, and smart-device activities, normalized to 0–100, and grouped into Low, Medium, and High categories using the 33rd and 66th percentiles. All DSS-related behavioral items were removed from the predictors to prevent leakage.

The remaining demographic, socioeconomic, household, and ICT-access variables were encoded and imputed, producing a final dataset of 99 predictors and 26,273 observations, split 80/20 with stratification. Random Forest regression and classification models were trained and evaluated using R^2/MSE and Accuracy, Precision, Recall, F1-score, and Confusion Matrix, respectively. SHAP explainability was then applied to both models to quantify feature contributions and identify the key drivers of digital skill levels.

RESULTS

Digital Skill Score (DSS) Construction and Machine Learning Modeling

Since the dataset contains a broad set of behavioral items reflecting what individuals actually do online, these observable actions were used as proxies for operational, informational, communicative, and problem-solving aspects of digital skills. Four major groups of activity variables were identified from the survey structure as in Table 1.

Table 1. Activity variables included in DSS construction.

Variable Group	Prefix	Count	Description
Internet Activity	INT_ACTIVITY_*	26	Email, messaging, social participation, browsing, media consumption, education, health, banking, etc.
E-commerce Activity	ECOMMERCE_TYPE_*	15	Online shopping categories covering consumer goods and services.
E-government Usage	EGOV_REQUEST_*	3	Digital interaction with public services (excluding "HIC" non-use reasons).
Smart Device / IoT Activities	IoT_INT_*	11	Use of smart home devices, wearables, assistive systems, entertainment hardware.
Total	—	**55**	**Behavioral indicators contributing to the DSS score.**

As shown in Table 1, the dataset contained 26 internet activity items, 15 e-commerce items, 3 e-government usage items, and 11 IoT-related indicators, offering a rich behavioral basis for constructing a composite score. All activity variables were binarized and summed to produce the raw Digital Skill Score (DSS_raw), which ranged from 0 to 103 with a mean of 63.51 (SD = 28.71). The quartile values (62 at the 25th percentile, 68 at the median, and 85 at the 75th percentile) indicate substantial variation in digital engagement. For clearer interpretation, DSS_raw was normalized to a 0–100 scale (DSS_norm), as illustrated in Figure 1.

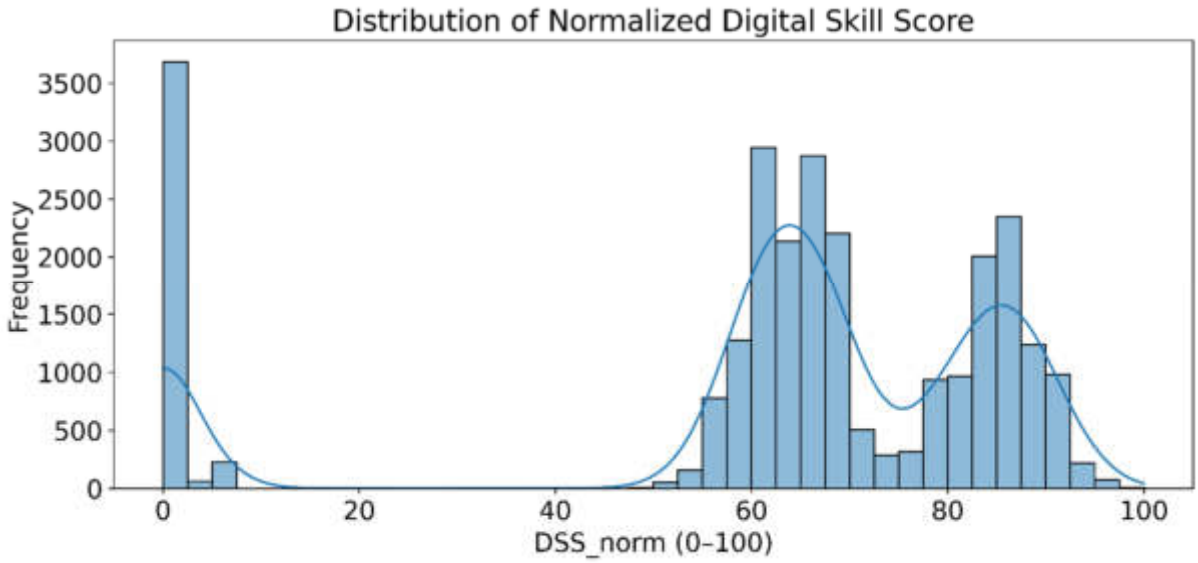


Figure 1. Distribution of normalized Digital Skill Score (DSS_norm).

As can be seen in Figure 1, the normalized distribution preserved the same general structure (mean = 61.66; SD = 27.88), with the lowest-performing individuals scoring near 0 and the highest reaching 100. The normalized distribution of DSS scores are given in Table 2.

Table 2. Summary statistics for normalized Digital Skill Score (DSS_norm).

Skill Level	**Count**	**Percentage**
Low	9,185	35.0%
Medium	8,314	31.7%
High	8,774	33.4%
Total	26,273	100%

As shown in Table 2, DSS categories were defined using the 33rd and 66th percentiles, producing a balanced distribution of Low (n = 9,185), Medium (n = 8,314), and High (n = 8,774) groups—an advantageous structure for stable machine learning. A Random Forest regressor was then trained to estimate continuous DSS_norm values using only demographic, socioeconomic, ICT-access, and household-level features, with all behavioral items removed to prevent information leakage. The model was evaluated on a 20% held-out test set to assess generalization, and the alignment between predicted and actual scores is shown in Figure 2.

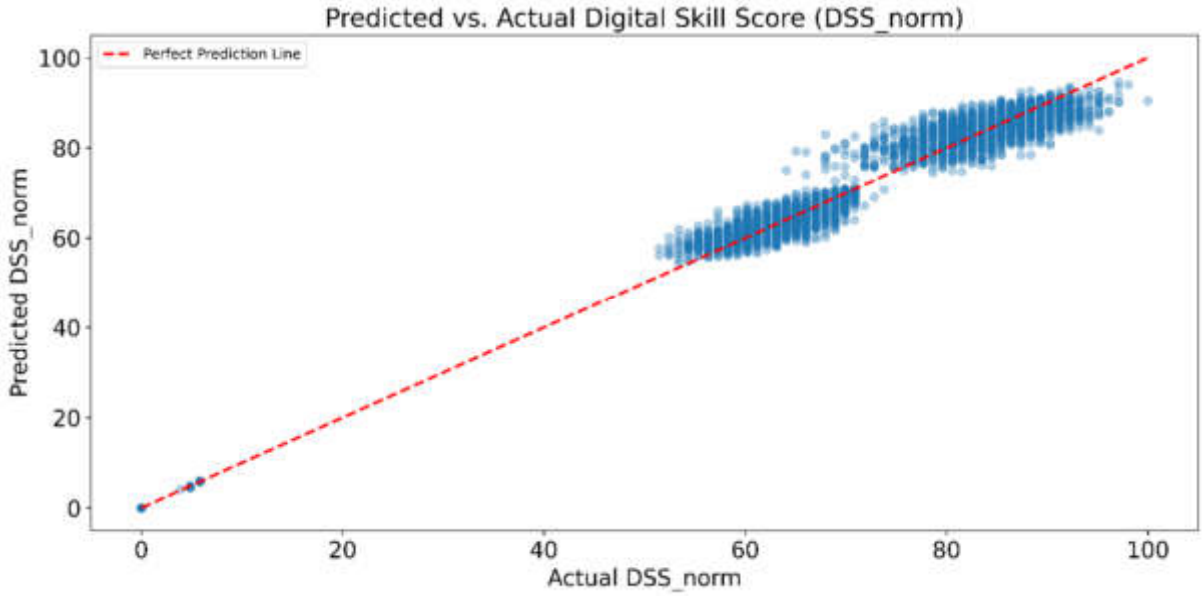


Figure 2. Scatterplot of predicted vs. actual Digital Skill Scores, produced by the Random Forest regressor model.

The regression model shows strong predictive performance, with an R^2 of 0.90 and a low MSE of 5.15, indicating that structural factors—such as age, education, employment status, income proxies, ICT access, and household device infrastructure—explain most of the variation in digital skill levels. These results demonstrate that digital competence, typically assessed through behavioral indicators, can be reliably inferred from non-behavioral attributes, consistent with research highlighting the influence of demographic and socioeconomic factors. The close match between predicted and observed scores confirms that the model captures stable, generalizable patterns rather than overfitting.

Using the same structural feature set, a Random Forest classifier was then trained to categorize individuals into Low, Medium, and High skill groups. The model was trained on 80% of the data and evaluated on the remaining 20% (n = 5,255) with stratified sampling to maintain class balance. The resulting confusion matrix is shown in Figure 3.

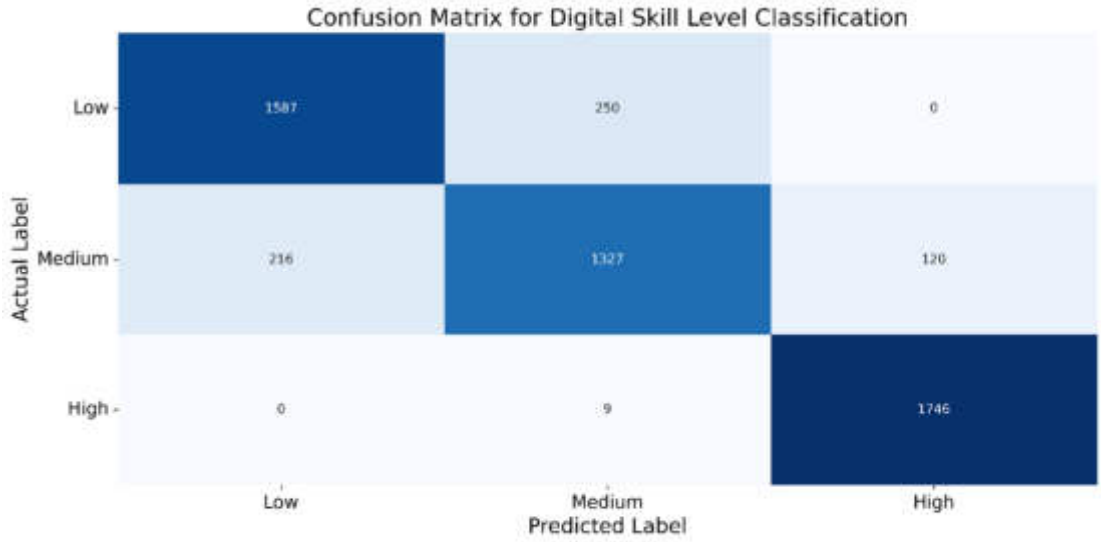


Figure 3. Confusion matrix for Digital Skill Level classification using Random Forest classifier.

The confusion matrix in Figure 3 shows strong diagonal dominance, indicating correct classifications across all three skill levels. The model identifies High-skill individuals with near-perfect accuracy, while distinguishing between Low and Medium skill levels shows moderate confusion—consistent with their closer behavioral and demographic profiles. The most common misclassification is Medium to Low or Medium to High, reflecting expected overlap in the middle of the skill distribution. The performance of Random Forest classifier is given in Table 3.

Table 3. Performance metrics of the Random Forest classifier for predicting Low, Medium, and High digital skill levels.

Class	Precision	Recall	F1-score	Accuracy
Low	0.8802	0.8639	0.8720	0.9113
Medium	0.8367	0.7980	0.8169	0.8868
High	0.9357	0.9949	0.9644	0.9755

As shown in Table 3, the classifier achieves 89% accuracy, indicating strong predictive power from non-behavioral attributes alone. High-skill individuals are detected with very high precision and recall, and the Low group also performs well (F1 = 0.87), showing that indicators such as age, education, and ICT access reliably signal digital disadvantage. Misclassification is highest in the Medium group due to its overlap with adjacent categories. Overall, the results demonstrate that digital skill levels can be effectively inferred without behavioral data, enabling scalable identification of vulnerable groups.

Explainable AI (SHAP) Interpretation

To enhance interpretability, SHAP (SHapley Additive exPlanations) was applied to estimate the contribution of each grouped feature category to DSS_norm. SHAP provides an additive, model-agnostic framework that clarifies how individual inputs shape predictions. Aggregated SHAP values yielded global importance rankings, highlighting the structural factors most strongly influencing digital skills in Türkiye. Grouping related variables instead of examining hundreds of individual items produced clearer and more policy-relevant insights.

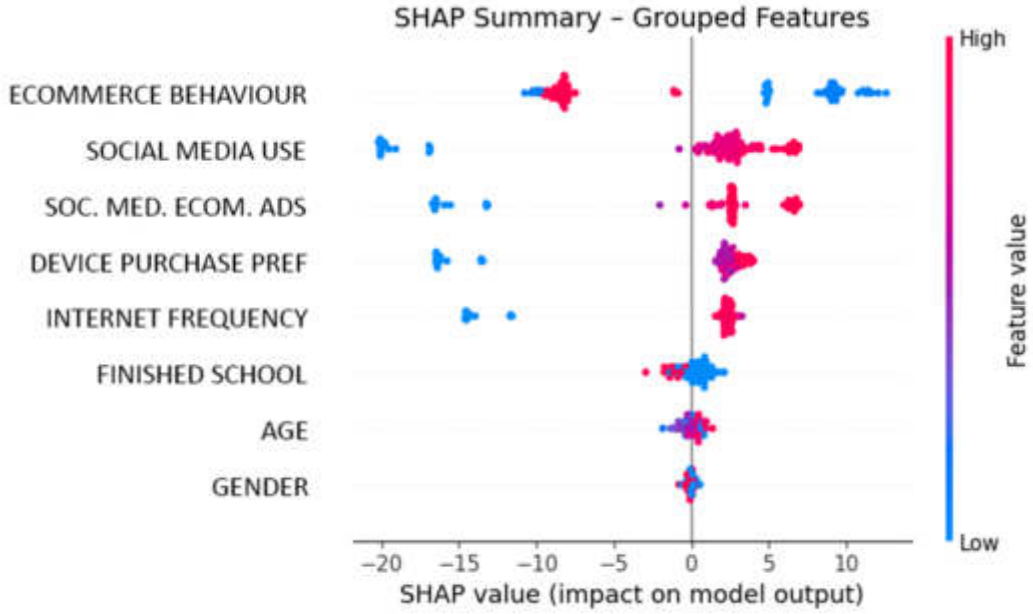


Figure 4. SHAP summary plot for grouped predictors.

The SHAP summary plot shows that e-commerce behaviour and social media usage are the strongest predictors of digital skill variation. Individuals who recently engaged in online shopping or who use multiple social media platforms consistently receive higher predicted skill scores. Demographic factors also follow clear trends: older age reduces predicted competence, while higher educational attainment increases it. Internet-use frequency provides a moderate but steady positive contribution, reflecting its role in reinforcing digital familiarity.

Device-purchase preferences—such as valuing hardware specifications or energy efficiency—have smaller but meaningful effects, suggesting that individuals who pay attention to technical features tend to display higher digital competence. Overall, the SHAP results indicate that digital skill levels are shaped by a combination of behavioural, demographic, and attitudinal factors, with behavioural engagement emerging as the dominant driver.

The grouped variables used in the SHAP analysis encompass several behavioural and demographic dimensions. The E-commerce Behaviour group includes indicators such as whether the individual recently purchased or ordered goods or services online, as well as whether they encountered e-commerce–related social-media advertisements concerning insurance or policy products, banking or financial services, and installment or promissory-note offers. Device Purchase Preferences capture the criteria individuals consider important when acquiring a digital device, including price, brand or design, hardware or technical specifications, extended warranty options, energy efficiency, trade-in or buy-back possibilities, other unspecified characteristics, or having no specific preference at all. The Social Media Use group reflects whether the individual uses major platforms such as WhatsApp, Instagram, YouTube, Facebook, Twitter/X, Telegram, TikTok, Snapchat, BiP, or any other social-media or messaging applications. A related group, Social-Media E-commerce Advertising, records exposure to online shopping advertisements across the domains of insurance, banking, and installment offers. Internet Use Frequency indicates how often the individual used the internet during the last three months. Finally, the Demographic group contains the participant's education level, age, and gender. Together, these variables form a comprehensive multidimensional structure capturing behavioural engagement, device-related preferences, online exposure patterns, and core demographic characteristics.

Aggregating related indicators—such as e-commerce behaviour, device preferences, and social media use—substantially enhances interpretability by allowing SHAP results to be understood at a behavioural or demographic level rather than through dozens of individual items. Each group represents a distinct dimension of digital engagement or user characteristics, aligning with established digital literacy frameworks that view digital competence as a multidimensional construct shaped by behavioural, motivational, and structural factors.

CONCLUSION

This study introduces a scalable and transparent framework for predicting digital skill levels using TurkStat's 2024 ICT Usage microdata. By constructing a behavioural Digital Skill Score (DSS) and modelling it solely with demographic, socioeconomic, and ICT-access variables, we demonstrate that national digital competence can be reliably estimated even in the absence of detailed behavioural logs—shifting the field from descriptive assessments toward predictive, data-driven analysis. Supported by SHAP-based explainability, the models identified age, education, device infrastructure, internet-use frequency, and online engagement as the most influential determinants. Grouping variables into conceptual categories further improved interpretability and offered clear, policy-relevant insights for identifying digitally vulnerable groups.

Several limitations should be noted: the DSS relies on self-reported behaviours rather than task-based assessments; the cross-sectional nature of the dataset prevents causal inference; and household-level or spatial factors were only partially incorporated. Future work may leverage longitudinal data, behavioural trace indicators, hybrid modelling approaches, and regionally disaggregated analyses to generate more granular and dynamic estimates.
Overall, the results show that combining machine learning with explainable AI provides a robust and interpretable foundation for monitoring digital skill disparities and supporting evidence-based digital inclusion strategies in Türkiye.

ACKNOWLEDGEMENTS

Artificial intelligence tools were used solely for language refinement and improving academic readability; all study design decisions, data processing, analyses, and results are entirely the work and responsibility of the authors.

REFERENCES

Afzal, A., Khan, S., Daud, S., Ahmad, Z., & Butt, A. (2023). Addressing the Digital Divide: Access and Use of Technology in Education. *Journal of Social Sciences Review*, *3*(2), 883–895. https://doi.org/10.54183/jssr.v3i2.326

Alexopoulou, S., Åström, J., & Karlsson, M. (2022). The grey digital divide and welfare state regimes: A comparative study of European countries. *Information Technology & People*, *35*(8), 273–291. https://doi.org/10.1108/ITP-11-2020-0803

Allmann, K., & Blank, G. (2021). Rethinking digital skills in the era of compulsory computing: Methods, measurement, policy and theory. *Information, Communication & Society*, *24*(5), 633–648. https://doi.org/10.1080/1369118X.2021.1874475

Başaran, B. (2024). Determining the factors affecting the ICT use of Turkish students attending PISA-2018: Multilevel profile analysis approach. *Education and Information Technologies*, *29*(14), 18533–18560. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12539-9

Carbo-Valverde, S., Cuadros-Solas, P., & Rodríguez-Fernández, F. (2020). A machine learning approach to the digitalization of bank customers: Evidence from random and causal forests. *PLOS ONE*, *15*(10), e0240362. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240362

Chen, X., Chen, Z., Lin, L., Yan, H., Huang, Z., & Huang, Z. (2023). A Deep Learning-Based National Digital Literacy Assessment Framework Utilizing Mobile Big Data and Survey Data. *IEEE Access*, *11*, 108658–108679. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3321831

Chohan, S. R., & Hu, G. (2022). Strengthening digital inclusion through e-government: Cohesive ICT training programs to intensify digital competency. *Information Technology for Development*, *28*(1), 16–38. https://doi.org/10.1080/02681102.2020.1841713

Hidalgo, A., Gabaly, S., Morales-Alonso, G., & Urueña, A. (2020). The digital divide in light of sustainable development: An approach through advanced machine learning techniques. *Technological Forecasting and Social Change*, *150*, 119754. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119754

Liu, L., & Dai, R. (2025). *Explainable AI for Predicting and Understanding Mathematics Achievement: A Cross-National Analysis of PISA 2018* (Version 1). arXiv. https://doi.org/10.48550/ARXIV.2508.16747

Nosratabadi, S., Atobishi, T., & Hegedűs, S. (2023). Social Sustainability of Digital Transformation: Empirical Evidence from EU-27 Countries. *Administrative Sciences*, *13*(5), 126. https://doi.org/10.3390/admsci13050126

Oztaskin, H. S., Iyit, N., & Alkan, O. (2024). Citizen attitudes towards e-government services during the COVID-19 pandemic: A case in Türkiye. *Heliyon*, *10*(15), e35041. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35041

Park, J. R., & Feng, Y. (2023). Trajectory tracking of changes digital divide prediction factors in the elderly through machine learning. *PLOS ONE*, *18*(2), e0281291. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281291

Rajagukguk, W., Adolf, B. H., & Medyawanti, P. (2024). Demographic and Socioeconomic Determinants Affecting Uses of the Internet in Indonesia. *Population and Economics*, *8*(2), 82–96. https://doi.org/10.3897/popecon.8.e108914

Van Deursen, A. J. A. M., Helsper, E. J., & Eynon, R. (2016). Development and validation of the Internet Skills Scale (ISS). *Information, Communication & Society*, *19*(6), 804–823. https://doi.org/10.1080/1369118X.2015.1078834

Van Kessel, R., Wong, B. L. H., Rubinić, I., O'Nuallain, E., & Czabanowska, K. (2022). Is Europe prepared to go digital? Making the case for developing digital capacity: An exploratory analysis of Eurostat survey data. *PLOS Digital Health*, *1*(2), e0000013. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000013

Wisal Hashim Abdulalsalam, Zainab H. Ibrahim, Ban H. Majeed, & ALRikabi, H. TH. S. (2025). Utilizing Machine Learning Techniques to Predict University Students' Digital Competence. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, *15*(3), 75–91. https://doi.org/10.3991/ijep.v15i3.54943

Zhou, L., Peng, Y., & Xia, Q. (2025). The impact of digital skills on the mental health of rural residents: From the perspective of happiness. *Frontiers in Psychology*, *16*, 1471488. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1471488

BIOSECURITY IN SMALLHOLDER AQUACULTURE: A KAP-BASED ASSESSMENT OF FARMER PERCEPTIONS AND PRACTICES

Mohammad Miraj
Department of Fisheries and Marine Bioscience

Introduction

Aquaculture is a fast-expanding industry that has a major impact on rural economies, livelihoods, nutrition and food security worldwide. Bangladesh ranked fifth among the world's leading aquaculture producers with 2583.9 thousand MT of aquaculture animal production in 2022(*FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquacultur... - Google Scholar*, n.d.; Samanta Chandan & Roy, 2024). However, the emergence of aquatic animal diseases, which are mostly caused by inadequate biosecurity procedures, is posing a growing threat to its viability. The term "biosecurity" refers to a broad range of laws and policies developed to safeguard people, food, agriculture, and the environment against biological threats that could endanger innovations, standards, and practices used to protect pathogens, poisons, and sensitive technologies from unauthorized access, misuse, theft, or intentional emissions(Khalil et al., 2018). In aquaculture, biosecurity refers to methods that reduce the possibility of bringing in an infectious disease and allowing it to spread to the animals housed there as well as the possibility that diseased animals or infectious agents may escape from a facility and infect other susceptible species(Khalil et al., 2018). In addition to lowering disease outbreaks and guaranteeing food safety and sustainability, it is essential for preserving animal health.

Due to a lack of funding, low knowledge, and inadequate training, biosecurity is frequently under- practiced in smallholder settings, especially in developing nations like Bangladesh. Aquaculture production in these areas is mostly centered on smallholder farmers, but little is known about their biosecurity-related knowledge, attitudes, and practices (KAP). It is essential to comprehend these components in order to create treatments and policies that work.

Problem statements

Even though aquaculture is becoming more and more important, particularly in areas like Southwest Bangladesh, small-scale farmers frequently do not fully adopt biosecurity measures because of attitudes, knowledge, and practice gaps. Research has indicated that although some farmers are cognizant of the idea, real implementation is hindered by misunderstandings and pragmatic limitations. It is difficult to create efficient extension services and policies since there is a lack of localized data on farmers' Knowledge, Attitudes, and Practices (KAP).

Despite having information of biosecurity, farmers are unable to implement it due to a lack of institutional assistance, such as training, inexpensive inputs, and veterinary services. This leads to low productivity, persistent illness outbreaks, poor compliance, and financial difficulties. It is impossible to create long-lasting advances in biosecurity without addressing these systemic challenges.

Significance of the Study

- Biosecurity lapses in smallholder aquaculture seriously threaten fish health, livelihoods, and food security, especially in vulnerable regions like Southwest Bangladesh.
- This study aims to generate evidence-based insights into the Knowledge, Attitudes, and Practices (KAP) of small-scale fish farmers regarding biosecurity.
- Understanding these factors is key to crafting realistic and effective interventions aligned with farmers' actual conditions and perspectives.

The results will help NGOs and extension agencies detect training and communication needs, and they will help policymakers create context-specific biosecurity standards for smallholder aquaculture. They will also help aquaculture programs develop long-term plans for managing diseases. Furthermore, the study will help small-scale aquaculture systems become more resilient, decrease economic losses due to disease, and improve governance of aquatic animal health.

Objectives of the Study

This study's general objective is to use the KAP (Knowledge, Attitudes, Practices) paradigm to evaluate smallholder aquaculture farmers' biosecurity knowledge and practices.

The specific objectives are:

✓ To evaluate smallholder aquaculture farmers' awareness of disease prevention and biosecurity practices.

✓ To assess the attitudes and perceptions of farmers toward biosecurity and its importance in aquaculture health management.

✓ To identify the current training prerequisites and gaps required to enhance the adoption of biosecurity and minimize the risk of disease in small-scale aquaculture systems.

✓ To analyze actual biosecurity practices implemented by smallholder farmers in their day- to-day operations.

Research Questions

? What is the current level of knowledge, attitudes, and practices (KAP) of smallholder aquaculture farmers regarding biosecurity?

? What variables affect smallholder aquaculture producers' adoption of biosecurity measures?

? Are there noteworthy connections between biosecurity compliance and knowledge, attitudes, and practices?

? What are the gaps and obstacles that prevent biosecurity measures from being implemented effectively?

Methodology

Survey and Interview Methodologies

This study uses a structured questionnaire based on the KAP (Knowledge, Attitudes, and Practices) model, following the WHO KAP Survey Guide (2021)(Advocacy, Communication, & Social Mobilization (ACSM) for Tuberculosis Control : A Handbook for Country Programmes, 2007), to assess smallholder aquaculture farmers' understanding and practices around biosecurity. It covers key areas such as disease transmission, the perceived importance of biosecurity, and current preventive measures. The questionnaire was pilot-tested with 10–15 farmers to ensure clarity and was administered face-to-face in Bangla by trained enumerators to accommodate varying literacy levels and maintain data quality. Additionally, semi-structured key informant interviews (KIIs) with stakeholders like extension officers, NGO staff, hatchery operators, and veterinary professionals added qualitative insights into broader biosecurity-related challenges.

Observation of Farm Infrastructure and Biosecurity Practices

This study's observational component validates self-reported biosecurity practices by directly assessing conditions on smallholder aquaculture farms. Using a standardized checklist based on FAO Biosecurity Guidelines (2021)(National Farmed Animal Biosecurity Strategy (2021-2024) | FAOLEX, n.d.), trained observers systematically document key infrastructure elements—like fencing, water source protection, and barriers—along with practices such as quarantine and disinfection. Observations are recorded in real time, with photos added when appropriate, to ensure accuracy. This approach reveals gaps between reported and actual practices and offers practical insights into the infrastructural and operational challenges farmers face in implementing effective biosecurity.

Sampling Strategy and Participant Selection

This study used purposive sampling to efficiently target smallholder aquaculture farmers most affected by biosecurity challenges. Participants were intentionally selected from Khulna, Bagerhat, and Satkhira districts—pond-farming hubs—to reflect diverse demographics, including age, education, gender (with a focus on women's involvement), and farm operations. Eligibility required active management of family-run ponds under one hectare, culturing species like tilapia, pangasius, and carps, with at least two years of experience. Participation was voluntary and based on informed consent. This approach enabled a focused analysis of biosecurity practices within the real-world, disease-prone context of these communities.

Ethical Considerations and Participant Confidentiality

This study followed strict ethical protocols to protect participants' rights and welfare. Before taking part, participants were fully informed about the study's purpose and procedures, and written informed consent was obtained in line with ethical standards. They were assured of their right to withdraw at any time without consequences. To ensure confidentiality, personal identifiers were anonymized or coded, and data was securely stored with limited access. These measures upheld ethical research practices and respected participants' autonomy and privacy.

Data Analysis Processes and Software Tools

This study applies a structured data analysis approach using both Microsoft Excel and SPSS to ensure accuracy and depth. Excel is first used for cleaning, organizing, and conducting basic descriptive statistics, such as frequencies, means, and percentages. SPSS then handles more advanced analyses, including cross-tabulations, correlations (using Pearson's coefficient), and regression modeling to explore relationships and predictors of biosecurity practices. To assess internal consistency—particularly for attitudes and practices—Cronbach's Alpha is used. If SPSS is unavailable, Excel's advanced tools will substitute for complex analyses, maintaining methodological rigor. These steps support the generation of evidence-based recommendations for policy and training.

Thematic Analysis of Key Informant Interviews

This study used thematic analysis of key informant interviews to explore institutional and policy challenges in smallholder aquaculture biosecurity. After transcribing and reviewing the data, researchers applied both inductive and deductive coding—identifying themes that emerged organically and those aligned with existing literature, such as institutional barriers, extension gaps, and policy shortcomings.

Patterns were then analyzed to understand challenges like limited veterinary access, weak government support, and inadequate training. The findings were organized into coherent categories, offering a clear, actionable perspective on the structural obstacles facing biosecurity adoption in Southwest Bangladesh.

Specific Tools and Equipment

This study employed various specialized tools to ensure precise and relevant data collection and analysis. A structured questionnaire—based on WHO's KAP Survey Guide (2021) and focused on biosecurity knowledge, attitudes, and practices—was pilot tested and translated into Bangla for clarity. For field observations, a checklist adapted from FAO's Biosecurity Guidelines (2021)(*National Farmed Animal Biosecurity Strategy (2021-2024) | FAOLEX*, n.d.) allowed systematic assessment of practices like pond fencing and sanitation. Digital tools such as KoboToolbox or ODK were used when possible to support real-time data entry and geotagging. Data analysis involved SPSS for advanced statistical tasks and Microsoft Excel for cleaning and visualization. Additionally, a standardized interview guide ensured consistency in semi-structured interviews with experts on biosecurity-related institutional challenges.

Expected Outcomes

> **KAP Profile**: Clear baseline of farmers' knowledge, attitudes, and practices on biosecurity.
> **Behavioral Gaps**: Identification of misconceptions and risky practices.
> **Barriers Identified**: Key institutional and behavioral barriers to biosecurity adoption.
> **Correlations Found**: Relationships between knowledge, attitudes, and actual practices.
> **Training Needs**: Targeted recommendations for farmer education and capacity building.
> **Policy Insights**: Evidence-based guidance for local aquaculture biosecurity policies.
> **Academic Contribution**: Adds to KAP-based research in smallholder aquaculture.

Expected Timeline (6–8 Months)

Tasks	August 2025	September 2025	October–November 2025	Mid–November 2025	December 2025	January 2026	February 2026
Literature Review & Background Study							
Tool Design & Ethics Approval							
Data Collection							
Data Entry & Cleaning							
Data Analysis							
Report Writing							
Review, Revision & Submission							

Conclusion

Although it is frequently disregarded, biosecurity is an essential part of smallholder aquaculture that is sustainable. The Knowledge, Attitudes, and Practices (KAP) of smallholder fish farmers in Southwest Bangladesh will be evaluated in this study in an effort to close the current knowledge gap. Finding the institutional, social, and behavioral elements that affect the adoption of biosecurity will help the research produce useful information for training initiatives, legislative changes, and extension services.

The KAP model offers a methodical framework for comprehending farmer behavior that goes beyond technical proficiency by taking into account the attitudes and perceptions that influence decision-making. In addition to advancing scholarly discussions, the results are anticipated to aid in the development of context-specific interventions that can lower the risk of disease, improve fish health, and strengthen the resilience of small-scale aquaculture systems.

In the long run, our study contributes to the larger objectives of food security, sustainable rural development, and aquatic animal health by providing scalable solutions for communities whose livelihoods rely on aquaculture.

Reference:

Advocacy, communication, & social mobilization (ACSM) for tuberculosis control : a handbook

for country programmes. (2007). 80.

FAO. (2022). The state of world fisheries and aquacultur... - Google Scholar. (n.d.). Retrieved June 16, 2025, from https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=+FAO.+%282022%29.+The

+state+of+world+fisheries+and+aquaculture+2022+%28p.+266%29.+Towards+Blue+Tr an sformation.&btnG=

Khalil, A. T., Iqrar, I., Bashir, S., Ali, M., Khalil, A. H., & Shinwari, Z. K. (2018). Preemptive and Proactive Strategies for Food Control and Biosecurity. *Food Safety and Preservation*, 39–58. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814956-0.00003-2

National Farmed Animal Biosecurity Strategy (2021-2024) | FAOLEX. (n.d.). Retrieved June 16, 2025, from https://www.fao.org/faolex/results/details/fr/c/LEX-FAOC210700/

Samanta Chandan, C. S., & Roy, P. (2024). Aquaculture practices in Bangladesh: A synopsis on prospects, productivity, and problems. *Journal of the World Aquaculture Society*, *55*(1), 4–

25. https://doi.org/10.1111/JWAS.13045

ADDRESSING NIGERIA'S ECONOMIC CHALLENGES: THE NEED FOR AGRICULTURAL ENTREPRENEURSHIP LITERACY IN THE NIGERIAN TETIARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Agwu, Ani Ekwe
Department of Animal Health and Production Technology, Federal Polytechnic Ngodo-Isuochi

Onuoha, Ikedieze Arisa
Department of Business Administration and Management, Federal Polytechnic Ngodo-Isuochi

ABSTRACT
Nigeria, a country heavily reliant on oil and gas for its economic survival, faces significant socio-economic challenges, more importantly, as global oil prices remain volatile, and the continual dwindling in oil and gas income. This economic vulnerability underscores the urgent need for diversification, with agriculture adjudged as a critical sector capable of driving national economic growth and food sustainability. As the world scrambles to achieve food security, and with millions in Nigeria currently battling hunger and chronic poverty, agricultural entrepreneurship offers an enduring platform for achieving sustainable agricultural practices, food security, employment creation, and improved living standards, hence the need for government to rejig her policies to achieve food sustainability through craft and vocational agricultural literacy programmes. This paper, therefore, argues that the introduction of agricultural entrepreneurship as a special and compulsory general course in the Nigerian Universities, Polytechnics, and Colleges of Education will help to cultivate the zeal for agripreneurship amongst our teaming youths, provide needed skills required for improved agricultural practices, brood innovation, attain food security, and check unemployment. Data were sourced from secondary sources in order to discover the place of agricultural entrepreneurship in addressing Nigeria's socio-economic challenges. Empirical evidences were also used to ascertain the effect of agripreneurship on food security, poverty alleviation, and employment generation. Findings reveal that introducing agricultural entrepreneurship as a compulsory general course in the Nigerian tertiary institutions will positively affect overall economic growth and food security. It is recommended that embedding agricultural entrepreneurship study into the broader curriculum will assist tertiary institutions contribute significantly to addressing Nigeria's food and economic challenges.
Keywords: Agricultural Literacy, Agricultural Entrepreneurship, Agripreneurship, Economic Diversification and Food Security.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF MICROSATELLITE MARKERS WITH 454 PYROSEQUENCING FOR ENDEMIC AND INVASIVE LIZARDS IN CORSICA

Nabil Amor
LR18ES41: Ecology, Biology, and Physiology of Aquatic Organisms
Biogéographie et écologie des vertébrés (EPHE), Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive

Véronique Arnal
Biogéographie et écologie des vertébrés (EPHE), Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive

Claudine Montgelard
LR18ES41: Ecology, Biology, and Physiology of Aquatic Organisms
Biogéographie et écologie des vertébrés (EPHE), Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive

Abstract
Insular ecosystems harbor a significant portion of the biodiversity, but are also particularly vulnerable to biological invasions. Conservation of natural populations requires accurate genotyping methods, such as traditional microsatellite marker analysis. Next-generation sequencing technologies offer a rapid and cost-effective tool for developing these molecular markers. In this study, we used the pyrosequencing method on the Roche 454 GS-FLX Titanium platform to develop new polymorphic microsatellite loci for two endemic lizard taxa (Bedriaga's rock lizard, *Archaeolacerta bedriagae;* Tyrrhenian wall lizard, *Podarcis tiliguerta*) and an invasive species (Italian wall lizard, *Podarcis sicula)* in Corsica. Out of 33, 33 and 42 loci checked randomly for *P tiliguerta*, *P. sicula* and *A. bedriagae* 14, 17 and 17 loci were selected and optimized into multiplexes. Polymorphism analysis on 309 lacertid lizards revealed that the number of alleles per locus ranged from 3 to 28. Observed and expected heterozygosities ranged from 0.18 to 0.87 and 0.32 to 0.94, respectively. *P. sicula* exhibited lower genetic diversity than *P tiliguerta* and *A. bedriagae.* All loci deviated significantly from Hardy–Weinberg equilibrium due to heterozygote deficits, likely resulting from a subdivision of the local population in Corsica into isolated reproductive units. These markers will be valuable for studying the genetic differentiation and its implications in the regression process of endemic taxa following the recent introduction of the invasive species in Corsica.
Keywords: Pyrosequencing, microsatellite, *Podarcis*, *Archaeolacerta*, Corsica.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN FISHERIES MANAGEMENT

Arnab Saha
The Neotia University

Dip Sahoo
The Neotia University

ABSTRACT
Artificial Intelligence (AI) is transforming the landscape of fisheries management by offering smart, data-driven solutions to long-standing challenges in the sector. This presentation explores the growing role of AI in enhancing the sustainability, productivity, and monitoring of fisheries. AI technologies such as machine learning, computer vision, and data analytics are being used to track fish populations, predict fish behaviour, optimize harvesting, and monitor illegal fishing activities. Additionally, AI supports decision-making by analysing large datasets from satellites, sonar, and sensors, thus improving stock assessments and resource management. The integration of AI tools not only promotes efficient and eco-friendly fishing practices but also strengthens the resilience of coastal communities and ecosystems. This presentation will highlight current applications, case studies, benefits, and future prospects of AI in fisheries, aiming to underline its potential to revolutionize the way we manage and conserve aquatic resources.
Keywords: Artificial Intelligence, Fisheries Management, Machine Learning, Sustainable Fishing, Fish Stock Assessment, Monitoring Systems, Smart Aquaculture, Computer Vision, Predictive Modelling, Big Data Analytics, Satellite Tracking, Illegal Fishing Detection, Environmental Monitoring, Decision Support Systems.

FIRST MOLECULAR IDENTIFICATION OF *Diplectanum aequans* IN WILD AND FARMED *Dicentrarchus labrax* FROM TUNISIA: IMPLICATIONS FOR AQUACULTURE HEALTH AND DISEASE MONITORING

Sarra Farjallah
Laboratory of Ecology, Biology and Physiology of Aquatic organisms LR18ES41, Faculty of Sciences of Tunis, University of Tunis El Manar

ABSTRACT
The rapid expansion of marine aquaculture has raised major concerns about pathogen transmission between wild and farmed fish, particularly in high-density systems such as sea cages. Diplectanid monogeneans are gill parasites that can infect fish in large numbers, often causing serious health problems in maricultured species. The European seabass (*Dicentrarchus labrax*), a key species in Mediterranean aquaculture, is especially vulnerable to infections by *Diplectanum aequans*, a highly pathogenic and economically damaging diplectanid parasite. Despite its broad distribution, molecular studies on *D. aequans* remain limited. In this study, we used ITS rDNA sequences to confirm the species identity of *D. aequans* infecting both wild and cage-reared *D. labrax* from several coastal sites in Tunisia. Host identification was verified using COI gene barcoding. Our results, combining newly generated and previously published ITS sequences, represent the first molecular confirmation of *D. aequans* in Tunisia. These findings provide important insights into the parasite's genetic profile and support improved monitoring and disease management strategies in Mediterranean aquaculture.
Keywords: *Diplectanum aequans*; *Dicentrarchus labrax*; Wild and farmed fish; ITS rDNA sequences; Genetic characterization; Tunisia; Disease monitoring.

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MOLECULAR TECHNIQUES FOR MONOGENEAN PARASITE MANAGEMENT IN MEDITERRANEAN AQUACULTURE

Sarra Farjallah
Laboratory of Ecology, Biology and Physiology of Aquatic organisms LR18ES41, Faculty of Sciences of Tunis, University of Tunis El Manar

ABSTRACT
Mediterranean aquaculture is undergoing rapid expansion; however, this growth is increasingly constrained by the emergence and spread of parasitic infections, particularly those caused by monogenean. These gill parasites induce significant lesions, compromise host immunity, and ultimately reduce survival rates and production efficiency in cultured fish. Among the major challenges in managing monogenean infections is their accurate identification, which traditionally relies on detailed morphological analysis, unreliable tools, as well as on conventional molecular techniques that are limited in scalability and diagnostic throughput. In this context, artificial intelligence (AI) represents a transformative tool for modern parasitology, enabling automated, high-throughput, and reproducible parasite identification. This work aims to develop an integrated study that combines AI-driven image analysis with molecular tools for the comprehensive characterization of monogenean parasites. The specific objectives are to: (i) develop a computer vision system utilizing deep learning algorithms to automatically identify monogenean species based on key morphological traits (e.g., transverse bars, hooks, clamps, genital atrium); (ii) implement a robust bioinformatics pipeline for high-resolution analysis of molecular markers (ITS, COI, 28S) to support phylogenetic classification and species delimitation; (iii) construct a curated, open access database linking high quality microscopic images, genetic sequences, and ecological metadata; (iv) design a predictive model of parasite emergence and spread, integrating environmental variables such as water temperature, salinity, and seasonal dynamics; and (v) evaluate the performance and accuracy of the AI-based system in comparison with traditional taxonomic and molecular approaches. Expected outcomes include the development of an intelligent diagnostic platform applicable to aquaculture systems, improved detection and monitoring of monogenean diversity in the Mediterranean region, and enhanced understanding of host–parasite–environment interactions. Ultimately, this work will contribute to more effective parasite management strategies, reduce economic losses associated with parasitic infections, and support the development of more sustainable and resilient aquaculture practices.
Keywords: Mediterranean aquaculture; Monogenean; Artificial intelligence; AI-driven image analysis; Bioinformatics pipeline; Species delimitation; Management strategies.

ALGAL COMPOUNDS MEDIATED QUORUM SENSING INHIBITION OF MARINE BIOFILMS

Dr. Iram Liaqat
Tenured Associate Professor, Department of Zoology, Government College University

ABSTRACT

We examined that whether patulin and penicillic acid, two well-known quorum sensing inhibitors (QSI) for human pathogen *Pseudomonas aeruginosa* PAO1, can prevent biofilm formation. The study aims for amplification of a putative *luxS* gene homologue in the marine microorganism *H. pacifica* ATCC 27122, as well as monitoring AI-2 QS in marine organisms. Degenerated primers were designed based on the *luxS* protein sequence of ten gram-negative, □-, □- and □- proteobacteria, and used for *luxS* gene amplification in *H. pacifica*. AI-2 assays were carried out using the well-established *Vibrio harveyi* BB170 AI-2 bioluminescence assay. Effect of penicillic acid on AI-2 induction of *H. pacifica* showed strong inhibitory effect at non-growth inhibitory concentrations compared to patulin having adverse effect at the highest concentration (25 µM) tested in our study. QSIs effect on biofilm forming capability of marine isolates was isolate specific. Detection of bioluminescence in the autoinducer bioassay and the presence of a putative *luxS* gene orthologue are biochemical and genetic evidence for the production of a signalling molecule(s) and provide a first step in characterizing *H. pacifica* quorum sensing. Our study emphasize that QSI compounds must be selected in the specific system in which they are to function and they cannot easily be transferred from one QS system to another.

Keywords: Biofilm formation, *H. pacifica*, AI-2 assay, *LuxS* gene, Patulin, Penicillic acid
Category: Oral presentation

DEVELOPMENT OF TRADITIONAL FISH SAUSAGE (KEROPOK LEKOR) INCORPORATING SEAWEED, SOY PROTEIN, AND SPICES FOR FISH SUSTAINABILITY: QUALITY EVALUATION AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION

Bappy Chowdhury
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University Khulshi

Ibnul Bakhtier Kaif
Department of Food Processing and Engineering, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University Khulshi

Jannatul Ferdausi Zaba
Department of Food Processing and Engineering, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University Khulshi

Payel Chowdhury
Faculty of Food Science and Technology, Chittagong Veterinary and Animal Sciences University

Abstract
Intensive exploitation of marine fish resources poses a significant challenge to the sustainability of aquatic ecosystems. Therefore, new food formulations are needed to reduce dependence on fish while improving the nutritional quality of seafood products. This study developed three formulations of traditional Malaysian fish sausage (Keropok Lekor): Control (conventional), F1 (with *Kappaphycus alvarezii*), and F2 (with seaweed, soy protein isolate, konjac glucomannan (KGM) powder, and functional spices), enhancing fish sustainability by partially substituting fish (ikan selayang) and evaluating their physicochemical, nutritional, microbial, antioxidant, and sensory properties. In particular, proximate analysis revealed that the F2 formulation exhibited significantly elevated levels of protein ($22.45 \pm 0.35\%$) and dietary fiber ($3.12 \pm 0.08\%$). Furthermore, seaweed incorporation contributed to the enrichment of the mineral profile, with increased concentrations of iron (4.85 ± 0.07 mg/100g) and calcium (215.60 ± 0.05 mg/100g). In addition, antioxidant capacity, as measured by DPPH radical scavenging activity, was markedly enhanced in the F2 sample ($56.8 \pm 1.2\%$). Importantly, microbial counts remained within safe limits over 21 days of refrigerated storage, with no detectable coliforms, Salmonella spp., or Listeria monocytogenes. Sensory evaluation further demonstrated that F2 maintained desirable organoleptic characteristics, achieving a high overall acceptability score (8.2/9) with favorable ratings for texture and flavor. Notably, F1 exhibited the highest enrichment of EPA (436.36 ± 0.11 mg/100g) and DHA (340.27 ± 0.05 mg/100g), highlighting its potential for omega-3 fortification. These findings suggest that incorporating seaweed, soy protein, KGM powder, and functional spices can produce nutritionally enriched, microbiologically safe fish sausages while supporting sustainable seafood innovation. Both F1 and F2 offer potential alternatives to traditional formulations, contributing to reduced dependence on marine fish and promoting environmental resilience and food security.
Keywords: Keropok Lekor; Fish sustainability; Seaweed (*Kappaphycus alvarezii*); Soy protein isolate; Antioxidant activity; Functional food

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

PLATELET POWERHOUSES IN PATHOGENESIS: DECIPHERING THE QUANTITATIVE, PHENOTYPIC, AND FUNCTIONAL SIGNATURE OF PLATELET-DERIVED MICROPARTICLES (PMPs) AS BIOMARKERS AND EFFECTORS IN ACUTE MYELOID LEUKEMIA (AML)

Zineb Ourradi
Department of Biology, Faculty of Sciences, Mohammed V University in Rabat

Younes Zaid
Department of Biology, Faculty of Sciences, Mohammed V University in Rabat
Immunology and Biodiversity Laboratory, Department of Biology, Ain Chock Faculty of Sciences, Hassan II University

Abstract
Platelet-derived microparticles (PMPs) have emerged as dynamic extracellular vesicles with profound implications in the pathophysiology of acute myeloid leukemia (AML). Once regarded as inert byproducts of platelet activation, PMPs are now recognized as biologically active entities involved in multiple intercellular processes. These vesicles, ranging in size from 100 nm to 1 μm, are formed through the membrane blebbing of activated or apoptotic platelets. The process is characterized by cytoskeletal reorganization and the externalization of phosphatidylserine (PS), a phospholipid that enables Annexin V binding and facilitates coagulation cascade activation. In addition to their PS exposure, PMPs express platelet-specific markers, including CD41 (GPIIb), CD61 (GPIIIa), and P-selectin (CD62P), allowing their clear phenotypic identification among other circulating vesicle populations.
Accurate characterization of PMPs relies heavily on high-sensitivity flow cytometry, which incorporates size calibration beads, such as Megamix-Plus, and immunophenotyping panels specific to platelet surface antigens. The use of platelet-free plasma, obtained through serial centrifugation, is critical to minimize background noise from intact platelets. Absolute quantification using fluorescent counting beads, such as those in TruCount™ tubes, allows researchers to determine PMP concentrations with precision. Platforms like the BD FACSymphony™ A5 cytometer or Cytek Aurora™ enable the resolution of submicron particles and multiparametric analysis, essential for profiling activation, adhesion, and immune markers. These technological advancements have helped elevate the study of PMPs from observational science to a mechanistically driven field with diagnostic and therapeutic implications.
Elevated levels of PMPs have been consistently observed in patients with AML. In our recent study involving 45 treatment-naïve AML patients and 30 age- and sex-matched healthy controls, PMP concentrations were significantly higher in AML patients, with median levels reaching approximately 15,800 per microliter compared to 4,200 per microliter in controls ($p < 0.0001$). These elevations were independent of leukocyte count, peripheral blast percentage, or platelet levels, suggesting that PMP accumulation is not simply a byproduct of tumor burden or thrombocytopenia. Rather, it is indicative of a disease-specific activation of platelets or platelet progenitors in response to the leukemic microenvironment. This activation could be mediated by systemic inflammation, cytokine dysregulation, and oxidative stress, all of which are prominent in AML pathophysiology.
Of particular note is the altered phenotype of PMPs observed in AML. These vesicles exhibit increased expression of P-selectin (CD62P), a key mediator of leukocyte-endothelial adhesion.

This promotes vascular inflammation and endothelial activation, contributing to the remodeling of the vascular niche. Such remodeling supports leukemic cell retention and proliferation within the bone marrow. Moreover, AML-derived PMPs are enriched with tissue factor (TF/CD142), an essential initiator of the extrinsic coagulation pathway. The presence of TF on the PMP surface enhances their procoagulant potential, providing a plausible explanation for the thrombotic complications frequently encountered in AML, including deep vein thrombosis, pulmonary embolism, and disseminated intravascular coagulation (DIC).

This thrombotic risk is particularly pronounced in AML patients harboring high-risk molecular abnormalities such as FLT3 internal tandem duplication (FLT3-ITD). Our observations confirm that FLT3-ITD-positive patients had significantly higher PMP counts and a greater proportion of TF-expressing PMPs. These findings align with the aggressive clinical phenotype and increased thrombotic risk associated with this molecular subgroup. In this context, PMPs serve not only as markers of coagulopathy but also as functional contributors to the vascular disturbances observed in high-risk AML. The clinical implications of this are significant, as it opens the door to exploring PMP-directed strategies to reduce coagulopathy and improve patient outcomes.

Another critical function of PMPs in AML relates to their immunomodulatory role. AML-derived PMPs were found to express high levels of programmed death-ligand 1 (PD-L1/CD274), an immune checkpoint molecule that binds to PD-1 receptors on T cells, effectively suppressing their activation. By carrying PD-L1 on their surface, PMPs disseminate immunosuppressive signals throughout the circulation, impairing cytotoxic T-cell responses and facilitating immune escape. This mechanism is particularly relevant in AML, where immune surveillance is already compromised due to low mutational burden and poor antigen presentation. PD-L1-positive PMPs likely contribute to a systemic suppression of the adaptive immune response, diminishing the effectiveness of the host's natural defense against leukemic blasts.

Emerging evidence suggests that the immunosuppressive effects of PMPs may extend beyond T-cell inhibition. They may also influence myeloid-derived suppressor cells (MDSCs), promote regulatory T-cell expansion, and dampen dendritic cell maturation—all of which create a tolerogenic microenvironment conducive to leukemia persistence. These findings highlight the potential of PMPs as vehicles for systemic immune modulation, expanding their functional role from local mediators of coagulation and inflammation to global regulators of immune evasion.

Beyond immune and coagulation systems, PMPs exert significant effects on endothelial cells and contribute to vascular remodeling within the leukemic niche. In vitro studies have demonstrated that AML-derived PMPs upregulate the expression of endothelial adhesion molecules, including E-selectin, ICAM-1, and VCAM-1, on human umbilical vein endothelial cells (HUVECs). These adhesion molecules are crucial for the tethering and transendothelial migration of leukemic cells. The increased endothelial activation induced by PMPs favors leukemic stem cell retention within protective vascular niches and enhances their survival. Additionally, PMPs stimulate endothelial tube formation and increase vascular permeability, thereby promoting angiogenesis and facilitating the egress of leukemic blasts into circulation. This angiogenic activity may help establish extramedullary disease sites and further support leukemic expansion.

Perhaps one of the most concerning aspects of PMP biology in AML is their ability to promote chemoresistance. When leukemic blasts are exposed to PMPs, they exhibit decreased sensitivity to chemotherapeutic agents such as cytarabine and daunorubicin.

This chemoresistance is mediated through several mechanisms, including the upregulation of anti-apoptotic genes like BCL-2 and BCL-XL and the downregulation of pro-apoptotic genes like BAX and BIM. Transcriptomic analyses suggest that PMPs may modulate gene expression in recipient AML cells via the delivery of regulatory microRNAs and proteins. For instance, miR-21 and miR-223, which are commonly enriched in PMPs, have been implicated in apoptosis inhibition and drug resistance pathways.

Furthermore, PMPs may activate signaling cascades such as PI3K/AKT, STAT3, and NF-κB in leukemic cells, contributing to cell survival and proliferation. These effects are particularly potent in leukemic stem cells (LSCs), which reside in hypoxic bone marrow niches and are notoriously resistant to therapy. By shielding these cells from apoptosis and facilitating their interaction with the protective microenvironment, PMPs contribute to minimal residual disease (MRD) and disease relapse. This underscores the need to consider PMP-mediated chemoresistance in the design of future therapeutic protocols.

Given their multifaceted roles, PMPs present significant opportunities for clinical translation. As biomarkers, their levels and phenotypes could inform risk stratification, monitor thrombotic risk, and predict treatment response. PMP quantification and phenotyping could be integrated into diagnostic workups alongside cytogenetic and molecular profiling, enhancing our ability to identify high-risk patients. Their stability in circulation and dynamic modulation during treatment make PMPs excellent candidates for longitudinal monitoring, offering real-time insight into disease activity and treatment efficacy.

Therapeutically, several avenues are under exploration. Antiplatelet agents such as aspirin or P2Y12 inhibitors might reduce PMP formation, although their use in thrombocytopenic AML patients must be approached cautiously. Targeted therapies using monoclonal antibodies against TF or P-selectin could neutralize the pathogenic effects of PMPs. Immune checkpoint inhibitors targeting the PD-1/PD-L1 axis might also disrupt the immunosuppressive functions of PD-L1-positive PMPs, especially when combined with hypomethylating agents or cytotoxic drugs. Another promising direction involves nanoparticle-based decoys designed to trap and sequester circulating PMPs, thereby reducing their interaction with leukemic cells and the endothelium.

Further research is needed to unlock the full therapeutic potential of PMP-targeted interventions. High-resolution proteomic and transcriptomic analyses are essential to fully characterize the molecular cargo of AML-derived PMPs. In vivo models, such as patient-derived xenografts, can help validate the functional consequences of PMP inhibition and evaluate the efficacy of PMP-directed therapies in a physiological context. Longitudinal studies are also needed to determine whether PMP levels fluctuate in parallel with disease burden or therapeutic response, enabling their integration as dynamic biomarkers.

In conclusion, PMPs are central players in the pathobiology of AML, orchestrating a wide range of pathological processes including hypercoagulability, immune evasion, endothelial activation, and chemoresistance. Their elevated levels and altered phenotypes, particularly in high-risk molecular subtypes like FLT3-ITD, highlight their importance as both disease effectors and potential therapeutic targets. By interfering with PMP production, signaling, or interactions, we may be able to develop novel strategies that complement existing therapies and improve outcomes in AML patients. The recognition of PMPs as functional mediators in leukemia rather than passive markers marks a paradigm shift in our understanding of leukemic progression and therapeutic failure, paving the way for innovative and targeted treatment approaches.

Keywords: PMPS-therapies-leukemia

DETERMINATION OF LEAD RESIDUES IN COMMERCIAL SPICES SAMPLES FROM DIFFERENT REGIONS OF MOROCCO

Prof. KABINE Mostafa
University Hassan II Casablanca, Faculty of science Ain Chock, Department of Biology

Research Assistant SABRI Safaa
University Hassan II Casablanca, Faculty of science Ain Chock, Department of Biology
ORCID: 0009-0003-1395-4778

Abstract
Spices play a vital role in diets worldwide due to their health-promoting properties and their ability to enhance the organoleptic qualities of food. However, the presence of heavy metals such as lead (Pb) raises concerns regarding their safety for human consumption. This study aimed to determine the concentration of lead in commonly used spices in Morocco, collected from nine regions across the country. A total of 230 samples—including cinnamon (Cinnamomum cassia), turmeric (Curcuma longa), black pepper (Piper guineense), ginger (Zingiber officinale), and paprika (Capsicum annuum)—were analyzed between January 2021 and December 2022 using graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS). The results showed mean Pb concentrations of 0.31 mg/kg in cinnamon, 0.27 mg/kg in turmeric, 0.26 mg/kg in both black pepper and ginger, and 0.18 mg/kg in paprika. These findings provide valuable insight into lead contamination in Moroccan spices. Nonetheless, long-term studies are recommended to monitor changes in contamination over time
Keywords: Spices; Lead; Heavy metals; SAA-FG.

MODELING THE RELATIONSHIP BETWEEN CHLOROPHYLL-A AND ENVIRONMENTAL VARIABLES OVER A 13-YEAR PERIOD IN EL KANSERA RESERVOIR (MEKNES, MOROCCO).

BARCHA sayf el islam
Water and Environmental Engineering Laboratory - LGE (Mohammedia),University of Hassan II Casablanca
ORCID: 0000-0002-0330-024X

MADINZI Abdelaziz
Water and Environmental Engineering Laboratory - LGE (Mohammedia),University of Hassan II Casablanca

FEKHAOUI mohammed
Sientific Institut of Rabat, MOHAMMED V UNIVERSITY IN RABAT

Abstract
To advance understanding of the key factors influencing eutrophication dynamics and support effective management strategies, a mathematical modeling approach was developed based on the analysis of physicochemical water quality data from El Kansera Dam (2000–2015) . The study aimed to construct predictive models to assess the reservoir's current trophic state and forecast future trends in response to triggering environmental changes.
This research involved statistical and analytical modeling of water quality parameters, including turbidity, dissolved oxygen, Kjeldahl nitrogen, total phosphorus, chlorophyll-a, temperature, and pH. The results demonstrate that these variables play a critical role in determining the reservoir's trophic status, with algal biomass (chlorophyll-a) showing a strong dependence on these parameters. The derived relationships enabled the prediction of chlorophyll-a concentrations, serving as a key indicator of eutrophication progression.
Keywords: Eutrophication, Phosphorus, Reservoir modeling, Water quality, Chlorophyll-a, Statistical analysis.

THE USE OF VEGETABLES BASED COMPONENTS TO CHECKMATE FUNGAL FOOD SPOILAGE

Aminu ıbrahim bello
Umaru Musa Yaradua Unıversıty, Faculty Of Natural And Applıed Scıence, Department Of Mıcrobıology
ORCID: 0009-0009-4805-9574

Usman Sama'ila
Umaru Musa Yaradua Unıversıty, Faculty Of Natural And Applıed Scıence, Department Of Mıcrobıology
ORCID: 0009-0005-3683-0625

ABSTRACT

Fungal food spoilage is a serious global issue that affects food safety, shelf life, and economic value. Conventional antifungal agents, though effective, have raised concerns due to their chemical residues, resistance development in fungi, and possible health hazards. As a result, there is growing interest in natural alternatives such as vegetable-based antifungal components. This review explores the effectiveness of bioactive compounds found in commonly available vegetables like *Allium* species (garlic and onion), *Capsicum* species (chili pepper), *Cymbopogon citratus* (lemongrass), *Moringa oleifera*, *Ocimum* species (basil), and *Zingiber officinale* (ginger) in controlling fungal spoilage in food.

These vegetables contain compounds such as flavonoids, phenolics, terpenoids, and essential oils which act through multiple mechanisms including membrane disruption, enzyme inhibition, and oxidative stress induction. Their application in food systems includes direct addition to food, incorporation into edible coatings, and use in active packaging materials. Despite their promise, challenges such as strong odors, dose limitations, stability, and regulatory barriers still exist.

The review highlights recent research findings and suggests future directions, including improved delivery systems and the use of nanotechnology to enhance their effectiveness. The use of vegetable-based antifungal agents offers a safer, eco-friendly, and sustainable solution to food preservation, supporting the shift towards natural food protection strategies. This review aims to encourage further research and practical application of these plant-based solutions in the food industry.

Keywords: Food, Food spoilage, Food preservervation, Spoliage Fungi, Vegetable components, Preservatives.

ECOLOGY OF ROCKY SHORES

Shumaila Naz
Centre of Excellence in Marine Biology, University of Karachi

Abstract
Rocky shore habitat is biologically rich environment and can include many different habitat type such as steep rocky cliffs, platforms, rocky pools and boulder fields. In many of the tropical islands, confluence of land and sea is rocky or covered with coral base providing a unique habitat for some specialized fauna. Each region on the coast has a specific group of organisms that form distinct horizontal band or zones on the rocks. The appearance of dominant species in these zones is called vertical zonation. Organisms that lived in this area experience daily and seasonal fluctuations in their living environment. For this reason, they must be able to tolerate extreme changes in temperature, salinity, moisture and wave action to survive. Some of the common animal groups inhabiting rocky shores are algae, lichen, sponges, sea anemones, marine worms, crustaceans, mollusks, echinoderms and some fishes. These fauna and habitat are under increasing threat from both anthropogenic activity and climate change events.
Keywords: Rocky shores, habitat type, vertical zonation, fauna of rocky shore.

IN SILICO TOXICITY ASSESSMENT OF METABOLITES PRODUCED DURING THE PLASTIC FILM TREATMENT USING MICROORGANISM FROM AGRICULTURE SOIL

Mohanapriya. P
Department of Biotechnology, St. Joseph's College of Engineering,Chennai

Dr. Chamundeeswari. M
Department of Biotechnology, St. Joseph's College of Engineering,Chennai

ABSTRACT
Globally, plastic pollution hits drastic health hazards to ecology. The biological treatment plastic waste using microorganism is the way to treat without release of toxic gases and reduce the risk of energy consumption. The nature is provided with lot of solution for every problem to be tackled on ecosystem. The study aims to treat the plastic film using agriculture microorganism and study of metabolites compounds produced during the biodegradation process using GCMS analysis. The toxicity of those metabolites was studied for its effects through in silico methods. It reduces the risk of time constraint, ethical considerations and financial burden. In silico toxicology is one type of toxicity assessment that uses computational methods to analyze, simulate, visualize, or predict the toxicity of chemicals/ metabolites. Finally, we predict the toxicity effects of metabolite compounds.
Keywords: In silico toxicity, biodegradation, GCMS analysis, Microorganism

THE IMPACT OF DIGITAL SKILLS ON YOUTH EMPLOYMENT IN ALBANIA: BRIDGING GENDER GAPS THROUGH VOCATIONAL EDUCATION.

Arjela Merkuri
University of Tirana, Faculty of Social Sciences, Department of Labor and Social Policy
ORCID: 0009-0004-7766-0717

ABSTRACT
As Albania undertakes reforms to modernize its economy and promote inclusive development, digital skills have emerged as a fundamental requirement for youth employability and gender equality. In a rapidly evolving labor market shaped by technological change, these skills are critical in narrowing the gap between education and employment, especially for young people seeking meaningful and sustainable work. However, despite national strategies such as the "National Employment and Skills Strategy 2023-2030" and reforms in Vocational Education and Training (VET), access to digital tools and learning opportunities remains unequal. The digital divide, driven by socio-economic, regional, and gender-based disparities—continues to restrict the participation of marginalized groups, particularly young women.
This article explores how digital competencies, developed through inclusive and well-resourced VET programs and supported by innovative technologies such as Virtual Reality (VR), can significantly improve youth employment outcomes and help address systemic inequalities. The study points out that institutions lack digital skills, not all young people have the same access to technology, and policies should consider gender differences. It emphasizes that digital education should be inclusive so that every young person can benefit from the shift to a digital economy.
Keywords: Digital skills, youth employment, gender perspective, vocational education training, virtual reality (VR).

INTRODUCTION
Albania's youth faces a dual challenge in today's evolving labor market: a persistent skills mismatch and growing pressure to adapt to digital transformation. Despite ongoing efforts, many young people find themselves caught between the demands of a rapidly changing economy and the limitations of the current education and training systems. According to national data[1], 24.6% of young people aged 15-29 in Albania were not engaged in employment, education, or training in 2023 a figure that, while improved from 31% in 2010, still highlights a significant segment of youth at risk of social and economic exclusion. This persistent NEET (Not in Employment, Education or Training) rate points to structural issues that require targeted intervention.
The situation is even more complex for young women, who face additional barriers rooted in traditional gender roles, disproportionate unpaid domestic and caregiving responsibilities, and unequal access to professional development opportunities. Studies show that approximately one in four young women is not actively working or seeking employment primarily due to family duties, reflecting deep-rooted societal expectations that continue to limit female participation in the labor market. This gender disparity not only affects individual livelihoods but also hampers the country's overall economic growth and social progress.

[1] https://www.instat.gov.al

In response to these challenges, vocational education and training (VET) reforms have been prioritized as a strategic avenue to equip youth with practical, market-relevant skills. The integration of digital technologies such as virtual reality (VR) into learning environments presents promising opportunities to enhance engagement and competency among young learners, bridging the gap between theoretical knowledge and hands-on experience. These innovations aim to better prepare Albania's youth for the demands of the 21st-century labor market, fostering adaptability and lifelong learning.

However, despite improvements in digital infrastructure, the provision of digital skills training remains fragmented and under-resourced. Access to quality digital education is uneven, particularly for marginalized groups, including young women and those from rural or economically disadvantaged backgrounds. Without inclusive and well-supported programs, the risk of exacerbating existing inequalities remains high.

This article argues that strengthening digital skills development especially through inclusive and gender-sensitive vocational education and training can play a pivotal role in addressing youth unemployment and reducing gender-based disparities in employment. By fostering equitable access to digital literacy and technical competencies, Albania can unlock the full potential of its young workforce, promoting sustainable economic growth and social inclusion in the digital era.

Despite national reforms, the integration of digital skills into Albania's VET system remains uneven and gendered. Young people especially young women continue to face structural barriers that limit their participation in the digital economy. There is limited empirical synthesis on how digital skills, VET reforms, and gender disparities interact to shape youth employment outcomes in Albania. This article addresses this gap through a comprehensive literature review.

METHODOLOGY

This article adopts a research approach based exclusively on a comprehensive literature review. It uses a method that carefully finds, chooses, and looks at research articles about digital skills, youth employment, and gender differences in Albania. The review was conducted following established guidelines for narrative and integrative literature reviews, with the aim of synthesizing theoretical frameworks, empirical findings, and policy analyses relevant to the research focus. This study seeks to answer the following questions:

1. How do digital skills influence youth employability in Albania?
2. What gender-based barriers affect access to digital learning opportunities within the VET system?
3. Can innovative tools such as Virtual Reality (VR) contribute to reducing gender gaps in skill development and employment outcomes?

Key sources included peer-reviewed journal articles, national and international reports, policy documents, and needs assessments published between 2010 and 2024. Particular attention was given to studies addressing vocational education and training (VET), digital transformation in education, gender-inclusive labor market strategies, and the role of emerging technologies such as Virtual Reality (VR) in skill development. Through this review, the article identifies persistent gaps in digital skills provision, examines the impact of gender-based barriers on youth employment outcomes, and explores strategic opportunities for integrating gender-sensitive digital training within Albania's VET system. The findings aim to inform future policy directions and support the development of inclusive and future-ready educational frameworks.

LITERATURE REVIEW

1. The Digital Transformation of VET

1.1. VR and Immersive Technologies in Vocational Learning

The global trend toward digitalization in vocational education is reshaping traditional learning environments into immersive, experiential settings. Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and simulation-based technologies are increasingly used in sectors such as health, engineering, and information technology to provide learners with real-world problem-solving experiences. Radianti et al. (2020) emphasize that these technologies enhance learner engagement, knowledge retention, and practical skills development. Cedefop (2020) highlights that digital transformation in VET is both a response to labor market changes and a proactive strategy to prepare students for Industry 4.0, automation, and globalization. European VET programs using VR in fields like welding and machinery maintenance report improved learner outcomes and workforce readiness.

1.2. Digital Skills as a Core Competency for Employability

The World Economic Forum (2023) categorizes digital skills ranging from basic digital literacy to complex data analytics as essential for 21st-century employment. Digital transformation in the workplace, accelerated by automation and remote work, requires VET graduates to develop flexible and adaptive skill sets. ICT skills are increasingly fundamental, even in non-technical jobs.

Furthermore, digital skills are not only important for immediate employability but also for lifelong career development. VET graduates who possess strong digital competencies are better equipped to navigate evolving job markets, engage in continuous learning, and adapt to emerging technologies such as AI, cloud computing, and cybersecurity tools. According to the European Training Foundation (ETF, 2022), gaps in digital skills among young workers in Albania and the Western Balkans limit both employment opportunities and career progression. Integrating comprehensive digital training into VET curricula ensures that students acquire transferable skills, enhancing their resilience to labor market disruptions and increasing their competitiveness in a globalized economy.

2. The Albanian Context: Digitalization and VET Reform

2.1. The Current State of VET in Albania

Vocational Education and Training (VET) in Albania has gained increased policy attention as a critical instrument for improving youth employability and aligning skills supply with labour market needs. According to the ETF (2024), the VET system remains relatively small in scale, with initial VET delivered through a limited number of vocational schools and training centres, and with enrolment at upper secondary level accounting for less than one fifth of total students. Participation in VET is further characterised by low female enrolment, particularly in technical and ICT-related fields.

National Tracking Report of Certified Trainees (2023) provides additional insights into employment outcomes among VET learners. According to the report, 37.7% of certified trainees entered employment within 12 months, and 30% found jobs within the first 3 months, indicating improving labour market relevance of vocational qualifications. Moreover, 45% of trainees were women, reflecting gradual progress in gender balance. The report also shows an expansion in self-employment and entrepreneurship as alternative career pathways. These trends reinforce the importance of continuing digital and pedagogical reforms within Albania’s VET system.

In recent years, Albania has strengthened the legislative and institutional framework governing VET. The Law on Vocational Education and Training (No. 15/2017), together with reforms to the Albanian Qualifications Framework, has promoted competency-based curricula, clearer governance structures, and stronger alignment with labour market priorities. Key institutions such as the National Agency for Employment and Skills (NAES) and the National Agency for VET and Qualifications (NAVETQ) coordinate curriculum development, qualifications, and quality assurance in line with national employment strategies (ETF, 2024).

Despite these reforms, the ETF identifies persistent challenges related to quality, relevance, and capacity. Many VET providers face chronic underfunding, outdated equipment, and limited digital infrastructure, constraining the integration of advanced digital skills and innovative learning technologies. Teacher preparedness remains uneven, with limited access to continuous professional development in digital pedagogy and emerging technologies.

Overall, while Albania's VET system is undergoing gradual modernisation supported by strong policy commitments, its capacity to respond effectively to digital transformation and labour market demands remains constrained. Sustained investment, improved teacher training, and targeted measures to address gender and regional disparities are essential for strengthening the role of VET in inclusive and future-oriented workforce development (ETF, 2024).

3. Challenges in Integrating VR into VET in Albania

3.1. Infrastructure and Equipment Gaps

Many VET schools lack the digital infrastructure needed to support immersive learning. The *VRinVET* report (2023) notes widespread shortages of tablets, laptops, internet access, and educational software. These gaps are especially prevalent in rural and underfunded schools, exacerbating regional inequalities in digital access. According to the ETF (2024), public investment in education remains below the EU average, with consequent underfunding of VET institutions, particularly in terms of ICT infrastructure. Many vocational schools operate with outdated equipment, limited access to computers, and insufficient digital learning resources, restricting their capacity to adopt immersive and technology-intensive teaching approaches

Digital disparities are particularly pronounced between urban and rural areas. The ETF highlights persistent inequalities in broadband coverage and digital infrastructure, with schools in rural, mountainous, and depopulating regions facing greater challenges in accessing reliable internet connectivity. These constraints undermine the feasibility of deploying VR-based learning environments, which require stable connectivity, adequate hardware, and specialised software.

Moreover, Albania records one of the lowest ratios of computers per student in Europe, further limiting opportunities for experiential and simulation-based learning. While recent donor-supported initiatives and targeted investments have improved infrastructure in selected vocational schools, such efforts remain uneven and insufficiently scaled. As a result, the effective and systematic integration of VR technologies into VET provision remains constrained, reinforcing regional inequalities and limiting the transformative potential of digital innovation within the Albanian VET system.

Teacher preparedness represents a critical bottleneck in the integration of Virtual Reality (VR) and advanced digital tools into Vocational Education and Training (VET) in Albania. While basic digital literacy among VET teachers has improved in recent years, the overall level of digital competence remains highly uneven.

According to ETF and UNESCO assessments, a significant proportion of instructors possess fundamental ICT skills, such as the use of basic software and online platforms, but lack training in digital pedagogy, instructional design, and the pedagogical integration of immersive technologies (UNESCO, 2019; ETF, 2024).

This skills gap directly affects the effective use of VR in vocational instruction. VR-based learning requires not only technical familiarity with hardware and software, but also the ability to design learner-centred, competency-driven scenarios aligned with occupational standards. In the absence of structured training in immersive learning methodologies, VR is often perceived by teachers as an additional burden rather than a value-adding pedagogical tool.

Professional development opportunities for VET teachers remain limited in scope, fragmented, and insufficiently aligned with classroom realities. Training initiatives are frequently delivered through short-term projects or donor-funded programmes and lack continuity, systematic follow-up, and formal recognition within career progression frameworks. As highlighted in recent ETF reports, continuous professional development in digital skills is not yet institutionalised across the VET system, resulting in wide disparities between schools and regions.

Furthermore, the legacy of emergency remote teaching during the COVID-19 pandemic continues to shape teachers' attitudes toward educational technologies. Prolonged reliance on online teaching platforms, often implemented without adequate pedagogical or technical support, has contributed to technology fatigue and, in some cases, resistance to further digital innovation. The VRinVET report (2023) notes that this experience has made some educators more cautious toward adopting immersive technologies, particularly when such tools are introduced without sufficient training, technical assistance, or instructional time.

3.2 Teacher Preparedness and Professional Development

Teacher preparedness is a critical bottleneck in the integration of VR and advanced digital tools in Albanian VET. Although basic digital literacy has improved, overall digital competence remains uneven. Many teachers lack training in digital pedagogy, immersive instructional design, and the practical use of VR tools (UNESCO, 2019; ETF, 2024).

The limited availability of professional development, reliance on short-term donor programs, and the absence of continuous training frameworks create systemic disparities across schools. Technology fatigue following the COVID-19 period remains a barrier, contributing to resistance toward adopting innovative tools such as VR.

A structured national framework for continuous professional development focused on digital pedagogy and inclusive teaching is essential for meaningful integration of immersive learning technologies

3.3 Technical and Organizational Barriers

The effective integration of Virtual Reality (VR) in Vocational Education and Training (VET) requires not only adequate infrastructure and skilled teachers but also strong technical and organizational support structures. In the Albanian VET context, these conditions remain insufficiently developed. Most VET schools lack dedicated on-site technical staff capable of supporting the installation, maintenance, and troubleshooting of VR systems. As a result, teachers are often expected to manage technical aspects of VR implementation alongside their pedagogical responsibilities, which significantly limits sustained use of immersive technologies.

According to Cedefop (2022), the absence of IT specialists and structured technical support is a common barrier to the adoption of advanced digital learning tools across European VET systems, particularly in countries with constrained institutional capacity such as Albania. Without reliable technical assistance, VR equipment is at high risk of underutilisation or abandonment due to minor technical failures that schools are unable to resolve independently.
Organizational barriers further complicate VR integration. VET institutions frequently report a lack of clear institutional guidance on the procurement, licensing, and management of VR hardware and educational content. Decision-making related to digital investments is often centralized or project-driven, leaving schools with limited autonomy and strategic direction. Moreover, VR-based learning is rarely embedded in official curricula or timetables, reducing incentives for teachers to adopt such tools consistently.
In line with ETF and Cedefop policy analyses, the successful scaling of VR in Albanian VET requires coordinated institutional frameworks that combine technical support services, clear procurement guidelines, and integration of immersive technologies into curricular planning. Without addressing these technical and organizational barriers, VR risks remaining a fragmented innovation rather than a sustainable component of vocational teaching and learning.

4. THE GENDER DIMENSION: BARRIERS AND OPPORTUNITIES

Gender inequalities in access to digital skills remain a persistent challenge within Albania's education and training system, particularly in vocational education and ICT-related fields. According to the World Bank (2021), women continue to be significantly underrepresented in ICT education and training pathways, reflecting broader structural and socio-cultural barriers that shape educational and career choices from an early age. These disparities are not merely the result of individual preferences, but are deeply embedded in societal norms, institutional practices, and unequal access to resources.
One of the most influential factors contributing to this gap is the persistence of traditional gender roles and cultural expectations. Social norms often associate technical and STEM-related professions with masculinity, implicitly discouraging girls from engaging in ICT-oriented studies and vocational programs. As a result, female participation in digital and technical fields remains limited, reinforcing gender segregation within the labor market.
The lack of female mentors and role models further exacerbates this imbalance. The underrepresentation of women in senior and visible positions within the technology sector reduces opportunities for mentorship, guidance, and inspiration for young women considering digital careers. Without relatable role models, girls may perceive ICT careers as inaccessible or incompatible with their gender identity, which negatively affects motivation and long-term educational aspirations.
In addition, unequal access to technology constitutes a critical structural barrier. Disparities in access to computers, high-speed internet, and digital learning resources at both household and school levels disproportionately affect female students, particularly those in rural or socio-economically disadvantaged contexts. Limited exposure to digital tools during formative years restricts opportunities to build foundational digital competencies, placing girls at a disadvantage in later stages of education and training.
These gender gaps in digital skills development have far-reaching implications beyond individual career trajectories. In a labor market increasingly shaped by digitalization and ICT-driven innovation, women with limited digital competencies face reduced employability and heightened risk of labor market exclusion.

At the macro level, the underutilization of female digital talent constrains productivity, innovation capacity, and inclusive economic growth, highlighting the urgent need for gender-sensitive policies and targeted interventions in digital education and vocational training.

5. Policy Strategies and Pathways Forward

5.1. National Innovation and Smart Specialization

Albania's VET system is aligned with its broader innovation and smart specialization strategy. This includes efforts to enhance blended learning, develop ICT-supported assessment tools, and introduce e-learning solutions in vocational training centers (European Commission, 2021). These trends signal readiness for deeper integration of VR as part of digital transformation.

From a smart specialization perspective, VR-based learning offers significant potential to enhance experiential training in priority economic sectors, while simultaneously addressing skill mismatches between VET outcomes and labor market demands. Immersive technologies enable the simulation of complex work processes, support more objective skills assessment, and provide safer and more cost-effective environments for practical training.

In this context, a more coherent and forward-looking policy approach is required, moving beyond isolated pilot initiatives toward the scalable and sustainable integration of VR within national digital transformation and innovation strategies for VET. This entails greater policy coherence across education, innovation, and employment domains, strengthened collaboration with industry and technology providers, and targeted public investment aimed at improving the quality, relevance, and competitiveness of vocational education and training in Albania.

5.2. Financing and Implementation Gaps

While Albania's legal framework allows for technological innovation in VET, actual investments are limited. The reliance on donor funding and project-based interventions results in fragmented progress. Sustainable integration of VR requires a clear financing strategy, public-private partnerships, and national pilot programs to evaluate effectiveness and scalability (NAVETQ, 2023).

To ensure sustainable implementation, Albania needs a more coherent approach that blends public financing with structured public–private partnerships, enabling companies to co-invest in training technologies and benefit from a more skilled workforce. National pilot programs should be launched to assess the cost-effectiveness, pedagogical value, and scalability of VR-based learning across different VET fields. Without such mechanisms, the adoption of VR risks remaining experimental rather than becoming a systemic component of the country's VET modernization agenda.

FINDINGS

1. Digital Skills Gap and Employment

The digital skills deficit among Albanian youth is a major barrier to employment. Less than half of VET graduates work in fields aligned with their qualifications. Meanwhile, the ICT sector continues to demand new digital profiles that most students are not prepared for. The skills mismatch is especially pronounced among young women, who are disproportionately represented in low-paid sectors and less likely to engage in advanced digital training.

2. Gendered Access to VET and Digital Tools

Female students are underrepresented in ICT-focused VET programs and are more likely to select vocational tracks perceived as "feminine," such as services and hospitality. Moreover, rural VET centers where female participation is often higher suffer from poor infrastructure and outdated digital equipment. Cultural norms and caregiving responsibilities further limit women's ability to participate in intensive digital training.

3. Potential of VR and Immersive Learning

Virtual Reality technologies are being introduced in some Albanian VET schools to enhance experiential learning. While still limited in scope, VR offers promising solutions for skill development in sectors like tourism, engineering, and healthcare. However, the digital gender divide risks reproducing inequalities in access to such innovations.

CONCLUSION

The integration of digital skills into Albania's VET system must be approached through a gender-sensitive lens. While digitalization offers significant opportunities for enhancing employability, empowerment, and equality, without deliberate interventions it risks widening existing gender disparities. Investments in ICT infrastructure need to be paired with gender-sensitive training programs, career guidance, and policies that challenge stereotypes and actively encourage girls' participation in STEM and technical fields.

Teachers, particularly female instructors, play a crucial role in leading digital transformation in classrooms. Evidence indicates that institutions where staff receive targeted professional development in digital pedagogy and inclusive teaching practices achieve higher student outcomes and greater female engagement.

Although policy interest in digitalizing VET is strong, implementation gaps remain. The integration of immersive technologies such as Virtual Reality (VR) is still in its early stages, limited by inadequate infrastructure, insufficient human capacity, and the absence of cohesive national standards. More empirical research is needed to evaluate pilot VR initiatives, define minimum equipment and training requirements, and explore how immersive digital learning can advance gender equity.

Ultimately, digital skills are not merely a requirement for modern employment—they are a gateway to empowerment and social inclusion. If Albania's VET system is adequately resourced and inclusively reformed, it can become a driver of both youth employment and gender justice. Embracing immersive digital tools like VR should form part of this strategy, but equity must remain central. Bridging the digital divide, particularly for girls and rural youth, is essential to ensure that technology-driven growth benefits all and leaves no one behind.

REFERENCES

AKPA/NAES (2023). Statistical Bulletin 2024.

Cedefop. (2022) "Digitalisation in vocational education and training: Challenges and opportunities" https://www.cedefop.europa.eu

Cedefop. (2023)" Digitalisation and the future of vocational education and training in Europe. European for the Development of Vocational" https://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/publications/3079 Training.

ETF (2024) "Key policy developments in education, training and employment' Country%20Fiche_Albania_2024_EN_web_0.pdf

European Commission (2021)" Smart Specialisation Strategy Albania". https://op.europa.eu

https://www.instat.gov.al/en/children-and-youth-official-statistics/training-and-employment/youths-15-24-years-old-not-in-employmenteducationtraining-neets/

International Labour Organization (ILO). (2020)" Skills and gender equality: Breaking barriers to women's employment". Geneva: ILO.

National Employment and Skills Strategy (2023–2030).

NAVETQ (2023). National Report on VR in VET in Albania. Tirana: National Agency for VET and Qualifications.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. Computers & Education, 147, 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

UNDP Albania (2022). The Perspective of Students on Vocational Education and Training: Opinion Survey. Tirana: UNDP Albania

UNESCO. (2019). I'd blush if I could: Closing gender divides in digital skills through education. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

VRinVET. (2023). Virtual Reality in Vocational Education and Training.National Reporting Albania.

World Bank. (2021). Albania Gender Assessment: Progress and Constraints in Gender Equality. Washington, DC: World Bank.

World Economic Forum. (2023). The Future of Jobs Report 2023. Geneva: WEF.

PAEONIA CİNSİNE AİT TÜRLERDE psbA-trnH IGS BÖLGESİ İLE DNA BARKODLAMA VE FİLOGENETİK İLİŞKİLERİN ANALİZİ

Sema ÇEKDEMİR
Uşak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
ORCID: 0009-0004-4839-3058

Doç. Dr. Aykut YILMAZ
Uşak Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
ORCID: 0000-0002-0327-8388

ÖZET
Paeoniaceae familyasına ait tek cins olan *Paeonia* L., dünya genelinde yaklaşık 34 türle temsil edilmektedir. Kuzey Yarım Küre'de geniş bir coğrafik dağılım gösteren *Paeonia* cinsi, süs bitkisi olarak ekonomik değere sahip olmakla beraber, tıbbi açıdan da değerli özellikleriyle dikkat çekmektedir. Fakat yüksek düzeyde morfolojik benzerlikler, doğal hibritleşmeler ve belirsiz genetik ilişkiler, taksonların yanlış tanımlanmasına yol açmaktadır. Bu da cinsi filogenetik ve taksonomik açıdan karmaşık bir hale getirmektedir. DNA barkodlama, tür çeşitliliğinin belirlenmesi, filogenetik ilişkilerin değerlendirilmesi ve var olan taksonomik problemlerin çözümü için kullanılan moleküler yöntemlerden birisidir. Bu bağlamda, *Paeonia* cinsi gibi taksonomik açıdan problemli türlerin evrimsel ve filogenetik ilişkilerinin aydınlatılmasında, ayrım gücü yüksek barkodlama bölgesinin belirlenmesi, daha güvenilir ve doğru bilgiler sağlamak için önemlidir. Bu çalışmada, kloroplast DNA'ya (cpDNA) ait psbA-trnH IGS bölgesi için DNA sekans bilgileri kullanılarak *Paeonia* cinsine ait mevcut taksonomik problemlerin çözümü ve filogenetik ilişkilerin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu nedenle, NCBI (National Center for Biotechnology Information) veri tabanında tüm *Paeonia* taksonlarına ait psbA-trnH IGS dizileri belirlendi ve Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA 11) programında variable bölgeler, parsim-info sekansları ve nükleotit frekans (%) verileri değerlendirildi. Daha sonra, *Paeonia* taksonlarına ait ilgili bölge için Neighbor Joining (NJ) dendrogramı oluşturularak filogenetik analizi yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, psbA-trnH IGS bölgesinin bu türleri tanımlamak için uygun DNA barkod bölgesi olduğu ve oluşturulan dendrogramda *Paeonia* taksonlarını seksiyonel düzeyde başarılı bir şekilde ayırdığı belirlenmiş olup, gelecek çalışmalar için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
Anahtar Kelimeler : *Paeonia,* Paeoniaceae, DNA barkodlama, filogenetik, psbA-trnH IGS

ANALYSIS OF DNA BARCODING AND PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS IN SPECIES OF THE GENUS *PAEONIA* USING THE psbA-trnH INTERGENIC SPACER (IGS) REGION

ABSTRACT
The genus *Paeonia* L., the sole genus within the family Paeoniaceae, is represented by approximately 34 species worldwide. *Paeonia*, which exhibits a broad geographical distribution across the Northern Hemisphere, possesses significant economic value as an ornamental plant and is also notable for its medicinally important properties. However, high levels of morphological similarity, natural hybridization, and ambiguous genetic relationships lead to the misidentification of taxa, rendering the genus complex from both phylogenetic and taxonomic perspectives.

DNA barcoding is one of the molecular approaches employed to determine species diversity, assess phylogenetic relationships, and address existing taxonomic issues. In this context, identifying a barcode region with high discriminatory power is essential for providing more reliable and accurate information in elucidating the evolutionary and phylogenetic relationships of taxonomically problematic groups such as *Paeonia*. In this study, DNA sequence data belonging to the chloroplast DNA (cpDNA) psbA–trnH IGS region were used to resolve the current taxonomic problems of the genus *Paeonia* and to reveal its phylogenetic relationships. For this purpose, psbA–trnH IGS sequences of all *Paeonia* taxa were retrieved from the NCBI (National Center for Biotechnology Information) database, and variable regions, parsimony-informative sites, and nucleotide frequency (%) data were evaluated using the Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA 11) software. Subsequently, a Neighbor-Joining (NJ) dendrogram was constructed for the relevant region of *Paeonia* taxa, and phylogenetic analyses were conducted. Examination of the results obtained from this study indicates that the psbA–trnH IGS region is an appropriate DNA barcode for identifying these species and successfully distinguishes *Paeonia* taxa at the sectional level in the constructed dendrogram, suggesting its potential contribution to future research.
Keywords: *Paeonia*, Paeoniaceae, DNA barcoding, phylogenetics, psbA–trnH IGS

GİRİŞ

Paeoniaceae familyasına ait olan ve bu familya içerisinde tek cins ile temsil edilen *Paeonia* L., bahçecilikte hem süs bitkisi olarak hem de ekonomik açıdan büyük bir öneme sahiptir (Fan vd., 2020; Fan vd., 2024). *Paeonia* cinsine ait türler, çiçek renkleri, türleri ve bitki boyutları bakımından zengin germ plazma kaynaklarına sahiptir. Bu cinsin bazı üyeleri aynı zamanda yara iyileştirici kökleri ile önemli tıbbi değere sahiptir (Ji vd., 2012). *Paeonia* cinsine ait türler, 13 farklı çiçek morfolojisi ile dikkat çekici bir çeşitlilik sunar (Fan vd., 2023; Fan vd., 2024).

Paeonia cinsi, 20. yüzyıldan önce botanikçiler tarafından Ranunculaceae (Düğünçiçeğigiller) familyasına dahil edilmiştir (Yang vd., 2020). Bununla birlikte, Worsdell (1908) tarafından yapılan ayrıntılı incelemeler sonucunda ve bitkinin özellikle stamenlerinin karakteristik dizilişi dikkate alındığında, *Paeonia* cinsinin Ranunculaceae familyasında yer alan güllerden farklı olduğu belirlenmiş ve yeni bir değerlendirme ile Paeoniaceae (Şakayıkgiller) familyasına dahil edilmiştir (Yang vd., 2020).

Moleküler verilere dayalı olarak yapılan çalışmalara göre (Savolainen vd., 2000; Jian vd., 2008; Dong vd., 2018; Folk vd., 2019; Cai vd., 2024), Paeoniaceae'nin, önceki araştırmacıların morfolojik temelli görüşlerinin aksine, Ranunculales takımı içinde yer alan Ranunculaceae familyasına ya da Dilleniales takımı içinde yer alan Dilleniaceae familyasına değil (Zhou vd., 2021), Saxifragales takımı içinde yer alan bir üye olduğu ortaya konulmuştur. Türkiye florasında *Paeonia* cinsi, 8 tür ve 4 alttürü içeren 12 takson ile temsil edilmektedir. (Cetiz vd., 2023). Ayrıca Türkiye'de ayı gülü adıyla bilinen *Paeonia* cinsi, halk arasında bocur, gülora, eşek gülü, şakayık, yer şakayığı gibi farklı adlarla anılan çok yıllık, otsu ve rizomlu bir bitki grubudur (Semerci vd., 2019).

Hong'a (2010, 2021) göre *Paeonia* cinsi, dünya çapında otsu ve odunsu olmak üzere toplamda 34 tür içermektedir (Zhang vd., 2022). 34 türden 21'i saf diploid, 9'u saf tetraploid ve 4'ü hem diploid hem de tetraploid formlara sahiptir (Zhou vd., 2021). Bazı kaynaklar ise *Paeonia* cinsini farklı sayıda türlerle tanımlamaktadır (Orhan vd., 2010; Assadi, 2017; Li vd., 2021). Bir başka deyişle, *Paeonia* cinsindeki türlerin kesin sayısı hakkında taksonomistler arasında bir fikir birliği bulunmamaktadır (Zhang vd.,2009).

Odunsu formda olan *Paeonia* türleri, odunsu gövde yapısına sahip olup yaklaşık 2 metreye kadar büyüyebilir; çiçeklenme dönemleri genellikle ilkbaharın başlarında gerçekleşmektedir. Diğer formu oluşturan otsu yapılı *Paeonia* türleri ise daha kısa boylu olup geç ilkbahar ve yaz döneminde çiçeklenmektedir (Kamenetsky ve Dole, 2012).

Lynch (1890), *Paeonia* cinsini Moutan, Onaepia ve Paeonia olarak üç alt cinse ayırmıştır (Zhou, 2006). Stern (1943), Lynch'in bu yaklaşımını benimseyerek "alt cins" yerine daha düşük bir taksonomik düzey olan "seksiyon" terimini kullanmış ve *Paeonia* cinsini üç ana seksiyona ayırmıştır. Stern'in *Paeonia* cinsini sınıflandırma sistemi, sonraki araştırmacılar tarafından büyük ölçüde benimsenmiş ve moleküler temele dayanan çalışmalarla da desteklemiştir (Sang vd., 1995; Sang vd., 1997a, 1997b; Stern, 1946; akt. Yang vd., 2020). Onaepia ve Moutan seksiyonları yalnızca diploid türleri içerirken, Paeonia seksiyonuna ait türlerin üçte birinin tetraploid olduğu ifade edilmektedir (Stern, 1946; akt. Zhang vd., 2019). Bunlardan otsu türler olan Paeonia ve Onaepia, Orta ve Doğu Asya, Himalayalar, Batı-Kuzey Amerika (ABD ve Kanada) ve Akdeniz bölgelerinde yaygın olarak bulunur. Moutan, tamamı Çin'e özgü olan odunsu *Paeonia* türlerini içermektedir (Yang vd., 2020; Cai vd., 2024). Bu kadar geniş ölçekli habitat çeşitliliği, *Paeonia* cinsinde son derece zengin bir genetik çeşitliliğin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Yang vd., 2020).

İlk *Paeonia* türü, 1804 yılında kültüre alınmış bitkiler temel alınarak tanımlanmış; ancak yaklaşık 190 yıl boyunca yalnızca birkaç yeni takson keşfedilebilmiştir. Bununla birlikte, 20. yüzyılın son on yılında *Paeonia* sect. Moutan içinde yeni taksonların tanımlanmasında ve belirsizlik içeren türlerin yeniden değerlendirilmesinde belirgin bir artış yaşanmıştır (Zhang vd., 2009). *Paeonia* cinsinin büyük oranda melezleşme yoluyla türleşme sürecine maruz kalması, tür ve alt tür sayısındaki hızlı artış ile birlikte filogenetik ve taksonomik açıdan bu grubun karmaşıklığını artırmıştır (Sang, 1995).

Birçok taksonomist tarafından *Paeonia* cinsi için tür kavramı üzerine farklı görüşler paylaşılmış (Haw ve Lauener, 1990; Osti, 1994; Hong ve Pan, 1999) ve bu durum *Paeonia* cinsinin morfolojik değişkenliklerinin farklı yorumlanması ve değişken revizyonlar temelinde önemli tutarsızlıklara yol açmıştır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için özellikle moleküler temele dayanan çalışmaların kullanılması, birçok araştırmacı tarafından önerilmektedir (Zhang vd., 2009; Fan vd., 2020; Wu vd., 2021).

Bazı taksonların yanlış tanımlanmasına bağlı olarak filogenetik ilişkilerin değerlendirilmesi, taksonomik açıdan önemli hataların oluşmasına neden olmuştur. Bu tür taksonomik zorlukların üstesinden gelmenin en etkili yöntemlerinden biri, moleküler belirteçlerin kullanımı ve değerlendirilmesidir. DNA barkodlama, DNA dizilerini kullanarak biyoçeşitliliğin değerlendirilmesi ve taksonomik olarak sorunlu türlerin tanımlanması gibi birçok alanda kullanılan önemli bir moleküler yaklaşımdır. Bu yaklaşım, özellikle taksonomik açıdan karmaşık bitki gruplarında türlerin ayrımını kolaylaştırırken, morfolojik değişkenliklerden kaynaklanan zorlukları da aşmayı mümkün kılar (Yılmaz, 2020; Letsiou vd., 2024; Myong vd.,2025; Yılmaz, 2025; Zheng vd., 2025).

DNA barkodlama yönteminde nükleer ve kloroplast DNA (cpDNA) bölgeleri, bitki filogenetik çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. DNA barkodlama çalışmaları için cpDNA'ya ait matK, rbcL, rpoB, rpoC1, atpB gibi gen bölgeleri ve psbA-trnH IGS, trnL-trnF IGS, psbK-psbI IGS, atpF-atpH IGS, trnS-trnG IGS (intergenic spacer) gibi genler arası bölgeler sıklıkla tercih edilmektedir (Vasa vd., 2022; Letsiou vd., 2024; Imanbayeva vd., 2024; An vd., 2025). cpDNA sekansları gibi, taksonomik problemlerin çözümü ve bitkilerde taksonomik ilişkilerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir diğer bölge, nükleer DNA sekanslarıdır.

Özellikle 18S, 26S ve 5.8S gibi ribozomal RNA (rRNA) genlerini içeren bölgeler ile bu bölgeler arasında bulunan, Internal Transcribed Spacer olarak adlandırılan (ITS1 ve ITS2) DNA bölgeleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Ladani, 2022; Yılmaz, 2023; Bhat vd., 2024; Dhabal vd., 2025).

Paeonia cinsindeki türlerin doğru bir şekilde tanımlanması, bu bitkilerin evrimsel ilişkilerinin anlaşılması açısından önemlidir. *Paeonia* cinsine ait türlerin taksonomik sınırlarının belirlenmesi, hibritleşme ve karmaşık evrimsel süreçler dikkatle ele alınarak, daha güvenilir filogenetik ağaçların oluşturulması DNA barkodlama yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmada, *Paeonia* cinsine ait mevcut taksonomik problemlerin çözümü, türler arasındaki filogenetik ilişkilerin değerlendirilmesi, genetik farklılıkların belirlenmesi ve cins içerisindeki seksiyonel ayrımların ortaya çıkarılması amacıyla DNA barkodlama çalışmalarında sıklıkla kullanılan psbA-trnH IGS sekansları kullanılmıştır. Bu amaçla, *Paeonia* cinsine ait tüm türler, ilgili DNA bölgeleri dikkate alınarak National Center for Biotechnology Information (NCBI) veri tabanından elde edilmiş ve Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA 11) yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, özellikle taksonomik açıdan problemli türleri, filogenetik ilişkileri bakımından ayırt etme potansiyeli yüksek olan cpDNA'ya ait psbA-trnH IGS bölgesi kullanılmıştır. Bu araştırmada psbA-trnH IGS bölgesine ait tüm *Paeonia* taksonları, tür çeşitliliği ve popülasyonları da dikkate alınarak NCBI veri tabanında belirlenmiş ve analiz edilmiştir. Bu analiz doğrultusunda ayrıca, farklı araştırmacılar tarafından veri tabanına yüklenmiş aynı *Paeonia* taksonlarına ait psbA-trnH IGS bölgesinin sekans bilgileri de toplanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda, psbA-trnH IGS sekans bilgilerine sahip tüm *Paeonia* taksonları belirlenmiş ve ardından psbA geni/psbA-tnH IGS/trnH geni, psbA geni/psbA-trnH IGS ve psbA-trnH IGS/ trnH geni gibi bölgelerden psbA-trnH IGS sekans bilgileri çıkarılmıştır.

Çalışma kapsamında, farklı coğrafik bölgelerde yayılış gösteren aynı türe ait popülasyonlar da daha kapsamlı değerlendirme amacıyla toplanmıştır. Bir başka deyişle, türler arası filogenetik ilişkilerin değerlendirmesinin yanı sıra, tür içi varyasyonların da tayin edilmesi açısından bu çalışma önem arz etmektedir. *Paeonia* cinsinin 18 taksonuna ait 34 örnek için, psbA-trnH IGS sekansları çıkarılmış ve değerlendirmeye alınmıştır. Daha sonra, tüm *Paeonia* taksonlarına ait psbA-trnH IGS bölgesi için elde edilen veriler Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version (MEGA 11) programına aktarılarak hizalanmıştır.

Paeonia taksonlarının psbA-trnH IGS sekanslarına ait yapılan analizler sonucunda, parsimony (parsim-info) ve variable nükleotit dizileri belirlenmiş; ilgili DNA bölgesi için *Paeonia* cinsinin nükleotit dizileri ve değişim oranları tespit edilip Tablo 1'de gösterilmiştir. Ayrıca transisyon/transversiyon baz değişim yüzdeleri, pürin ve primidinler için transisiyon/transversiyon oranları ve nükleotit frekansları hesaplanmıştır (Tablo 2). Bir sonraki aşamada, *Paeonia* cinsine ait belirlenen taksonlar arasındaki filogenetik ilişkileri ortaya koymak amacıyla Neighbor Joining (NJ) dendrogram oluşturulup analiz edilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, *Paeonia* cinsine ait toplamda 18 taksona ait 34 örneğin psbA-trnH IGS bölgesindeki tüm sekans verileri NCBI veri tabanından sağlanmış olup, elde edilen veriler türler arasındaki genetik farklılıkları ve filogenetik ilişkileri belirlemek için kapsamlı bir şekilde incelenmiştir.

İlgili gen bölgesine ait analizlerden daha güvenilir ve doğru sonuçlar elde etmek amacıyla, sekans verilerinde bulunan hatalı, eksik ya da boşluk içeren nükleotid dizileri MEGA 11 programının "complete deletion" seçeneği ile silinmiş ve ardından farklı *Paeonia* taksonlarına ait nükleotit dizileri hizalandırılmıştır.

Paeonia taksonlarına ait psbA-trnH IGS bölgesi için alignment length yani hizalandırılmış DNA uzunluğu 451 bp olarak tespit edilmiş ve ardından çalışılan taksonlar arasındaki variable site (45) ve parsim-info bölgeler (29) belirlenmiştir. Analiz edilen taksonlar arasındaki parsimo-info sekansları gösteren grafik elde edilmiş ve Şekil 1'de gösterilmiştir. Ayrıca çalışılan tüm örnekler dikkate alınarak, bir bazın diğer baza değişim durumları belirlenmiş, ardından transisyonel ve transversiyonel değişim oranları (%) hesaplanmıştır (Tablo 1). En yüksek baz değişim oranları Sitozin'den Timin'e %19.58 ve Guanin'den Adenin'e %15.71 olarak sırasıyla tespit edilmiştir. Tranversiyonel baz değişimleri % 51.40 olarak belirlenirken, transisyonel baz değişim oranının % 48.60 olduğu hesaplanmış ve Tablo 2'de gösterilmiştir. Bir başka deyişle, ilgili DNA bölgesi için transversiyonel baz değişim oranlarının, transisyonel değişimlerle kıyaslamada daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo1. psbA-trnH IGS bölgesi için baz değişim oranları.

	A	**T**	**C**	**G**
A	-	*10.01*	*2.67*	**8.1**
T	*8.59*	-	**5.23**	*4.43*
C	*8.59*	**19.58**	-	*4.43*
G	**15.71**	*10.01*	*2.67*	-

psbA-trnH IGS bölgesine ait *Paeonia* taksonları için transisyon/transversiyon oranı, pürinler için 1.829, pirimidinler için 1.956 ve genel transisyon/transversiyon oranı ise 0.738 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, *Paeonia* cinsine ait türlerin nükleotid frakansları incelenmiş ve sırasıyla %72.37 (A+T/U), %27.63 (G+C) olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. *Paeonia* taksonlarına ait psbA-trnH bölgesi için değerlendirilen analiz bilgileri.

Taxon	**Alignment length (bp)**	**Variable site**	**Parsim-info site**	**Transitional substitutions (%)**	**Transversional substitutions (%)**	**Transition/Transversion rate**		**Nucleotide freq. (%)**
						Purines	**Pyrimidines**	**A+T/U**
						Overall		**G+C**
18	451	45	29	48.60	51.40	1.829	1.956	72.37
						0.738		27.63

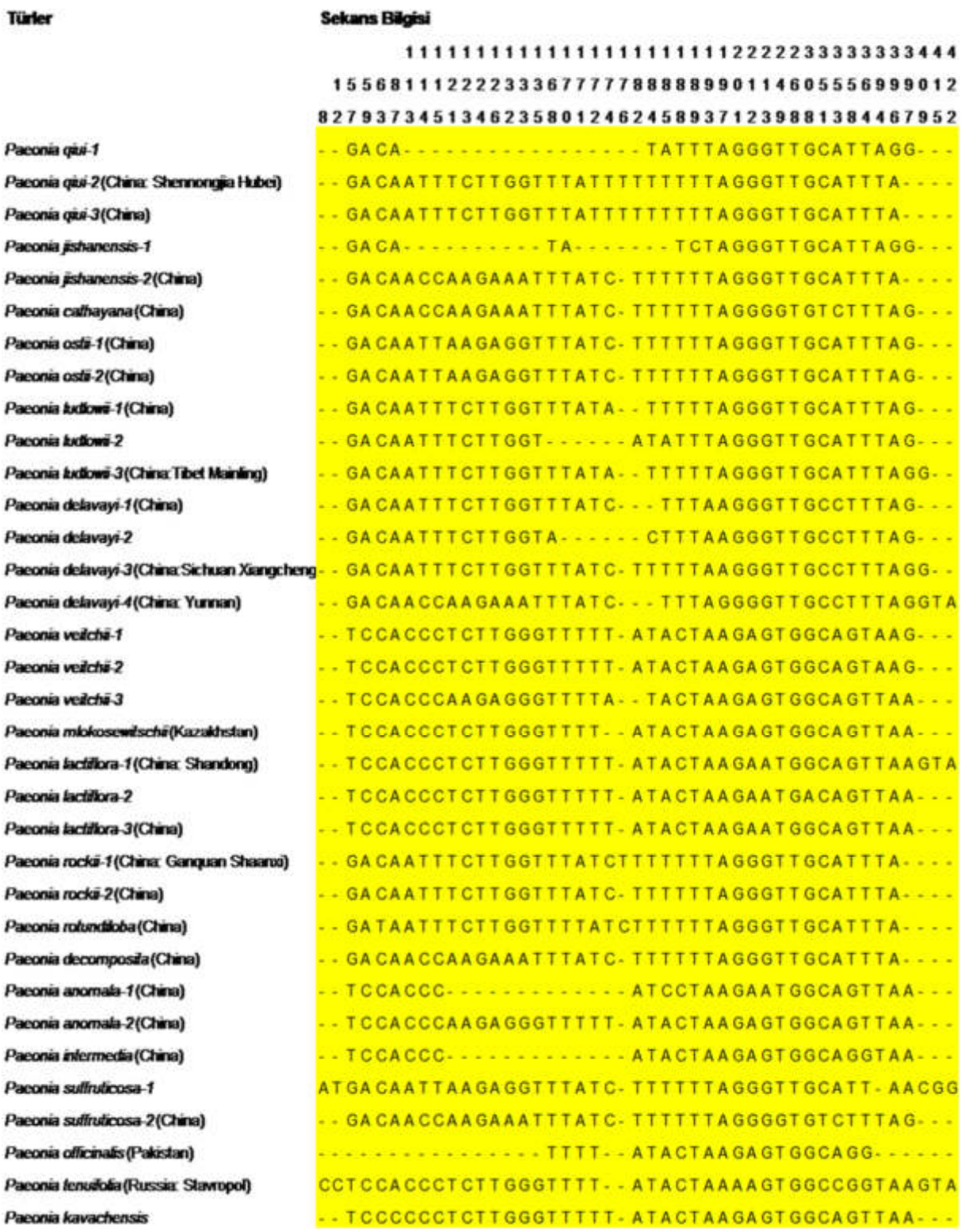
Son olarak, *Paeonia* taksonlarının filogenetik ilişkilerini ve psbA-trnH IGS sekanslarının türler arasındaki ayrım yapabilme yeteneğini ortaya koymak amacıyla boopstrap yöntemi ve complete deletion opsiyonu kullanarak NJ dendogram oluşturulmuştur (Şekil 2).

Bu çalışmada, psbA-trnH IGS bölgesi için oluşturulan dendogram incelendiğinde, *Paeonia* taksonlarının *Paeonia* sect. *Moutan* ve *Paeonia* sect. *Paeonia* olmak üzere iki ana gruba ayrıldığı tespit edilmiştir. Sect. *Moutan*'a ait taksonlar incelendiğinde, subsect. *Vaginatae* ve subsect. *Delavayanae* olarak adlandırılan alt seksiyonlarda gruplandığı, subsect. *Vaginatae*'nin ise daha fazla türle temsil edildiği görülmektedir. *Delavayanae* alt seksiyonuna ait *P. ludlowii* ve *P. delavayi* türleri arasındaki genetik sınır, netlik kazanmamış bir konu olarak değerlendirilmektedir (Zhao vd., 2021).

Dendrogram incelendiğinde, *P. ludlowi* ve *P. delavayi* türlerinin ortak seksiyonda birlikte gruplanmasına rağmen, birbirlerine yakın kümelenmedikleri görülmektedir. Bu durum, Zhao'nun (2021) yaptığı çalışmada olduğu gibi, *P. ludlowi*'nin *P. delavayi*'den farklılaştığını göstermekte, ayrıca coğrafi izolasyon ve genetik farklılaşma gibi önemli evrimsel mekanizmaların olduğuna işaret etmektedir. Bir başka deyişle, bu iki takson arasındaki filogenetik ilişki, mevcut taksonomik yaklaşımı desteklemektedir.

Bir diğer dikkat çeken sonuç ise, *P. suffruticosa*'ya ait iki örneğin birlikte aynı seksiyon ve alt seksiyonda gruplanmasına karşın, yan yana kümelenmediği görülmüştür.

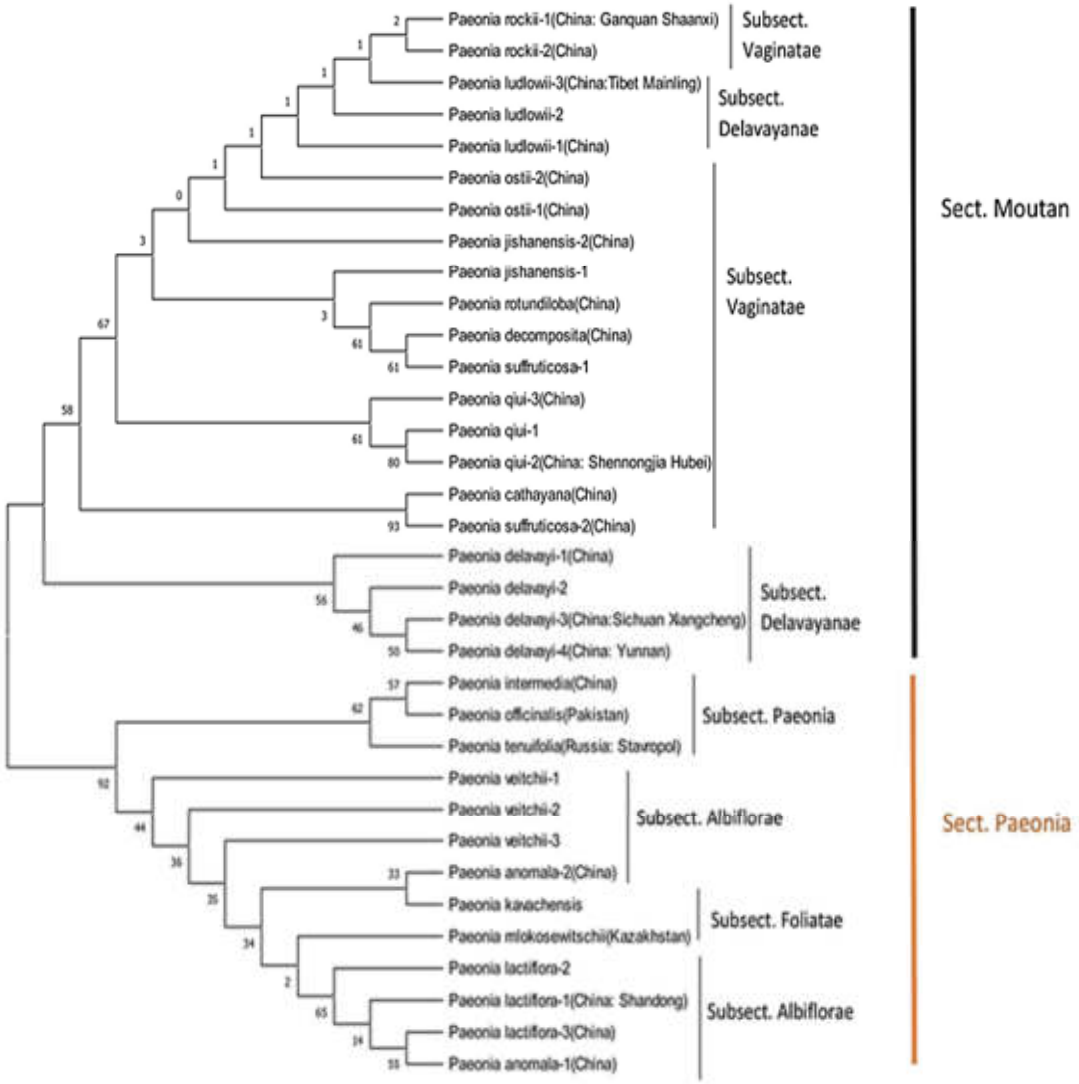
Bazı araştırmacılar bu türün, *Paeonia* cinsine ait sect. *Moutan* içindeki türlerle melezleşme süreçlerinin bir sonucu olarak ortaya çıktığı ifade etmektedir (Cheng, 2007; Li vd., 2022; Chen vd., 2023). Ayrıca bazı çalışmalarda, *P. suffruticosa* türünün *P. cathayana*'nın kültüre alınmış bir varyantı olduğu görüşü savunulmaktadır (Hong ve Pan, 2005; Zhou vd., 2014). *Paeonia* cinsine ait taksonların filogenetik ilişkilerini ortaya koymak adına hazırlanan NJ dendrogram incelendiğinde, *P. suffruticosa*'ya ait örneklerden birinin *P. cathayana* ile birlikte kümelendiği ve filogenetik açıdan yakın ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Bu da *P. suffruticosa*' nın birden fazla türle melezlenme sonucu ortaya çıktığı görüşlerini destekler niteliktedir.



Şekil.1 *Paeonia* cinsine ait türlerin psbA-trnH IGS sekansları temelinde değişken nükleotid dizileri.

Filogenetik analiz sonuçları, *Paeonia* seksiyonuna ait taksonların üç alt seksiyona ayrıldığını ve aynı alt seksiyona ait türlerin genel olarak birlikte kümelendiğini göstermektedir. *Foliatae* alt seksiyonuna ait örneklerin, *Albiflorae* alt seksiyonuna ait örneklerden oluşan grup içerisinde kümelendiği görülmektedir.

Hong'un 2001 yılında yaptığı çalışmada *P. veitchii*'yi *P. anomala*'nın alt türü olarak değerlendirmiştir. Ancak moleküler temelli yapılan bazı çalışmalardan elde edilen veriler, *P.anomala* ve *P. veithii* türlerinin genetik farklılık sergilediğini göstermektedir (Xia, 2008; Yang vd., 2020). Pan'ın (2007) yaptığı çalışmada cpDNA 'ya ait gen bölgeleri dizilenerek analiz edilmiş ve *P.anomala*'nın kloroplast genomunun *P. veitchii*'ye kıyasla *P. lactiflora* ile daha çok benzerlik gösterdiğini bulmuşlardır. Bu çalışmada, *P. anomala* taksonlarının, *P. kavachensis* ve *P. lactiflora* türleri ile yakın ilişkili olduğu görülmektedir.



Şekil 2. *Paeonia* taksonlarına ait psbA-trnH IGS bölgesi için oluşturulan NJ dendrogramı.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak değerlendirildiğinde, psbA-trnH IGS bölgesine ait sekansların *Paeonia* cinsine ait türleri seksiyonel anlamda başarılı bir şekilde ayırabildiği, hatta alt seksiyon ayrımında da oldukça yeterli olduğunu görülmektedir. Ayrıca filogenetik ilişkiler bakımından sorunlu olan türlerde dahil olmak üzere, diğer çalışmalarla büyük benzerlik göstermektedir.

EK

DQ313729, DQ313735, GQ248358, GQ248359, GQ435202, GQ435203, GQ435205, GQ435209, KJ946180, KJ946181, KJ946182, KJ946184, KJ946189, KJ946190, KJ946191, KJ946194, KJ946199, KM660511, KP089746, KP089747, KU525688, KX240067, KY197896, MF786013, MH025554, MH025555, MH051894, MH051895, MK696561, MT277576, MT814328, MT814335, MZ540191, PQ428441

KAYNAKLAR

An, K., Yin, G., Wang, X., Shi, Y., Zhang, X., He, G., ... & Wei, S. (2025). Intraspecific identification and genetic diversity analysis of Paeonia lactiflora based on chloroplast genes rpoB and psbK-psbI. Molecular Biology Reports, 52(1), 165.

Assadi, M. (2017). A taxonomic revision of the genus *Paeonia* (Paeoniaceae) in Iran, *The Iranian Journal of Botany*, 22(2), 75-78.

Bhat, A. R., Hegde, S., Kammar, S. S., Muthamma, M. B., Mudgal, G., Charukesi, R., & Mohan, T. C. (2024). Curating And Validating Universally Applicable Primers For Efficient ITS2-Based DNA Barcoding Across Plant Taxa. International Journal of Health and Allied Sciences, 13(1), 4.

Cai, H., Xu, R., Tian, P., Zhang, M., Zhu, L., Yin, T., Zhang, H., & Liu, X. (2024). Complete Chloroplast Genomes and the Phylogenetic Analysis of Three Native Species of Paeoniaceae from the Sino-Himalayan Flora Subkingdom. International Journal of Molecular Sciences, 25(1), 257. https://doi.org/10.3390/ijms25010257

Cetiz, M. V., Turumtay, E. A., Burnaz, N. A., Özhatay, F. N., Kaya, E., Memon, A., & Turumtay, H. (2023). Phylogenetic analysis based on the ITS, mat K and rbc L DNA barcodes and comparison of chemical contents of twelve *Paeonia* taxa in Türkiye, *Molecular Biology Reports*, 50(6), 5195-5208.

Chen, Q., Chen, L., Teixeira da Silva, J. A., & Yu, X. (2023). The plastome reveals new insights into the evolutionary and domestication history of peonies in East Asia. BMC Plant Biology, 23(1), 243.

Cheng, F. Y. (2007). Advances in the breeding of tree peonies and a cultivar system for the cultivar group. International Journal of Plant Breeding, 1(2), 89-104.

Dhabal, S., Chakrabarty, A. K., Banerjee, D., Katiyar, C. K., Rai, R. K., & Dubey, S. K. (2025). Internal transcribed spacer (ITS): The powerful DNA barcode and phylogenetic marker for successful authentication of Withania somnifera. Molecular Biology Reports, 52(1), 77.

Dong, W., Xu, C., Wu, P., Cheng, T., Yu, J., Zhou, S., & Hong, D. Y. (2018). Resolving the systematic positions of enigmatic taxa: manipulating the chloroplast genome data of Saxifragales, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 126, 321-330.

Fan, Y., Jin, X., Wang, M., Liu, H., Tian, W., Xue, Y., ... & Wu, Y. (2024). Flower morphology, flower color, flowering and floral fragrance in *Paeonia* L., *Frontiers in Plant Science*, 15, 1467596.

Fan, Y., Wang, Q., Dong, Z., Yin, Y., Teixeira da Silva, J. A., & Yu, X. (2020). Advances in molecular biology of *Paeonia* L., *Planta*, 251, 1-47.

Fan, Y., Zheng, Y., Chen, L., Xu, L., da Silva, J. A. T., Wu, B., & Yu, X. (2023). Transcriptomic and proteomic analyses reveal changes in the metabolic pathways of *Paeonia* lactiflora petaloid stamens, *Scientia Horticulturae*, 312, 111859.

Folk, R. A., Stubbs, R. L., Mort, M. E., Cellinese, N., Allen, J. M., Soltis, P. S., ... & Guralnick, R. P. (2019). Rates of niche and phenotype evolution lag behind diversification in a temperate radiation, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(22), 10874-10882.

Haw, S. G., & Lauener, L. A. (1990). A review of the infraspecific taxa of *Paeonia* suffruticosa Andrews, *Edinburgh Journal of Botany*, 47(3), 273-281.

Hong DeYuan, H. D. (2010). Peonies of the world: Taxonomy and phytogeography.

Hong DeYuan, H. D., Pan KaiYu, P. K., & Turland, N. J. (2001). *Paeonia* anomala subsp. veitchii (Paeoniaceae), a new combination.

Hong, D. Y., & Pan, K. Y. (1999). A revision of the *Paeonia* suffruticosa complex (Paeoniaceae), *Nordic Journal of Botany*, 19(3), 289-300.

Hong, D. Y., & Pan, K. Y. (2005). Notes on taxonomy of *Paeonia* sect. Moutan DC.(Paeoniaceae). Acta Phytotaxonomica Sinica, 43(2), 169-177.

Hong, D. Y., & Zhou, S. L. (2021). Peonies of the world: phylogeny and evolution, Kew Publishing, *Royal Botanic Gardens*, Kew.

Imanbayeva, A., Duisenova, N., Orazov, A., Sagyndykova, M., Belozerov, I., & Tuyakova, A. (2024). Study of the Floristic, Morphological, and Genetic (atpF–atpH, Internal Transcribed Spacer (ITS), matK, psbK–psbI, rbcL, and trnH–psbA) Differences in Crataegus ambigua Populations in Mangistau (Kazakhstan). Plants, 13(12), 1591. https://doi.org/10.3390/plants13121591

Ji, L., Wang, Q., da Silva, J. A. T., & Yu, X. N. (2012). The genetic diversity of *Paeonia* L., *Scientia horticulturae*, 143, 62-74.

Jian, S., Soltis, P. S., Gitzendanner, M. A., Moore, M. J., Li, R., Hendry, T. A., ... & Soltis, D. E. (2008). Resolving an ancient, rapid radiation in Saxifragales, *Systematic Biology*, 57(1), 38-57.

Kamenetsky, R., & Dole, J. (2012). Herbaceous peony (*Paeonia*): genetics, physiology and cut flower production. Floric, *Ornam. Biotechnol*, 6, 62-77.

Ladani, M. R. (2022). Topic Based Understanding on DNA Barcoding Especially Interpreting Indefinite Differentiation Ability of Nuclear ITS1/ITS2 In Closely Related Plant Species. In Y. Singh (Ed.), Recent Trends in Molecular Biology and Biotechnology (Vol. 4, pp. 15-26). Integrated Publications. DOI: 10.22271/int.book.144

Letsiou, S., Madesis, P., Vasdekis, E., Montemurro, C., Grigoriou, M. E., Skavdis, G., ... & Tzakos, A. G. (2024). DNA barcoding as a plant identification method. Applied Sciences, 14(4), 1415.

Li, P., Shen, J., Wang, Z., Liu, S., Liu, Q., Li, Y., ... & Xiao, P. (2021). Genus *Paeonia*: A comprehensive review on traditional uses, phytochemistry, pharmacological activities, clinical application, and toxicology, *Journal of Ethnopharmacology*, 269, 113708.

Li, W., Huang, X. C., Wang, Y. L., Zhang, R. J., Shi, D. Y., Li, T. F., ... & Xue, J. Y. (2022). Plastid phylogenomics of *Paeonia* and the evolution of ten flower types in tree peony. Genes, 13(12), 2229.

Lynch, R. I. (1890). A new classification of the genus *Paeonia*, *J. Roy. Hort. Soc*, 12, 428-445.

Myong, C. J., Sin, M. H., Ho, U. H., Song, S. R., Ri, K. H., Ri, T. R., & Yo, C. I. (2025). Phylogenetic study of Adenophora koreana by morphological traits and DNA barcoding. Genetic Resources and Crop Evolution, 1-7.

Orhan, I., Demirci, B., Omar, I., Siddiqui, H., Kaya, E., Choudhary, M. I., ... & Başer, K. H. C. (2010). Essential oil compositions and antioxidant properties of the roots of twelve Anatolian *Paeonia* taxa with special reference to chromosome counts, *Pharmaceutical biology*, 48(1), 10-16.

Osti, G. L. (1994). Tree peonies revisited, *The New Plantsman*, 1(4), 195-205.

Pan, J., Zhang, D., & Sang, T. (2007). Molecular phylogenetic evidence for the origin of a diploid hybrid of *Paeonia* (Paeoniaceae). American Journal of Botany, 94(3), 400-408.

Sang, T. (1995). Phylogeny and biogeography of *Paeonia* (Paeoniaceae), *The Ohio State University*.

Sang, T., Crawford, D. J., & Stuessy, T. F. (1995). Documentation of reticulate evolution in peonies (*Paeonia*) using internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal DNA: implications for biogeography and concerted evolution, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(15), 6813-6817.

Sang, T., Crawford, D. J., & Stuessy, T. F. (1997a). Chloroplast DNA phylogeny, reticulate evolution, and biogeography of *Paeonia* (Paeoniaceae), *American journal of Botany*, 84(8), 1120-1136.

Sang, T., Donoghue, M. J., & Zhang, D. (1997b). Evolution of alcohol dehydrogenase genes in peonies (*Paeonia*): phylogenetic relationships of putative nonhybrid species, *Molecular biology and evolution*, 14(10), 994-1007.

Savolainen, V., Fay, M. F., Albach, D. C., Backlund, A., van der Bank, M., Cameron, K. M., ... & Chase, M. W. (2000). Phylogeny of the eudicots: a nearly complete familial analysis based on rbcL gene sequences, *Kew bulletin*, 257-309.

Semerci, A. B., Tunç, K., İnceçayır, D., & Mammadova, V. (2019). *Paeonia* Türlerinin Antibakteriyal Aktivitesi. Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(1), 21-27.

Stern, F. C. (1943). Genus *Paeonia*, *JR Hortic. Soc*, 68, 124-131.

Stern, F. C. (1946). A study of the genus *Paeonia*.

Vasa Dileep Reddy, Suhel Mehandi, Harmeet S. Janeja, Kanak Saxena and Satya Prakash (2022). Concept on Plant DNA Barcodes and their Application in Identification of Plants. Biological Forum – An International Journal, 14(2a): 360-368.

Worsdell, W. C. (1908). A study of the vascular system in certain orders of the Ranales, *Annals of Botany*, 22(88), 651-682.

Wu, L., Nie, L., Wang, Q., Xu, Z., Wang, Y., He, C., ... & Yao, H. (2021). Comparative and phylogenetic analyses of the chloroplast genomes of species of Paeoniaceae. Scientific Reports, 11(1), 14643.

Xia, T. (2008). Molecular phylogeny of Paeoniaceae-With special emphasis on *Paeonia* Sect. Paeonia.

Yang, Y., Sun, M., Li, S., Chen, Q., Teixeira da Silva, J. A., Wang, A., ... & Wang, L. (2020). Germplasm resources and genetic breeding of *Paeonia*: a systematic review, *Horticulture Research*, 7.

Yılmaz, A. (2020). The importance in DNA barcoding of the regions which is covering rRNA genes and its sequences in the genus Quercus L., *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*, 27(2), 261.

Yılmaz, A. (2025). Analysis of the Variations Within Quercus ilex L. and the Evaluation of Morphological Types Based on Chloroplast and Nuclear DNA Sequences. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 28(1), 36-46.

YILMAZ, A., (2023). THE IMPORTANCE OF ITS1-ITS2 SEQUENCES IN THE PYHLOGENETICALLY EVALUATION OF POTENTILLA L. TAXA AND COMPARISON OF THESE SEQUENCES AS BARCODING REGIONS. International Studies in Health Sciences (pp.183-200), Ankara: Serüven Yayınevi.

Zhang, J., Wang, J., Xia, T., & Zhou, S. (2009). DNA barcoding: species delimitation in tree peonies, *Science in China Series C: Life Sciences*, 52(6), 568-578.

Zhang, K., Yao, L., Zhang, Y., Baskin, J. M., Baskin, C. C., Xiong, Z., & Tao, J. (2019). A review of the seed biology of *Paeonia* species (Paeoniaceae), with particular reference to dormancy and germination, *Planta*, 249, 291-303.

Zhang, X. X., Zuo, J. Q., Wang, Y. T., Duan, H. Y., Yuan, J. H., & Hu, Y. H. (2022). Paeoniflorin in Paeoniaceae: Distribution, influencing factors, and biosynthesis, *Frontiers in Plant Science*, 13, 980854.

Zhao, Y. J., Yin, G. S., Pan, Y. Z., Tian, B., & Gong, X. (2021). Climatic Refugia and Geographical Isolation Contribute to the Speciation and Genetic Divergence in Himalayan-Hengduan Tree Peonies (*Paeonia* delavayi and *Paeonia* ludlowii). Frontiers in genetics, 11, 595334. https://doi.org/10.3389/fgene.2020.595334

Zheng, M., Long, G. U. O., Qi, Z. H. A. N. G., & Xingjun, W. A. N. G. (2025). Molecular authentication of Traditional Chinese Medicine Acanthopanacis Cortex ("Wu Jia Pi") and its analoguesbased on DNA barcode marker ITS2, matK and psbA-trnH.

Zhou, S. L., Xu, C., Liu, J., Yu, Y., Wu, P., Cheng, T., & Hong, D. Y. (2021). Out of the Pan-Himalaya: Evolutionary history of the Paeoniaceae revealed by phylogenomics, *Journal of Systematics and Evolution*, 59(6), 1170-1182.

Zhou, S. L., Zou, X. H., Zhou, Z. Q., Liu, J., Xu, C., Yu, J., ... & Hong, D. Y. (2014). Multiple species of wild tree peonies gave rise to the 'king of flowers', *Paeonia* suffruticosa Andrews. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 281(1797), 20141687.

Zhou, Z. Q. (2006). Taxonomy, geographic distribution and ecological habitats of tree peonies, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53, 11-22.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

GEN İFADESİ VERİSİ NORMALİZASYONUNDAKİ YANLILIKLARIN KOMBİNASYONU

Bahar TERCAN
Institute for Systems Biology
ORCID: 0000-0002-5332-264X

ÖZET

Bir biyolojik örnekte çok sayıda genin o örneğe özgü olması durumunda, diğer genler için daha az dizileme (sequencing) olanağı kalır. Başka bir deyişle, az sayıda yüksek oranda ifade edilen gen, toplam okumaların (reads) çoğunu tüketebilir ve bu da diğer genlerin eksik örneklenmesine (undersampled) neden olur. Bu çalışmada, toplam okuma sayısı (library size), saflık ve aykırı değer (outlier) etkilerini farklı gen ifadesi normalizasyon yaklaşımları olan Milyon Başına Transkript (TPM), Milyon Haritalanmış Fragman Başına Kilobaz Başına Fragmanlar (FPKM), FPKM-Üst Çeyrek (FPKM-UQ) ve Varyans Stabilize Edici Dönüşümü (VST) kullanarak analiz ettik. Ulusal Kanser Enstitüsü Hasta Kaynaklı Model Deposu (NCI PDMR) veri tabanından eşleştirilmiş tümör-model verilerini kullandık ve DESeq2 Bioconductor R kütüphanesini kullanarak sentetik veriler oluşturduk. Eşleştirilmiş model-tümör çiftlerini karşılaştırırken, aşırı aykırı genlerin, yığın (bulk) RNA-sek verisindeki yanlılık (bias) sorunu için başlıca katkıda bulunan faktörler olduğunu saptadık. VST, dizileme derinliği ve kitaplık kompozisyonundaki farklılıkları başarıyla dengeleyen köklü bir normalizasyon yöntemi olduğu için, ileri analizlerde bu yöntemle normalize edilmiş verilerin kullanılmasını tavsiye ediyoruz.

Anahtar Kelimeler: Gen İfadesi Verisi Normalizasyonu, Milyon Başına Transkript (TPM), Milyon Haritalanmış Fragman Başına Kilobaz Başına Fragmanlar (FPKM), FPKM-Üst Çeyrek (FPKM-UQ), Varyans Stabilize Edici Dönüşüm (VST), NCI Hasta Kaynaklı Model Deposu (PDMR).

COMBINATION OF BIASES IN GENE EXPRESSION DATA NORMALIZATION

ABSTRACT

When a large number of genes are unique to a biological sample, less sequencing is available for other genes. In other words, a few highly expressed genes may consume most of the total reads making the other genes undersampled. In this study, we investigated the library size, purity and outlier effects on different gene expression normalization approaches, Transcripts Per Million (TPM), Fragments Per Kilobase per Million mapped fragments (FPKM), FPKM-Upper Quartile (FPKM-UQ) and Variance Stabilizing Transformation (VST). We utilized matched tumor-model data from NCI Patient-Derived Models Repository (PDMR) database and we generated synthetic data using DESeq2 Bioconductor R library. When comparing matched model-tumor pairs, we have found that extreme outlier genes are major contributing factors for the bias issue in bulk RNA-seq data. We recommend using variance stabilizing transformation (VST) -normalized data for downstream analysis, given that this normalization approach is well established to account for differences in sequencing depth and library composition.

Keywords: Gene Expression Data Normalization, Transcripts Per Million (TPM), Fragments Per Kilobase per Million mapped fragments (FPKM), FPKM-Upper Quartile (FPKM-UQ), Variance Stabilizing Transformation (VST), NCI Patient-Derived Models Repository (PDMR)

TİYAMETOKSAM MARUZİYETİNİN MELANOM HÜCRE HATTINDA HÜCRE DAVRANIŞLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Oktay YAVAŞ
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
ORCID: 0009-0009-3523-3326

Bayram Furkan COŞKUN
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0004-8885-543X

Sevinç AKÇAY
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
ORCID: 0000-0003-4233-0799

Serap YALÇIN AZARKAN
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-8584-266X

ÖZET

Neonikotinoidler, böceklerin sinir sisteminde bulunan nikotinik asetilkolin reseptörlerini (nAChR) hedef alarak etki gösteren ve modern tarımda uzun yıllar boyunca yaygın şekilde kullanılan insektisit sınıfıdır. Bu bileşikler özellikle böceklerdeki nAChR'lere yüksek afinite göstermeleri nedeniyle etkili olmuş, memelilerde ise reseptör yapılarının farklılığına bağlı olarak daha düşük toksisiteye sahip oldukları düşünülmüştür. Bu grubun önemli üyelerinden biri olan tiyametoksam, yüksek çözünürlüğü, temas ve mide yoluyla etkili olabilmesi ve tarımsal zararlıların kontrolünde güçlü insektisit özellik göstermesi nedeniyle dünya genelinde yoğun bir kullanım alanı bulmuştur. Ancak son yıllarda neonikotinoidlerin yalnızca hedef olmayan canlılarda —özellikle arılar, kuşlar ve bazı memelilerde— toksik etkilere yol açtığının anlaşılmasıyla birlikte insan sağlığı üzerine potansiyel etkileri de önemli bir araştırma konusu hâline gelmiştir. Tiyametoksam'ın özellikle karaciğer tümörü gelişimiyle ilişkili olabileceğini gösteren çalışmalar, bu kimyasalın kanser biyolojisi bağlamında daha ayrıntılı biçimde incelenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu çalışma, Tiyametoksam'ın memeli hücreleri üzerindeki olası etkilerini anlamak amacıyla, fare melanoma kökenli B16F10 hücre hattı kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmanın ilk aşamasında XTT sitotoksisite analizi yapılmış, böylece Tiyametoksam'ın hücre canlılığı üzerindeki etkisi nicel olarak değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda Tiyametoksam'ın B16F10 hücrelerinde yarı öldürücü konsantrasyonu (IC50) 223.47 µM olarak belirlenmiştir. Bu değer, araştırmanın sonraki aşamalarında thiamethoxam uygulaması için referans doz olarak kullanılmıştır. Ardından gerçekleştirilen yara iyileşme (migrasyon) analizi, tiyametoksam'ın hücrelerin göç yeteneği üzerindeki etkisini ortaya koymak açısından kritik olmuştur. Migrasyon, kanser hücrelerinin metastatik potansiyelini belirleyen en önemli süreçlerden biridir. Analiz sonucunda Tiyametoksam uygulanan hücrelerde hem göç hızının hem de yara kapanma sürecinin belirgin şekilde yavaşladığı gözlenmiştir. Bu durum, Tiyametoksam'ın hücresel davranışlar üzerinde düzenleyici veya baskılayıcı bir etkiye sahip olabileceğini düşündürmektedir. Çalışma genel olarak,

Tiyametoksam'ın melanoma hücrelerinde proliferasyon ve migrasyon gibi temel kanser biyolojisi süreçlerini etkileyebileceğine dair ilk ön bulguları sunmaktadır. Ayrıca bu çalışma, Tiyametoksam ile deri kanseri arasındaki potansiyel ilişkiye yönelik literatürdeki sınırlı veriye katkı sağlaması bakımından önem taşımaktadır. Elde edilen bulgular, ileride daha kapsamlı moleküler analizler, farklı hücre hatları ve in vivo modellerle desteklendiğinde, neonikotinoidlerin insan sağlığı açısından oluşturabileceği risklerin daha net şekilde anlaşılmasına katkıda bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tiyametoksam, B16F10, Sitotoksisite, Hücre migrasyonu

Teşekkür: Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destek Programı kapsamında 1919B012208353 numaralı proje ile desteklenmiştir. Sağlanan bu değerli destek için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

EFFECTS OF THIAMETHOXAM EXPOSURE ON CELLULAR BEHAVIORS IN A MELANOMA CELL LINE

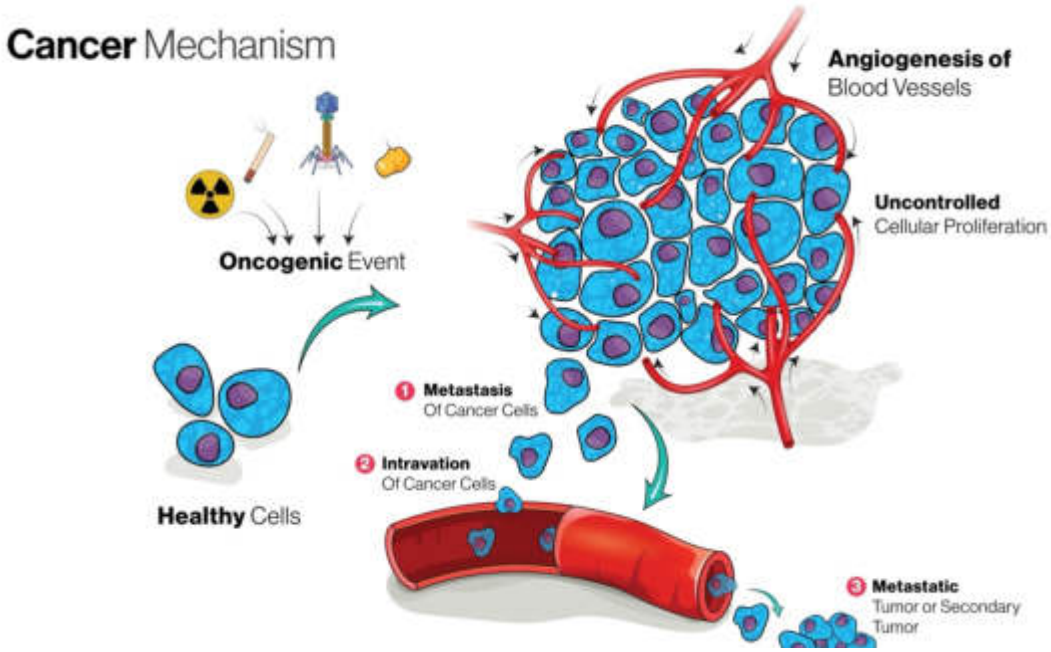
ABSTRACT

Neonicotinoids are a class of insecticides that exert their effects by targeting nicotinic acetylcholine receptors (nAChRs) located in the nervous system of insects. These compounds have been widely used in modern agriculture for many years due to their high affinity for insect nAChRs, which makes them highly effective against pests, while the structural differences in mammalian receptors were believed to confer relatively lower toxicity. Thiamethoxam, one of the major members of this group, has gained widespread global use because of its high solubility, its ability to act through both contact and ingestion, and its strong insecticidal properties in the control of agricultural pests. However, in recent years, as neonicotinoids have been shown to cause toxic effects in non-target organisms—particularly bees, birds, and some mammals—their potential impacts on human health have also become an important topic of investigation. Studies suggesting that thiamethoxam may be associated with the development of liver tumors highlight the need for more detailed research on the role of this chemical in cancer biology. This study was conducted to understand the possible effects of thiamethoxam on mammalian cells using the mouse melanoma-derived B16F10 cell line. In the first phase of the study, an XTT cytotoxicity assay was performed to quantitatively evaluate the effects of thiamethoxam on cell viability. The analysis determined that the half-maximal inhibitory concentration (IC50) of thiamethoxam in B16F10 cells was 223.47 µM. This concentration was subsequently used as the reference dose for additional experiments. Following this, a wound healing (migration) assay was carried out to assess the impact of thiamethoxam on the migratory capacity of the cells. Migration is one of the key processes that determines the metastatic potential of cancer cells. The results showed that cells exposed to thiamethoxam exhibited a significant reduction in both migration speed and wound closure rate. This finding suggests that thiamethoxam may exert regulatory or suppressive effects on cellular behavior. Overall, this study provides preliminary evidence that thiamethoxam may influence fundamental cancer-related processes such as proliferation and migration in melanoma cells. It also constitutes one of the early research efforts exploring the potential association between thiamethoxam and skin cancer. The findings obtained here may contribute to a better understanding of the risks neonicotinoids pose to human health, especially when supported by future studies incorporating more comprehensive molecular analyses, additional cell lines, and in vivo models.

Keywords: Thiamethoxam, B16F10, Cytotoxicity, Cell migration

Acknowledgement: This study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) under the 2209-A Research Projects Support Programme for Undergraduate Students, project number **1919B012208353.** We sincerely thank TÜBİTAK for this valuable support.

1. GİRİŞ



Şekil 1. Kanser mekanizmasının şematik gösterimi (Raz ve ark.,1980**).**

Kanser, dokudaki veya organdaki anormal hücrelerin kontrolsüz çoğalması ve büyümesi, daha sonra vücudun diğer kısımlarına yayılabilen hastalık olarak tanımlanmıştır. Kontrolsüz çoğalan hücreler yakınındaki kan damarlarına ek damarlar açarak kendileri beslerler. Bir süre sonra bulundukları doku veya organdan başka doku veya organlara yayılır ve bu olaya metastaz denir (Raz ve ark.,1980**)**. Bulaşıcı olmamasına rağmen 2020 yılında dünya genelinde tahmini 19,3 milyon kişi kansere yakalanmıştır. Kanser vücutta bulunduğu bölgeye göre isim almaktadır. DSÖ verilerine göre 2020 yılında en çok meme kanseri vakası görülürken en fazla ölüm oranı akciğer kanserinde gözlenmiştir. Kanser birçok nedenden dolayı ortaya çıkabilir; tütün ve alkol kullanımı, radyasyon, beslenme alışkanlıkları, genetik bozukluklar ve kimyasallar (Zhang ve ark.,2022). Kanser tedavisinde erken teşhis, tedavinin işe yararlılığı açısından en önemli etkendir. Kanser tedavisi kanserin tipine göre değişmekle beraber en sık kullanılan yöntemler kemoterapi, radyoterapi ve cerrahidir.

Deri kanseri türlerinin içinde en agresif huylu ve ölümcül olan kanser türü melanomadır. Tüm cilt kanseri ölümlerinin %75'inden fazlasını melanoma oluşturur. Melanoma hücreleri melanositlerin genetik ve çevresel (mutasyon, ultraviyole ışınlara maruz kalma gibi) çeşitli nedenler etkisinde kontrolsüz bölünüp çoğalması sonucu oluşurlar (Lucianò ve ark.,2020). Açık tenli ve deride ben ve çil bulunan insanların melanomaya yakalanma riskinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Deride ortaya çıkan lezyonlar ve lekelerin şeklinin bozuk olması, zaman içinde değişmesi ve renginin birden fazla renk ve tonlarda olması melanomanın belirtileridir. Erken teşhis bütün kanser türlerinde önemli olduğu gibi melanoma kanser türünde de önemlidir. Erken evrelerde tanının konulabilmesi halinde tedavisi mümkündür.

Melanoma kanser türünün tedavisinde en sık kullanılan yöntem tümörlü lezyon veya lekenin cerrahi işlemle alınmasıdır. Ayrıca tek başına veya diğer yöntemlerle birlikte kemoterapi, immünoterapi ve radyoterapi tedavi yöntemleri uygulanabilir.

Neonikotinoidler ve Thiamethoxam

Imidacloprid, thiamethoxam, clothianidin, acetamiprid, thiacloprid, dinotefuran ve nitenpyram kimyasallarının oluşturduğu gruba neonikotinoid (NEO) insektisitler denir (Moris ve ark.,2017,Zhang ve ark .,2022). Böceklerin sinir sistemlerindeki nikotinik asetilkolin reseptörlerine etki eden insektisit grubudur (Zoli ve ark.,2018). Zararlı hedef organizmalar dışında memelileri etkisinin diğer kimyasallara göre daha az olması nedeniyle uzun yıllar popüler pestisit olarak kullanılmıştır. Tarımda zararlı organizmalara karşı kimyasal mücadelede neonikotinoidlerin kullanılması sonucu özellikle arı kolonilerin bozulması, böcekle beslenen kuşlarda ve memelilerde toksikolojik etkiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Ülkemizde ve dünyada neonikotinoidlerin olumsuz etkileri yüzünden insektisitlerde kullanılması kısıtlanmıştır veya yasaklanmıştır.

Thiamethoxam, insektisitlerde kullanılan neonikotinoid grubunda yer alan bir kimyasaldır. Neonikotinoid grubunda diğer kimyasallara göre insektisitlerde öldürücülüğü en yüksek kimyasalın thiamethoxam olduğu gözlenmiştir. Thiamethoxam hem temas hem de mide yoluyla etki eden sistemik, böceklerin sinir sistemi üzerinde etkili olan bir kimyasaldır. Kapalı formülü $C_8H_{10}ClN_5O_3S$'dir. Kristal halde bulunur ve molekül ağırlığı 291.71'dir. Erime sıcaklığı 139.1°C olup, suda çözünürlüğü yüksek bir moleküldür.

Thiamethoxam'ın memelilerdeki toksisitesi böceklere göre daha düşüktür; ancak yüksek dozlarda sıçanlarda üreme, karaciğer, böbrek ve beyin fonksiyonlarında bozulmalar, oksidatif stres ve apoptoz gibi etkiler bildirilmiştir (Xu et al., 2021; Buszewski et al., 2019). Balıklar üzerinde ise çevresel düzeylerde belirgin bir toksik etki saptanmamıştır (Ji et al., 2025; Liu et al., 2022).

Toksisite ve Kanser İlişkisi

Thiamethoxam'ın *in vivo* ve *in vitro* olarak mutajenite özelliğine rastlanmamıştır (Moris ve ark.,2017,Green ve ark., 2005). Daha önce yapılan çalışmalar neonikotinoidlerin memeli canlıların karaciğerlerinde toksik etki yarattığını gözlemlemiştir (Zhang ve ark .,2022). Thiamethoxam'ın mutajen ajan olmamasına rağmen 18 aylık beslenme çalışmasında farelerde karaciğer tümörü oluşumu gözlenmiştir (Green ve ark., 2005 pt1). Kimyasalların vücutta metabolize edildikten sonra oluşan ürünlere metabolit denir. Neonikotinoidlerin faz I aşamasından sonra oluşan metabolitlere idrar ve kan örneklerinde rastlanmıştır (Zhang ve ark .,2022). Şu ana kadar thiamethoxam'ın sadece karaciğer kanseriyle ilişkisi bulunmuştur.

Memelilerdeki neonikotinik asetilkolin reseptörlerinin yapısı böceklerden farklıdır. Neonikotinonidlerin memelilerdeki reseptörlerle düşük ilişkisi vardır ve bu yüzden neonikotinoid insektisitlerinin memeliler üzerindeki toksisitesinin düşük olduğu düşünülmektedir(Green ve ark., 2005 pt2).

Günümüze kadar tarımda ticari olarak en fazla kullanılan insektisitlerden neonikotinoid grubunun mutajen olmadığından memelilere ve insanlara zararı çok az olduğu düşünüldüğü için üzerinde yapılan çalışma sayısı kısıtlıdır. Son yıllarda yapılan çalışmalara göre neonikotinoidlerin mutajen olmamasına rağmen, bağlandığı nikotinik asetilkolin reseptörleri aracılığıyla hücre çoğalması, apoptoz ve hücre düzenlenmesinde rol aldığı ve bu mekanizmaların kanserle ilişkisi doğrudan olduğu için son yıllarda neonikotinoidlerin kanserle ilişkisi ortaya çıkmaya başlamıştır (Zhang ve ark .,2022).

B16F10, insan melanoma kanseri (çalışmaları) için model olarak kullanılan kanser hücre hattıdır. B16F10 hücre hattı ilk defa C57BL'deki B16 ana tümör hücresinin 10. seri geçiş alt klonu olarak üretilmiştir. B16 kanser hattının bir alt soyudur. Yüksek oranda metastatiktir. Güneş ışığı, UV ışınları, benler, genetik faktörler ve çevre gibi etmenler sonucunda ortaya çıkabilen melanoma kanseri için çeşitli terapötik çalışmalar, tümör büyüme çalışmaları, metastaz ve immüno-onkoloji ajanlarına verilen yanıtları araştırmak için B16F10 hücre hattı kullanılır (Raz ve ark.,1980**)**

Thiamethoxam, insektisitlerde kullanılan neonikotinoid grubunda yer alan bir kimyasaldır. Böceklerin sinir sistemlerindeki nikotinik asetilkolin reseptörlerine etki eden insektisit grubudur. Neonikotinik insektisitlerin bir çeşidi olan thiamethoxamın melanoma ile ilişkisini gösteren bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Bu çalışmada neonikotinoidlerden olan thiamethoxamın fare deri kanseri hücre hattı üzerinde proliferasyon ve migrasyonu etkileyip etkilemeyeceği araştırıldı.

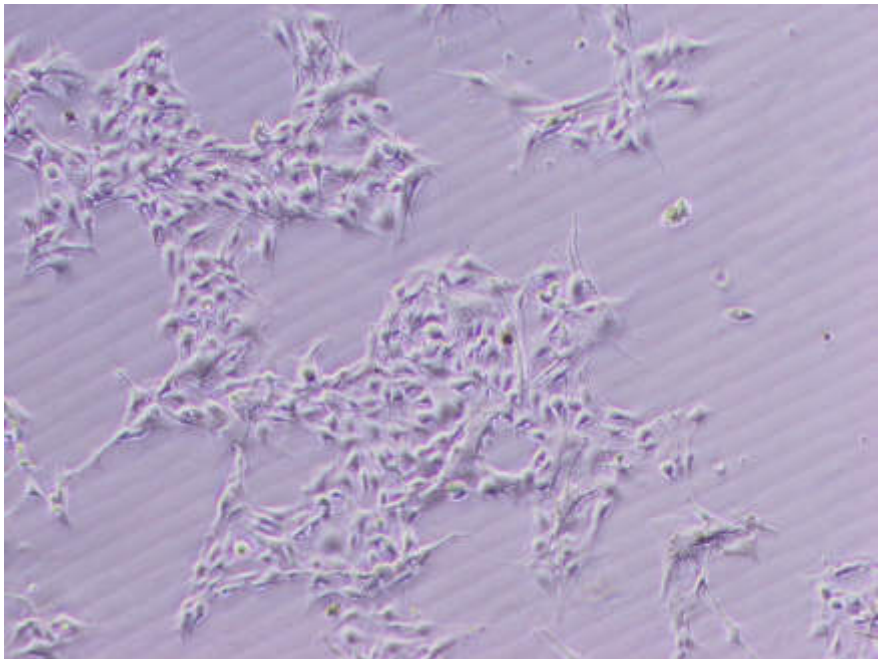
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. B16F10 Hücre Hattının Temini ve Kültür Koşulları

Çalışmada kullanılan ve iğsi, epitel benzeri morfolojik özellikler sergileyen B16F10 murin melanoma hücre hattı, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi'nden Prof. Dr. Serap Yalçın Azarkan'dan temin edilmiştir. Hücrelere ait genel karakteristik bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Hücrelerin in vitro ortamda çoğaltılması ve devamlılığının sağlanması amacıyla; %10 oranında Fetal Sığır Serumu (FBS), %1 Gentamisin ve %1 Penisilin/Streptomisin antibiyotikleri ile zenginleştirilmiş %88 RPMI-1640 besiyeri kullanılmıştır. Hücreler, 37°C sıcaklık ve %5 CO_2 atmosferi sağlayan inkübatörlerde, 75 cm^2'lik steril kültür flasklarında büyütülmüştür. Flask tabanındaki hücre yoğunluğu %80 seviyesine ulaştığında tripsinizasyon işlemi uygulanarak pasajlama yapılmış; deney aşamalarına geçilmeden önce hücrelerin yüzeye tutunma oranının %70 civarında olması hedeflenmiştir.

	B16F10
Firma	ATCC
Katalog No	CRLA6475
Organizma	Fare
Doku	Deri
Hastalık	Melanoma
Kültür Ortamı	RPMI-1640



Şekil 2. B16F10 2D geliştirilmiş hücre görüntüsü.

2.2. Thiamethoxam Sitotoksisitesinin XTT Yöntemiyle Belirlenmesi

Thiamethoxam etken maddesinin B16F10 hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisini saptamak ve uygun doz aralığını belirlemek amacıyla XTT kolorimetrik analiz kiti kullanılmıştır. Bu yöntemin temel prensibi; canlı hücrelerin mitokondrilerinde bulunan enzimlerin, tetrasodyum XTT tuzunu turuncu renkli formazan kristallerine dönüştürmesi ve oluşan renk yoğunluğunun canlı hücre sayısıyla doğru orantılı olmasıdır.

Sitotoksisite deneyleri şu protokol izlenerek gerçekleştirilmiştir: B16F10 hücreleri, her bir kuyucukta 5.000 hücre olacak şekilde 96 kuyucuklu plakalara ekilmiş ve bir sütun "kör kontrol" (blank) olarak sadece besiyeri içerecek şekilde boş bırakılmıştır. Hücrelerin adezyonu sağlandıktan sonra, Thiamethoxam maddesi seri seyreltmeler halinde ilgili kuyucuklara uygulanmıştır. 24 ila 96 saatlik inkübasyon sürecinin ardından, her bir kuyucuğa aktivatör içeren XTT reaktifi ilave edilmiş ve plakalar 37°C'de 2 ila 5 saat daha inkübe edilmiştir. Süre sonunda mikroplaka okuyucu ile formazan oluşumu ölçülmüştür.

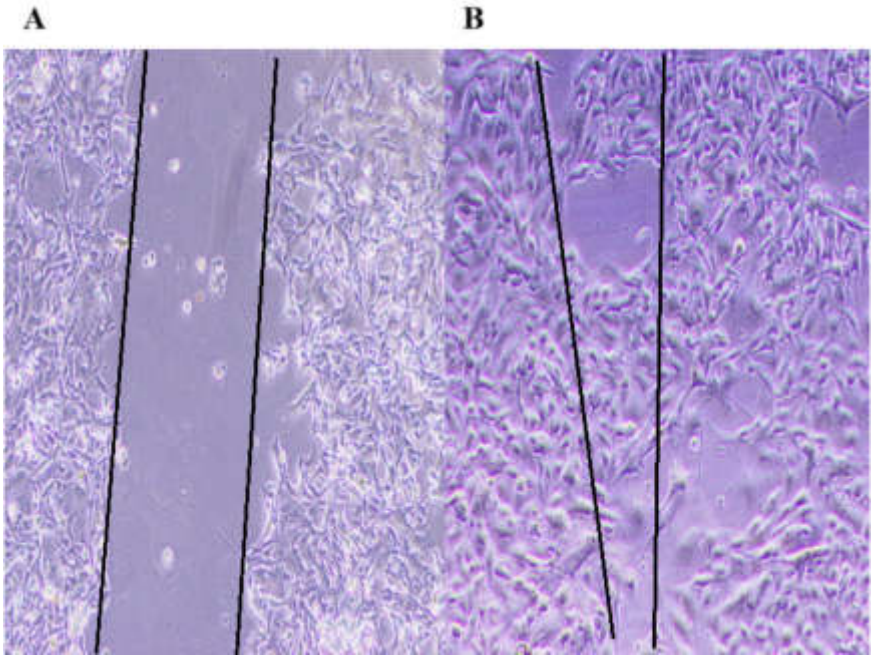
İlaç uygulanmayan kontrol grubunun proliferasyonu %100 kabul edilerek, diğer doz gruplarındaki canlılık oranları bu değere göre hesaplanmıştır. Üç tekrarlı olarak gerçekleştirilen analizler sonucunda, hücre popülasyonunun %50'sini inhibe eden konsantrasyon (**IC50**) değeri **223.47 µM** olarak tespit edilmiştir.

2.3. İn Vitro Migrasyon (Yara İyileşmesi) Analizi

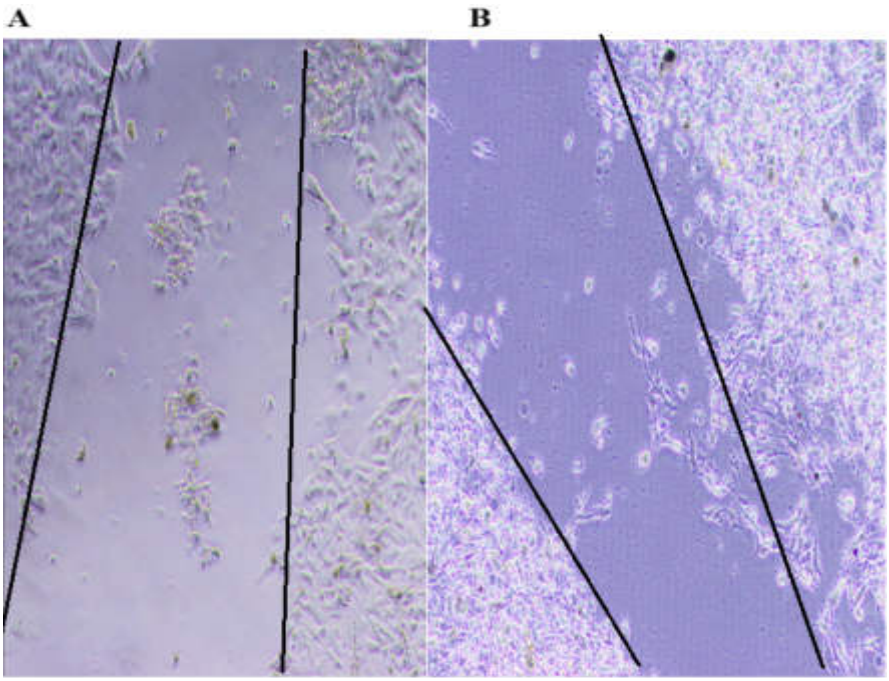
Thiamethoxam'ın hücre göçü üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, Liang ve arkadaşlarının (2007) protokolü modifiye edilerek yara iyileşme testi uygulanmıştır.

Deney düzeneğinde; 6 kuyucuklu plakaların her bir gözüne 1,5 x 10^5 adet hücre ekimi yapılmış (3 kuyucuk kontrol, 3 kuyucuk uygulama grubu) ve hücrelerin tabanı %80 oranında kaplaması için 24-48 saat inkübasyon sağlanmıştır. İstenilen doluluk oranına ulaşıldığında, 10 µL'lik steril pipet ucu kullanılarak hücre tabakası üzerinde dikey, düz bir hat (yara) oluşturulmuştur.

Yaranın oluşturulduğu an (0. saat) referans alınarak mikroskop görüntüleri kaydedilmiştir. Takip eden süreçte, yara kapanana kadar her 6 saatte bir 10x büyütmeli mikroskop ile aynı bölgelerden görüntü alınarak hücrelerin motilitesi izlenmiştir. Elde edilen veriler Image J yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Kontrol grubuna ait bulgular incelendiğinde (Şekil 3 ve Şekil 4), oluşturulan yapay yaranın 48. saat itibarıyla kapanma eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Kontrol grubu yara (A. 24 saat, B. 48 saat)



Şekil 4. Thiamethoxam uygulanan B16F10 (A. 24 saat, B. 48 saat)

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Pestisitlerin genel olarak genotoksik ve mutajenik etkileri olduğu, özellikle mesleki maruziyetin DNA hasarı ve bazı kanser türleriyle ilişkili olabileceği gösterilmiştir (Pinto et al., 2020; Pedroso et al., 2021; Panis, 2025; De Graaf et al., 2021). Ancak, thiamethoxam'a özgü epidemiyolojik veya deneysel kanser verileri çok azdır ve mevcut çalışmalar daha çok çevresel ve ekolojik risklere odaklanmıştır (Stehle et al., 2023; Leon et al., 2019; Pedroso et al., 2021). Diğer pestisitlerle (ör. DDT, glifosat) karşılaştırıldığında, thiamethoxam'ın kanser riskiyle ilişkisi çok daha az araştırılmıştır (Chang et al., 2025; Pedroso et al., 2021).

Bu çalışmada, bir neonikotinoid insektisit olan Thiamethoxam'ın, B16F10 fare melanom hücre hattı üzerindeki sitotoksik ve metastatik potansiyeli in vitro koşullarda incelenmiştir.

Sitotoksisite Bulguları Hücre canlılığı üzerine yapılan XTT analizleri, Thiamethoxam'ın B16F10 hücreleri üzerinde konsantrasyona bağlı bir toksisite oluşturduğunu ortaya koydu. Uygulanan doz artışına paralel olarak hücre canlılığında düşüş gözlemlendi ve maddenin bu hücre hattı için IC50 değeri (hücrelerin %50'sini öldüren konsantrasyon) 223.47 µM olarak hesaplanmıştır. Bu değer, maddenin yüksek dozlarda melanom hücrelerinin metabolik aktivitelerini baskıladığını göstermektedir.

Hücre Göçü ve Yara İyileşmesi (Migrasyon) Analizi Kanser hücrelerinin metastaz yapma yeteneğinin en önemli göstergelerinden biri olan hücre hareketliliği (motilite), yara iyileştirme deneyi (scratch assay) ile görsel olarak kaydedip incelenmiştir.

Kontrol grubu görüntüleri incelendiğinde (Şekil 3), herhangi bir kimyasal baskı altında olmayan B16F10 hücrelerinin beklenen proliferasyon ve migrasyon davranışını sergilediği görülmüştür. 0. saatte oluşturulan yapay yara hattı, hücrelerin hızla bölgeye göç etmesiyle 24. saatte daralmaya başlamış, 48. saatin sonunda ise yara açıklığı neredeyse tamamen kapanarak hücrelerin tüm tabanı kapladığı görülmüştür . Bu durum, hücrelerin sağlıklı bir şekilde çoğalmaya ve boş alanlara yayılmaya devam ettiğini kanıtlamaktadır. Buna karşın, IC50 dozunda Thiamethoxam uygulanan grupta (Şekil 4) sonucun belirgin şekilde farklılaştığı gözlemlenmiştir. İlaç uygulanan hücrelerin mikroskop görüntüleri :24. Saat: Hücrelerin yara hattına doğru hareketi kontrol grubuna göre daha sınırlı kalmıştır.48. Saat: Kontrol grubunda yara tamamen kapanma noktasına gelirken, Thiamethoxam grubunda yara açıklığının hala belirgin şekilde korunduğu ve hücre yoğunluğunun yara bölgesinde seyrek olduğu gözlemlendi.

Thiamethoxam'ın belirlenen konsantrasyonda B16F10 melanom hücrelerinin sadece yaşama şansını azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda metastaz yeteneğini de in vitro ortamda inhibe ettiğini göstermektedir. Literatürde neonikotinoidlerin çevresel risklerine ve memeli toksisitesine sıkça değinilse de, bu çalışma ile Thiamethoxam'ın kanser hücre göçünü yavaşlatıcı potansiyel bir etkisi olabileceğine dair görsel kanıtlar elde edildi. Hücrelerin yara bölgesini dolduramaması, maddenin hücre iskeleti veya sinyal yolakları üzerinde metastazı engelleyebileceğinden daha ileri çalışmalar ile bu soruların aydınlatılması gerekmektedir.

4. KAYNAKÇA

1. Buszewski, B., Bukowska, M., Ligor, M., & Staneczko-Baranowska, I. (2019). A holistic study of neonicotinoids neuroactive insecticides—properties, applications, occurrence, and analysis. *Environmental Science and Pollution Research International*, 26, 34723 - 34740. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06114-w

2. Chang, Y., Chen, C., & Chen, P. (2025). Increased reproductive cancer risks following early-life dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) exposure: Evidence from a historical population-based study in Taiwan (1952-1957).. The Science of the total environment, 995, 180067. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180067

3. De Graaf, L., Boulanger, M., Bureau, M., Bouvier, G., Meryet-Figuiere, M., Tual, S., Lebailly, P., & Baldi, I. (2021). Occupational pesticide exposure, cancer and chronic neurological disorders: A systematic review of epidemiological studies in greenspace workers.. Environmental research, 111822. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111822

4. de Morais, C. R., Carvalho, S. M., Carvalho Naves, M. P., Araujo, G., de Rezende, A. A. A., Bonetti, A. M., & Spanó, M. A. (2017). Mutagenic, recombinogenic and carcinogenic potential of thiamethoxam insecticide and formulated product in somatic cells of Drosophila melanogaster. *Chemosphere*, *187*, 163–172. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.108

5. Green, T., Toghill, A., Lee, R., Waechter, F., Weber, E., & Noakes, J. (2005). Thiamethoxam induced mouse liver tumors and their relevance to humans. Part 1: Mode of action studies in the mouse. *Toxicological Sciences*, *86*(1), 36–47. https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi124

6. Green, T., Toghill, A., Lee, R., Waechter, F., Weber, E., Peffer, R., Noakes, J., & Robinson, M. (2005). Thiamethoxam induced mouse liver tumors and their relevance to humans. Part 2: Species differences in response. *Toxicological Sciences*, *86*(1), 48–55. https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi125

7. Ji, S., Cheng, H., Zhu, T., Xu, H., Tang, G., Zhang, J., Yang, F., & Yang, H. (2025). Transport mechanisms and fate of neonicotinoids in the soil-water systems under the effects of wetting-drying cycles and rice cultivation.. *Environmental pollution*, 126181. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126181

8. Leon, M., Schinasi, L., Lebailly, P., Freeman, L., Nordby, K., Ferro, G., Monnereau, A., Brouwer, M., Tual, S., Baldi, I., Kjaerheim, K., Hofmann, J., Kristensen, P., Koutros, S., Straif, K., Kromhout, H., & Schüz, J. (2019). Pesticide use and risk of non-Hodgkin lymphoid malignancies in agricultural cohorts from France, Norway and the USA: a pooled analysis from the AGRICOH consortium. International Journal of Epidemiology, 48, 1519 - 1535. https://doi.org/10.1093/ije/dyz017

9. Liu, Z., Zhang, L., Zhang, Z., An, L., Hough, R., Hu, P., Li, Y., Zhang, F., Wang, S., Zhao, Y., Ke, Y., & Cui, S. (2022). A review of spatiotemporal patterns of neonicotinoid insecticides in water, sediment, and soil across China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 55336 - 55347. https://doi.org/10.1007/s11356-022-21226-6

10. Lucianò, A. M., & Tata, A. M. (2020). Functional characterization of cholinergic receptors in melanoma cells. *Cancers*, *12*(11), 3141. https://doi.org/10.3390/cancers12113141

11. Panis, C. (2025). Abstract PS10-09: Occupational Pesticide Exposure and Poor Prognosis Breast Cancer in Brazilian Women: Epidemiological Insights and Molecular Mechanisms. Clinical Cancer Research. https://doi.org/10.1158/1557-3265.sabcs24-ps10-09

12. Pedroso, T., Benvindo-Souza, M., De Araújo Nascimento, F., Woch, J., Reis, F., & De Melo E Silva, D. (2021). Cancer and occupational exposure to pesticides: a bibliometric study of the past 10 years. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29, 17464 - 17475. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17031-2

13. Pinto, B., Soares, T., Linhares, M., & Ghisi, N. (2020). Occupational exposure to pesticides: Genetic danger to farmworkers and manufacturing workers - A meta-analytical review.. *The Science of the total environment*, 748, 141382. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141382

14. Raz, A., & Hart, I. R. (1980). Murine melanoma: A model for intracranial metastasis. *British Journal of Cancer*, *42*(2), 331–341. https://doi.org/10.1038/bjc.1980.235

15. Stehle, S., Ovcharova, V., Wolfram, J., Bub, S., Herrmann, L., Petschick, L., & Schulz, R. (2023). Neonicotinoid insecticides in global agricultural surface waters - Exposure, risks and regulatory challenges.. The Science of the total environment, 161383. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161383

16. Xu, L., Xu, X., Guo, L., Wang, Z., Wu, X., Kuang, H., & Xu, C. (2021). Potential Environmental Health Risk Analysis of Neonicotinoids and a Synergist.. *Environmental science & technology*. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c00872

17. Zhang, H., Zhang, R., Zeng, X., Wang, X., Wang, D., Jia, H., Xu, W., & Gao, Y. (2022). Exposure to neonicotinoid insecticides and their characteristic metabolites: Association with human liver cancer. *Environmental Research*, *208*, 112703. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112703

18. Zoli, M., Pucci, S., Vilella, A., & Gotti, C. (2018). Neuronal and extraneuronal nicotinic acetylcholine receptors. *Current Neuropharmacology*, *16*(4), 338–349. https://doi.org/10.2174/1570159X15666170912110450

19. Şekil kaynak: Raz, A., & Hart, I. R. (1980). Murine melanoma: A model for intracranial metastasis. *British Journal of Cancer*, *42*(2), 331–341. https://doi.org/10.1038/bjc.1980.235

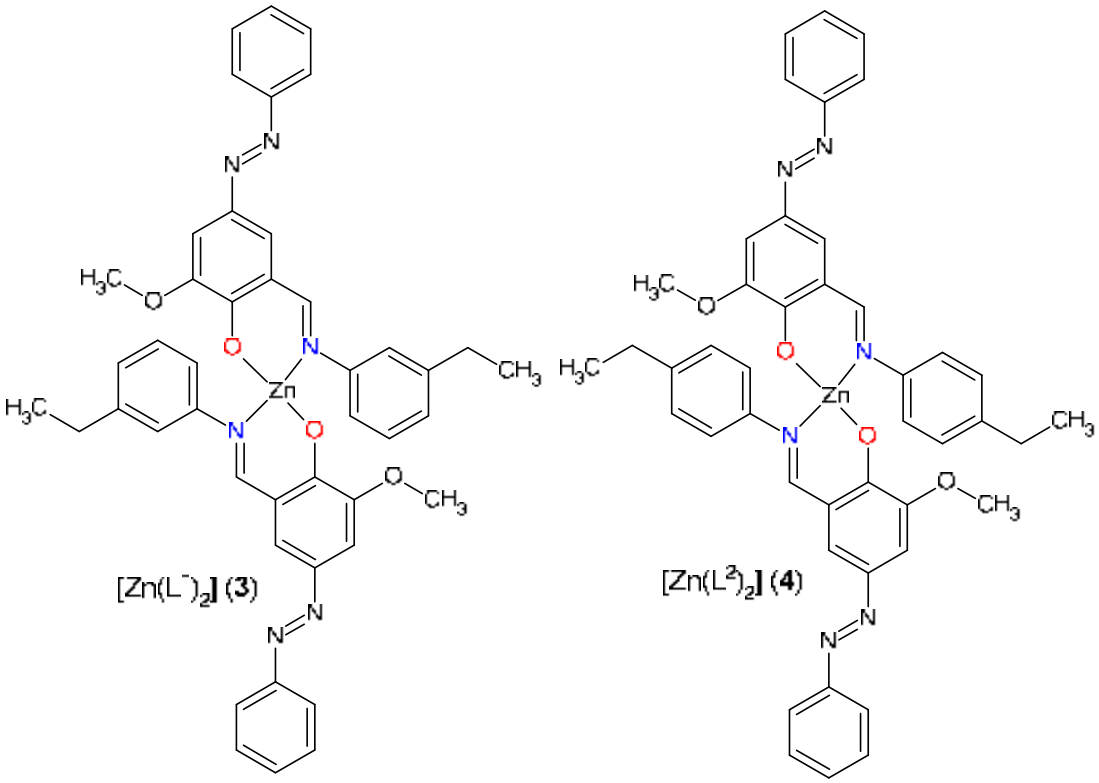
5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

N,O DONÖRLÜ BİDENTAT AZO-SCHİFF BAZI ESASLI YENİ Zn(II) KOMPLEKSLERİ; SENTEZ VE SPEKTRAL KARAKTERİZASYONU

Münire SARIGÜL
Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, Türkoğlu Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü
ORCID: 0009-0001-5084-5023

Mükerrem KURTOĞLU
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
ORCID: 0000-0002-9948-373X

ÖZET
Schiff bazları ve bunların metal kompleksleri, amino bileşiklerin karbonil türevleriyle kondenzasyonu yoluyla sentezlenen, çok işlevli bileşiklerdir ve endüstride geniş uygulama alanına sahiptir. Schiff bazlarının çok çeşitli alanlarda kullanılabilme özelliğine sahip olması, bu bileşiklere yönelik ilgiyi artırmış ve bu alandaki çalışmaların hızla çoğalmasına neden olmuştur. Bu amaçla önerilen bu çalışmada, *2-{(E)-[(3-etilfenil)imino]metil}-6-metoksi-4-[(E)-fenildiazenil]fenol* (HL^1) (**1**) ve *2-{(E)-[(4-etilfenil)imino]metil}-6-metoksi-4-[(E)-fenildiazenil]fenol* (HL^2) (**2**) adlarındaki *NO* donör bidentant azo-Schiff bazı ligandlarının Zn(II) iyonları ile metal kompleksleri izole edilmiştir. Sentezlenen azo-Schiff bazı ligandlarının Zn(II) komplekslerin yapıları, analitik ve spektroskopik tekniklerle (^{1}H ve ^{13}C NMR, FTIR ve UV-Vis spektroskopisi) karakterize edilmiştir. Analiz sonuçlarından yararlanılarak $[Zn(L^1)_2]$ (**3**) ve $[Zn(L^2)_2]$ (**4**) metal komplekslerinde, metal ligand oranının 1:2 olduğu sonucuna varılmıştır.

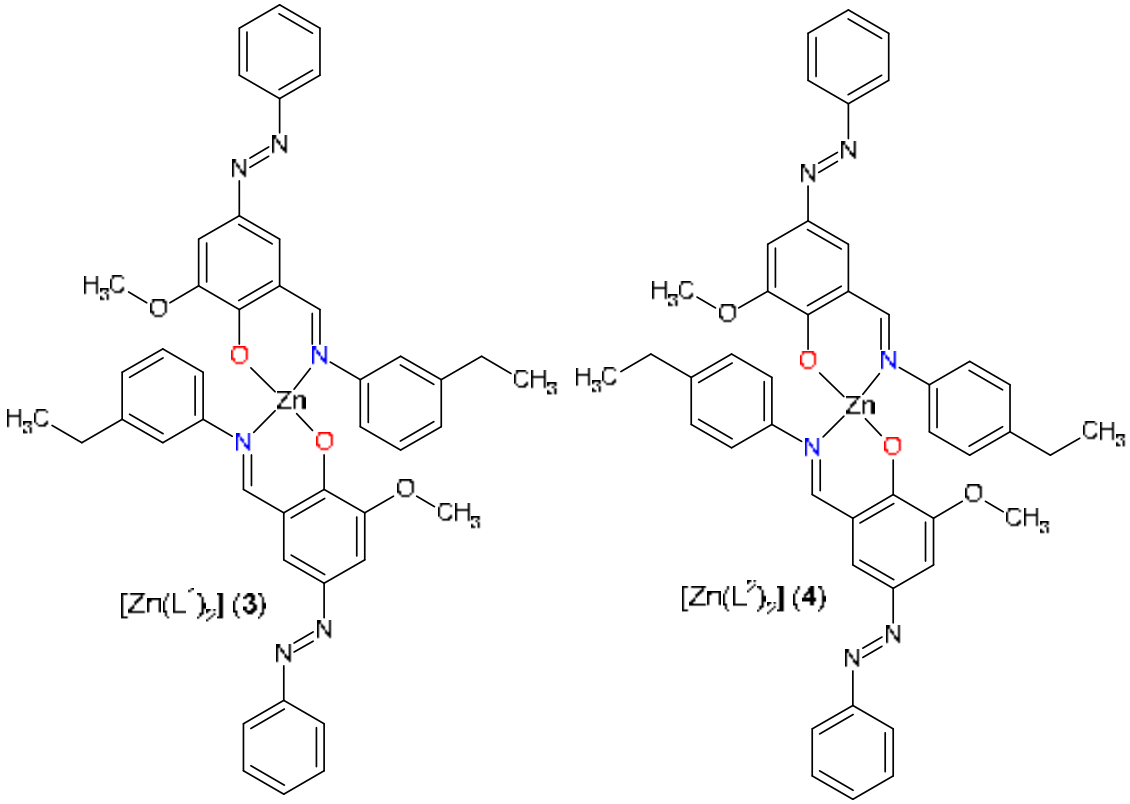


Anahtar Kelimeler: Sentez, azo-Schiff bazı, çinko(II) kompleksi, spektroskopi

NEW ZINC(II) COMPLEXES DERIVED FROM *N,O* DONOR BIDENTATE AZO-SCHIFF BASE LIGANDS; SYNTHESIS AND SPECTRAL CHARACTERISATION

ABSTRACT

Schiff bases and their metal complexes are multifunctional compounds synthesized by the condensation of amino compounds with carbonyl derivatives and have a wide range of applications in industry. The wide variety of applications of Schiff bases has increased the interest in these compounds and led to a rapid increase in studies in this area. For this purpose, in this proposed study, the metal complexes of the *N,O* donor bidentant azo-Schiff base ligands, named 2-{(E)-[(3-ethylphenyl)imino]methyl}-6-methoxy-4-[(E)-phenyldiazenyl]phenol (HL^1) (**1**) and 2-{(E)-[(4-ethylphenyl)imino]methyl}-6-methoxy-4-[(E)-phenyldiazenyl]phenol (HL^2) (**2**), were isolated with Zn(II) ions. The structures of the synthesized azo-Schiff base ligands and Zn(II) complexes were characterized by analytical and spectroscopic techniques (^{1}H and ^{13}C NMR, FTIR and UV-Vis spectroscopy). Based on the analysis results, it was concluded that the metal-to-ligand ratio in the $[Zn(L^1)_2]$ (**3**) and $[Zn(L^2)_2]$ (**4**) metal complexes was 1:2.



Keywords: Synthesis, azo-Schiff base, zinc(II) complex, spectroscopy

GİRİŞ

Azo-Schiff bazları, aynı moleküler yapıda azo (−N=N−) ve azometin (−C=N−) gruplarının konjuge şekilde bulunduğu, çoğunlukla *N,O* veya *N,N* donör karakterli ligand sistemleridir (Shatir ve diğerleri, 2024). Azo boyar maddeler, geniş π-konjugasyonları ve yüksek molar absorptiviteleri nedeniyle küresel boyar madde üretiminin %70'inden fazlasını oluşturan en yaygın sentetik kromoforlardır (Eskikanbur ve diğerleri, 2015). Bu yapıların elektronik özellikleri, sübstitüent modifikasyonlarıyla kolayca ayarlanabildiğinden tekstil, polimer, gıda, kozmetik ve kâğıt baskı endüstrilerinde geniş kullanım alanı bulur (Gozdas ve diğerleri,2024).

Azo-Schiff bazı ligandlarının geçiş metalleriyle koordinasyonu, azo ve azometin nitrojenlerinin yanı sıra fenolik oksijen gibi donör merkezlerin bağlanmaya katılmasıyla gerçekleşir ve oktahedral, kare düzlemsel veya tetrahedral gibi çeşitli koordinasyon geometrilerine olanak tanır. Bu kompleksler, C–H aktivasyonu, LMCT/MLCT geçişleri, fotokimyasal duyarlılık ve elektron-transfer süreçleri gibi özellikleri nedeniyle kataliz, fotokimya ve fonksiyonel malzeme uygulamalarında önemlidir (Kamankesh ve Ghayedi, 2023).

Azo-Schiff bazları ve metal kompleksleri, konjuge yapıları ve çoklu donör atomları sayesinde antidiabetik, antioksidan, antimikrobiyal, antifungal ve antikanser aktiviteler dahil geniş bir biyolojik etki yelpazesi sergilemekte; ayrıca toksik metal iyonlarına karşı yüksek şelatlama kapasitesi göstermektedir (Abdel-Rahman ve diğerleri, 2023).

Cis-platin ve türevleri gibi platin(II)-bazlı antikanser ilaçları güçlü sitotoksik ajanlar olmasına rağmen ilaç direnci ve yan etki profilleri nedeniyle klinik kullanımda sınırlamalara sahiptir. Bu nedenle, daha düşük toksisiteye sahip ve DNA ile farklı etkileşim mekanizmaları gösterebilen yeni metal komplekslerinin tasarımı, modern tıbbi kimyada önemli bir araştırma alanı hâline gelmiştir (Damercheli ve diğerleri, 2015).

Yeni ligandların sentezi, metal iyonlarıyla etkileşerek belirli özelliklere sahip komplekslerin oluşmasını sağlar ve bu da daha verimli katalizörlerin, biyolojik olarak aktif bileşiklerin ve çevre dostu malzemelerin geliştirilmesine olanak tanır. Ayrıca ilaç tasarımı, enerji depolama ve kimyasal dönüşümler gibi alanlarda yenilikçi uygulamalara katkıda bulunur. Daha önce N ve O verici atomlar içeren çeşitli bi- ve polidentat ligandlar sentezlemiş ve karakterize etmiştik (Kurtoğlu ve Serin, 2001; Kurtoğlu ve Serin, 2001; Kurtoğlu, 2004; Kurtoglu ve diğerleri, 2005; Eren ve diğerleri, 2014; Kose ve diğerleri, 2016). Bu çalışmanın devamında, literatüre göre hazırlanmış iki azo-azometin ligandı ile yeni Zn(II) komplekslerinin sentezini sunuyoruz. Metal kompleksler, $^{1}H/^{13}C$ NMR, FT-IR ve UV-görünür bölge spektroskopisi ile karakterize edilmiştir. Zn(II) komplekslerinin genel yapısı Şema 1'de verilmiştir.

ARAŞTIRMA YÖNTEMi

Kimyasallar

Anilin, 3-etilanilin, 4-etilanilin, $(CHCOO)_2Zn.2H_2O$, Aldrich ve Merck'ten temin edilmiştir. Sentez ve analiz için kullanılan diğer tüm reaktifler ve çözücüler, ticari kaynaklardan satın alınmış ve kullanılmıştır.

Fiziksel Ölçümler

NMR spektrumları Bruker Advance 400 MHz Spektrometresi kullanılarak elde edilmiştir. IR spektrumları (4000-400 cm-1) Perkin Elmer Spectrum 100 FT-IR spektrofotometresi kullanılarak elde edilmiştir. Erime noktaları (E.n.), açık kapillerde Electrothermal LDT 9200 Cihazı ile belirlenmiştir. UV-Vis spektrumları U-3900 Spectrophotometer Hitachi cihazı ile ölçülmüştür.

2-hidroksi-3-metoksi-5-[(E)-fenildiazenil]benzaldehit sentezi

Azo grubu içeren salisilaldehit türevi bileşik, 2-hidroksi-3-metoksi 5-[(E)-fenildiazenil]benzaldehit, daha önce çalışılmış olan yönteme göre hazırlandı (Sarıgül ve diğerleri, 2016).

Bidentant HL^1 ve HL^2 azo-azometin ligandları nin sentezi

Anilin türevleri, 3-etilanilin (0,121 g, 1 mmol) **(HL^1)**, 4-etilanilin (0,121 g, 1 mmol) **(HL^2)** ve (0,256 g, 1 mmol) *2-hidroksi-3-metoksi 5-[(E)-fenildiazenil]benzaldehit,* 75 mL MeOH içinde çözüldü. Çözünen çözelti, 3-4 saat boyunca tekrar kaynatıldı. Kaynatılan çözelti daha sonra oda sıcaklığında bekletildi. Soğumaya bırakılan azo-azometin boyalar kırmızı mikrokristaller olarak elde edildi. Mikrokristaller süzülüp 10 mL soğuk MeOH ile yıkandı ve ardından kurutuldu. Tüm azo-azometin boyaların saflığı ince tabaka kromatografisi ile değerlendirildi. Ligandların MeOH çözeltisinden yavaş buharlaşması ile X-ışını kalitesinde kristaller elde edildi (Sarıgül ve diğerleri, 2016).

$[Zn(L^1)_2]$ ve $[Zn(L^1)_2]$ metal komplekslerinin sentezi

Azo-aldehit türü bir karbonil bileşiği olan *2-hidroksi-3-metoksi-5-[(E)-fenildiazenil]benzaldehit*in metanoldeki çözeltisi sırasıyla 3-etilanilin ve 4-etilanilin ile etkileştirilerek izole edilmiştir. Ligandların turuncu-kırmızı kristalleri, MeOH, EtOH, DMF, DMSO, ACN ve kloroformda çözünür (Sarıgül ve diğerleri, 2016). Ligandların çinko(II) metal kompleksleri, $(CHCOO)_2Zn.2H_2O$ tuzunun MeOH çözeltisinin, ligandların aynı çözücüdeki çözeltisine eklenmesiyle hazırlandı. Komplekslerin yapıları, bir dizi analitik yöntem ve spektroskopik teknik kullanılarak aydınlatıldı. Üründeki safsızlık seviyesi TLC yöntemi ile kontrol edildi. Sentezlenen Zn(II) kompleksleri havada kararlıdır ve DMSO ve DMF'de çözünür, genel organik çözücülerde çözünmez. Zn(II) komplekslerinin tek kristalleri herhangi bir organik çözeltiden izole edilemediğinden X-ışını kırınımı ile yapıları belirlenememiştir. Spektral ve analitik yöntemlerle önerilen $[Zn(L^1)_2]$ (**3**) ve $[Zn(L^2)_2]$ (**4**) komplekslerinin yapıları, Şema 1'de verilmiştir.

BULGULAR

(HL^1) (1):

Renk: Turuncu kristaller, **verim**: 0,32 g (%89). **E.n.**: 122-123 °C. **Elementel analiz sonuçları** ($C_{22}H_{21}N_3O_2$, 359,42 g/mol): **Hesaplanan**: C, %73,52; H, %5,89; N, %11,69. **Bulunan**: C, %73,28; H, %6,03; N, %11,60. **IR (KBr, cm^{-1})**: 3457, 2958, 1616, 1600, 1538, 1456, 1392, 1336, 1257, 1202, 1123, 988, 904, 872, 766, 680. **NMR (DMSO-d_6, δ ppm); ^{1}H**: 14,52-14,53 (b, 1H, fenolik OH), 9,19 (s, 1H, CH=N), 7,95-7,20 (11H, aromatik-H), 3,91 (s, 3H, -OCH_3), 2,66-2,70 (q, 2H, etil grubun CH_2'si), 1,28-1,25 (t, 3H, etil grubun CH_3'ü). **^{13}C**: 162,43, 159,31, 152,47, 150,43, 146,01, 145,64, 143,78, 131,07, 130,03, 129,88, 127,42, 125,07, 122,64, 120,83, 118,79, 117,79, 104,97, 56,26, 28,56, 15,95 (Sarıgül ve diğerleri, 2016).

(HL^2) (2):

Renk: Turuncu kristaller. **Verim**: 0,33 g (%91). **E.n**: 137-138 °C. $C_{22}H_{21}N_3O_2$ (359,42 g/mol) Elementel Analizi İçin: Hesaplanan: C, %73,52; H, %5,89; N, %11,69. Bulunan: C, %73,19; H, %6,15; N, %11,36. **IR (KBr, cm^{-1}):** 3454, 2959, 1613, 1595, 1462, 1392, 1264, 1222, 997, 962, 872, 829, 766, 685. **NMR (DMSO-d_6, δ ppm); ^{1}H:** 14,61-14,62 (b, 1H, fenolik OH), 9,16 (s, 1H, CH=N), 7,93-7,33 (11H, aromatik-H), 3,91 (s, 3H, -OCH_3), 2,63-2,67 (q, 2H, etil grubunun CH_2'si), 1,19-1,22 (t, 3H, etil grubunun CH_3'ü). **^{13}C**: 161,84, 159,06, 152,47, 150,36, 143,83, 143,80, 143,30, 131,05, 129,86, 129,42, 125,04, 122,64, 121,43, 117,82, 104,83, 56,24, 28,25, 16,04 (Sarıgül ve diğerleri, 2016).

$[Zn(L^1)_2]$ (3):

Renk: Turuncu. **Verim**: 0,097 g (%21). **E.n**: 267-268 °C. $C_{44}H_{40}N_6O_4Zn$ (782.24 g/mol). **IR (KBr, cm^{-1})**: 2961,2870, 1604, 1580, 1480, 1350, 1280, 1022, 830, 740, 687. **NMR (DMSO-d$_6$, δppm)**; **^{1}H**: 8,79 (s, 1H, CH=N), 7,83-7,08 (11H, aromatik-H), 3,85 (s, 3H, -OCH_3), 2,57-2,51 (q, 2H, etil grubunun CH_2'si), 1,08 (t, 3H, etil grubunun CH_3'ü). **^{13}C**: 169.00, 166.25, 153.50, 152.77, 150.17, 145.40, 141.00, 132.33, 130.16, 129.77, 129.60, 126.53, 122.30, 122.18, 119.58, 118.03, 102.41, 55.90, 28.51, 15.69. **UV-Vis. Abs. (λ$_{max}$, DMSO, nm):** 272, 406.

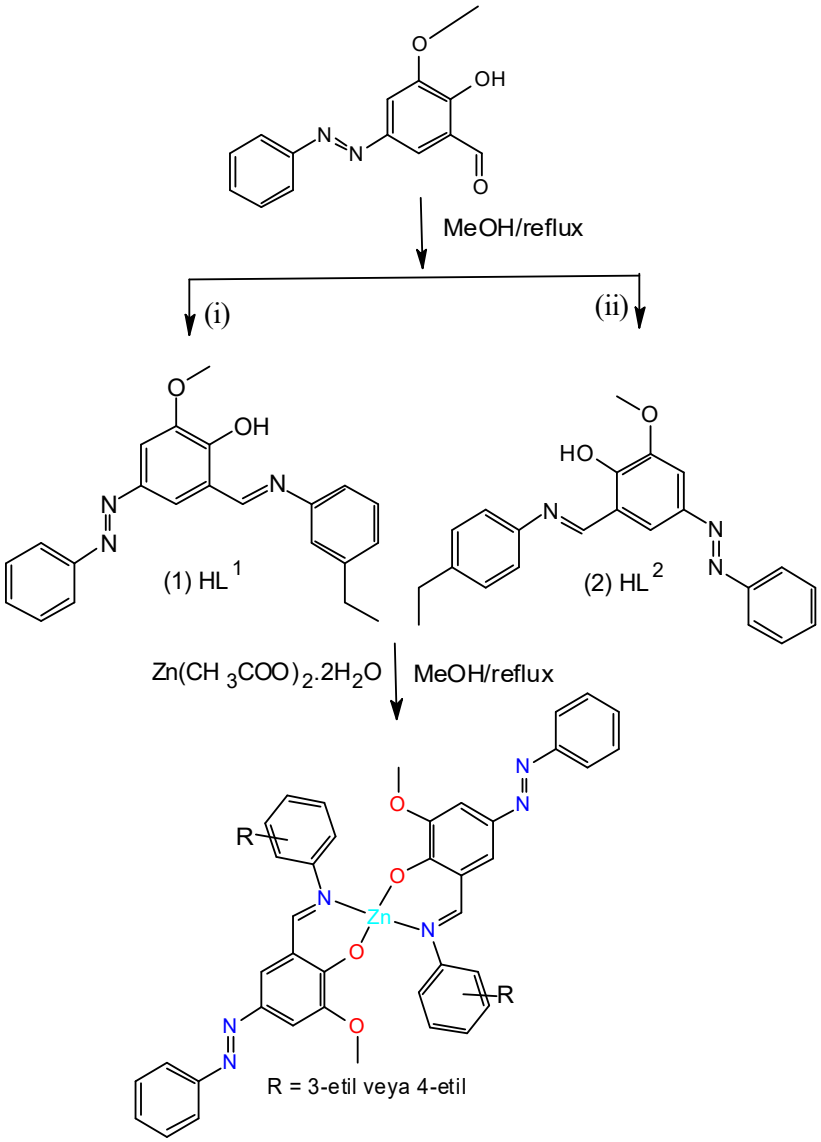
[Zn(L^2)$_2$] (4):

Renk: kiremit rengi, **verim**: 0,096 g (%20). **E.n:** 282-283 °C. $C_{44}H_{40}N_6O_4Zn$ (782.24 g/mol). **IR (KBr, cm^{-1})**: 2961, 1611, 1582, 1440, 1386, 1254, 1128, 889, 832, 766, 691. **NMR (DMSO-d$_6$, δppm); ^{1}H**: 8,83 (s, 1H, CH=N), 7,83-7,20 (11H, aromatik-H), 3,84 (s, 3H, -OCH_3), 2,60-2,56 (q, 2H, etil grubunun CH_2'si), 1,15 (t, 3H, etil grubunun CH_3'ü). **^{13}C**: 166.14, 153.42, 152.77, 147.67, 142.94, 141.05, 137.76, 130.19, 129.78, 129.10, 128.50, 122.31, 122.26, 118.01, 102.52, 55.95, 28.09, 16.11. **UV-Vis. Abs. (λ$_{max}$, DMSO, nm):** 292, 408.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Sentez

Azo-Schiff bazı ligandları literatürde verildiği şekilde, *2-hidroksi-3-metoksi-5-[(E)-fenildiazenil]benzaldehit*in metanoldeki çözeltisinin sırasıyla 3-etilanilin ve 4-etilanilin ile reaksiyonu sonucunda elde edilmiştir. Ligandların turuncu-kırmızı kristalleri metanol, etanol, asetonitril ve kloroformda çözünür (Sarıgül ve diğerleri, 2016). Ligandların çinko(II) kompleksleri, $(CHCOO)_2Zn.2H_2O$'nin MeOH çözeltisinin, ligandların MeOH'daki çözeltisine eklenmesiyle hazırlandı. Komplekslerin yapıları, bir dizi analitik yöntem ve spektroskopik teknik kullanılarak aydınlatıldı. Üründeki safsızlık seviyesi TLC yöntemi ile kontrol edildi. Sentezlenen çinko(II) kompleksleri havada kararlıdır ve DMSO ve DMF'de çözünür, fakat genel organik çözücülerde çözünmez. [Zn(L^1)$_2$] (**3**) ve [Zn(L^2)$_2$] (4) komplekslerinin tek kristalleri herhangi bir organik çözeltiden izole edilememiştir. Bununla birlikte, analitik ve spektroskopik veriler, Şema 1'de gösterildiği gibi olası yapıları tahmin etmemizi sağlar. Analiz sonuçlarından yararlanılarak sentezlenen koordinasyon bileşiklerinde metal-ligand oranlarının 1:2 olduğu sonucuna varılmıştır. Bu da önerilen yapıyı doğrulamamaktadır. Daha önceki raporumuzda, benzer bir azo-azometin ligandının *{(2-{(E)-[(4-etilfenil)imino]metil}-4-[(E)-fenildiazenil]fenol}* bir Zn(II) kompleksinin kristal yapısında, Zn–O ve Zn-N bağlarının konfigürasyonu ortaya konulmuştur (Kahraman ve diğerleri, 2024).



(i): 3-etilanilin/MeOH, reflux; (ii): 4-etilanilin/MeOH, reflux

Şema 1. Azo-azometin ligandlerinin ve bunların Zn(II) komplekslerinin sentezi (Sarıgül ve diğerleri, 2016).

[Zn(L^1)$_2$] NMR spektrumu

Ligandın DMSO-d$_6$ içerisinde alınmış olan spektrumunda 14,52'de gözlenen fenolik OH grununa ait olan geniş pik, [Zn(L^1)$_2$] kompleksinin spektrumunda kaybolmuştur. Ligandın spektrumda 9.19 ppm de gözlen azo-Schiff bazları için karakteristik olan azomethine grubuna ait singlet halindeki pik, [Zn(L^1)$_2$] kompleksinin spektrumunda 8.79 ppm'de görülmüştür. Bu değerin kayma göstermesi, Zn(II) ile koordinasyon sonrası azomethin grubundaki elektron yoğunluğunun azalmasıyla uyumludur. Aromatik bölge 7.83–7.08 ppm arasında geniş bir dağılım göstermektedir (Şahan ve diğerleri, 2019). Bu sinyallerin doublet, triplet ve multiplet şeklinde gözlenmesi, halkaların disubstitüe ve konjuge bir yapı içerdiğini desteklemektedir. Eşleşme sabitlerinin orto-meta etkileşimlerine uygun olması, fenil halkalarının beklenen rezonans düzenine sahip olduğunu göstermektedir.

Kompleksin spektrumunda 3.85 ppm'deki singlet (6H), ligandın metoksi (–OCH_3) türü elektron verici gruplar içerdiğini açıkça göstermektedir (Köse ve diğerleri, 2017). 2.57–2.51 ppm (4H) ve 1.06 ppm (6H) sinyalleri ise tipik bir –CH_2–CH_3 alifatik zincirine işaret eder. 1.08 ppm'deki tripletin düşük kaymada olması, metil grubunun metal merkezinden uzak bir konumda olduğunu düşündürmektedir.

^{13}C NMR'da 169.00 ve 166.25 ppm civarındaki sinyaller, ligandın C=N veya karbonil karakterine sahip karbonlarını temsil eder (Özkan ve diğerleri, 2015). Bu yüksek frekans değerleri, Zn(II) koordinasyonuyla uyumlu şekilde elektron yoğunluğunun azaldığını göstermektedir. 153–141 ppm aralığındaki sinyaller, aromatik sistemin heteroatomlara yakın veya konjuge bölgelerini işaret etmektedir (Sarıgül ve diğerleri, 2017). 132–118 ppm aralığı, fenil halkalarının klasik aromatik karbon dağılımını vermektedir ve yapıdaki aromatik yoğunluğu doğrulamaktadır. 55.90 ppm sinyali, ^{1}H NMR'daki 3.85 ppm'de görülen OCH_3 grubuyla tamamen uyumludur. 28.51 ve 15.69 ppm ise alifatik bölümdeki CH_2ve CH_3 karbonlarını göstermekte, böylece yapının alifatik zincir içerdiği netleşmektedir (Şekil 1).

[Zn(L^2)$_2$] NMR spektrumu

[Zn(L^2)$_2$] metal kompleksinin NMR spektrumunda ligand için 14.61 de gözlenen geniş bandın kaybolması koordinasyon bağının oluştuğunu ve protonun kaybolduğunu göstermektedir. Spektrumda 8.83 ppm'de gözlenen singlet sinyali (2H), bileşikte yer alan iki eşdeğer azometin (–HC=N–) protonuna karşılık gelmektedir (Özkan ve diğerleri, 2015). Bu değerin değişim göstermesi, azometin grubunun elektronca çekici nitrojen atomuna bağlı olduğunu ve metal koordinasyonu ile etkisinin arttığını göstermektedir. 7.96 ppm'deki singlet sinyali (2H), aromatik sistemde azometin grubuna yakın konumlanan protonları işaret etmektedir (Sarıgül ve diğerleri, 2017). Aromatik bölgedeki 7.82–7.21 ppm aralığındaki çok sayıda sinyal (toplam 20 proton), bileşiğin çok halkalı ve simetri içeren bir aromatik çekirdek yapısına sahip olduğunu desteklemektedir. (Şahan ve diğerleri, 2019). Dublet (d), triplet (t) ve singlet karakterindeki bu sinyaller, *orto*- ve *para*-disübstitüe aromatik halkaların varlığıyla uyumludur. 3.84 ppm'deki singlet (6H), iki eşdeğer–OCH_3 grubunun varlığını teyit etmektedir (Köse ve diğerleri, 2017). 2.58 ppm (q, 4H) ve 1.15 ppm (t, 6H) sinyalleri ise tipik bir etil grubunu (–CH_2–CH_3) temsil etmekte olup iki eşdeğer etil biriminin yapıda yer aldığını göstermektedir.

^{13}C NMR spektrumunda 166.14 ppm'deki sinyal, azometin karbonuna (C=N) karşılık gelmekte ve Schiff bazı yapılarının karakteristik kimyasal kayma aralığı ile uyumludur (Kahraman ve diğerleri, 2024). 153–118 ppm kimyasal kayma aralığında yer alan çok sayıdaki sinyal, aromatik karbonlara ve bunların oksijen/nitrojen atomlarına bağlı varyasyonlarına karşılık gelmektedir. 55.95 ppm'de gözlenen sinyal, -OCH_3 karbonunu doğrularken; 28.09 ppm ve 16.11 ppm sinyalleri sırasıyla CH_3CH_2- grubundaki CH_2 ve CH_3 karbonlarını temsil etmektedir (Şekil 2). Spektral verilerin tümü birlikte değerlendirildiğinde, bileşiklerin yüksek simetriye sahip, aromatik bazlı, iki azometin grubu içeren, iki metoksi ve iki etil yan zincirine sahip bir Schiff bazı türevi olduğu anlaşılmaktadır.

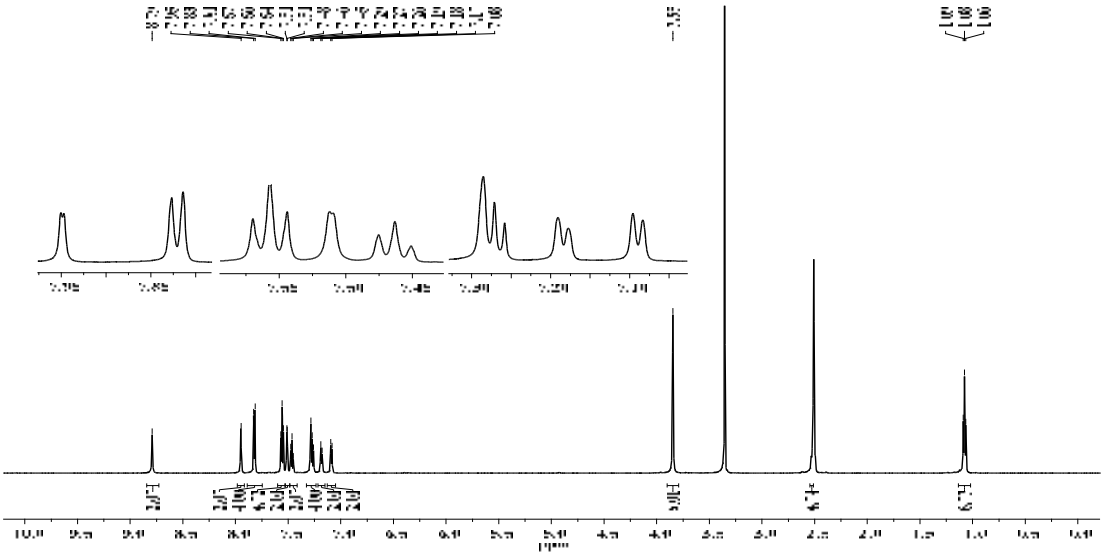
[Zn(L^1)$_2$] ve [Zn(L^1)$_2$] komplekslerinin FT-IR spektrumları

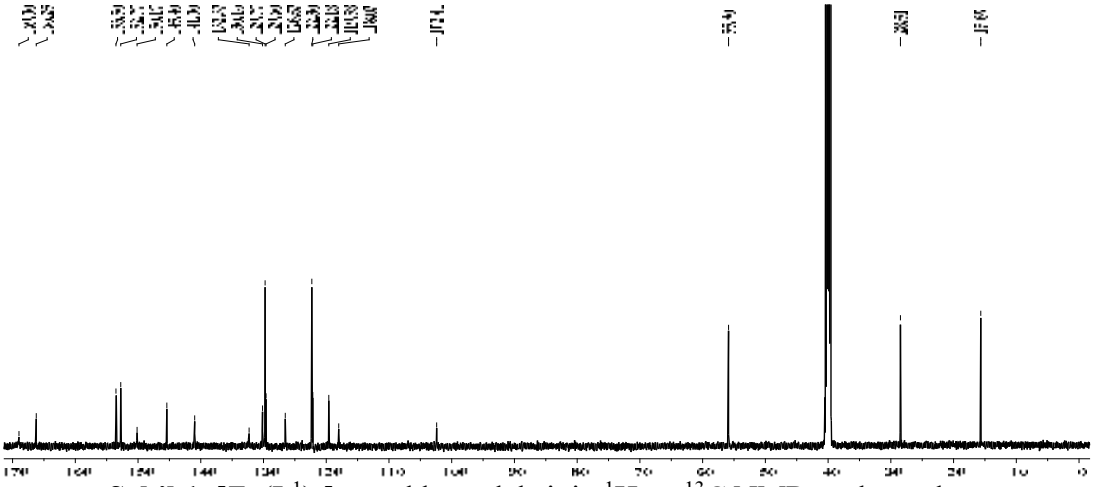
Serbest ligandların (**HL^1** ve **HL^2**) ve onların Zn(II) komplekslerinin **[Zn(L^1)$_2$]** ve **[Zn(L^1)$_2$]** kızılötesi spektrumları bir KBr diski kullanılarak elde edildi. Serbest ligandların IR spektrumları, ligandların Zn(II) iyonuna koordinasyonunu anlamak için Zn(II) komplekslerinin spektrumlarıyla karşılaştırıldı. **HL^1**ve **HL^2** ligandlarının ve Zn(II) komplekslerinin spektrumları sırasıyla (Şekil 3) verildi. FT-IR verileri (experimental section), HL^1 ve HL^2 ligandlarının Zn(II) iyonlarına karşı azometin azotu (CH=N-) ile fenolik oksijen atomu (Ar-OH) üzerinden bidentat koordinasyon gösterdiğini açık biçimde doğrulamaktadır.

Serbest HL^1 ve HL^2 ligandlarının IR spektrumunda 3457 ve 3454 cm^{-1} de gözlenen geniş bandlar, ν(OH) grubunun varlığına yorumlanmıştır (Sarıgül ve diğerleri, 2016). Metal kompleks oluşumu sonrasında ν(OH) bandının Zn(II) komplekslerinin IR spektrumlarında gözlenmemesi, fenolik OH grubunun deprotonasyonunu takiben oksijen üzerinden koordinasyonu açıkça desteklemektedir. Azo Schiff bazları için karakteristik olan ν(C═N) gerilme bandları ligandlar spektrumlarında 1616 ve 1613 cm^{-1}'de gözlenmektedir. **3** ve **4** komplekslerinin IR spektrumlarında, ν(C═N) bandlarının sırayla 1604 cm^{-1}'e ve 1611 cm^{-1}' de ortaya çıkması, azometin azotunun metal merkezine bağlanmasını göstermektedir. Sentezlenen azo azometin türevlerinin FT-IR spektrumları, aromatik C–H için 3039–3055 cm^{-1}'de ve alifatik grup (–CH=N–) için 2944–2959 cm^{-1}'de gerilim bantları gözlenmiştir (Özkan ve diğerleri, 2015). 1440-1454 cm^{-1}'de azo (–N=N–) grubunun varlığına yorumlanan bandın ortaya çıkması, sentezlenen azo-Schiff bazlarının ve katı halde azo grubu içeren komplekslerinin varlığını doğrulamıştır. **HL^1** ve **HL^2** ligandlarının (–N=N–) grubunun gerilme titreşimi, metal komplekslerinin spektrumunda kaymamış ve bu da azo grubunun kompleks oluşumuna katılmadığını göstermektedir. Azo-azometin bileşikleri **HL^1** ve **HL^2** spektrumlarında 2750 ile 2400 cm^{-1} arasındaki geniş titreşim bantları, fenolik OH protonu ile nitrojen atomları arasında OH···N molekül içi hidrojen bağının oluşumunu göstermektedir ve literatürde verilen değerle uyumludur (Sarıgül ve diğerleri, 2016). Ayrıca 506–525 cm^{-1} ve 433–484 cm^{-1} aralıklarında ortaya çıkan ve sırasıyla ν(Zn–O) ve ν(Zn–N) titreşimlerine atfedilen yeni bantlar, şelat oluşumunun ek kanıtını sunmaktadır (Alizadeh ve diğerleri, 2014). Bu toplu spektral değişimler, sentezlenen ligandların her iki metal iyonuna karşı kararlı kompleksler oluştururken tipik bir bidentat *N,O* koordinasyon modunda davrandığını ve önerilen yapıyı doğrulamamaktadır.

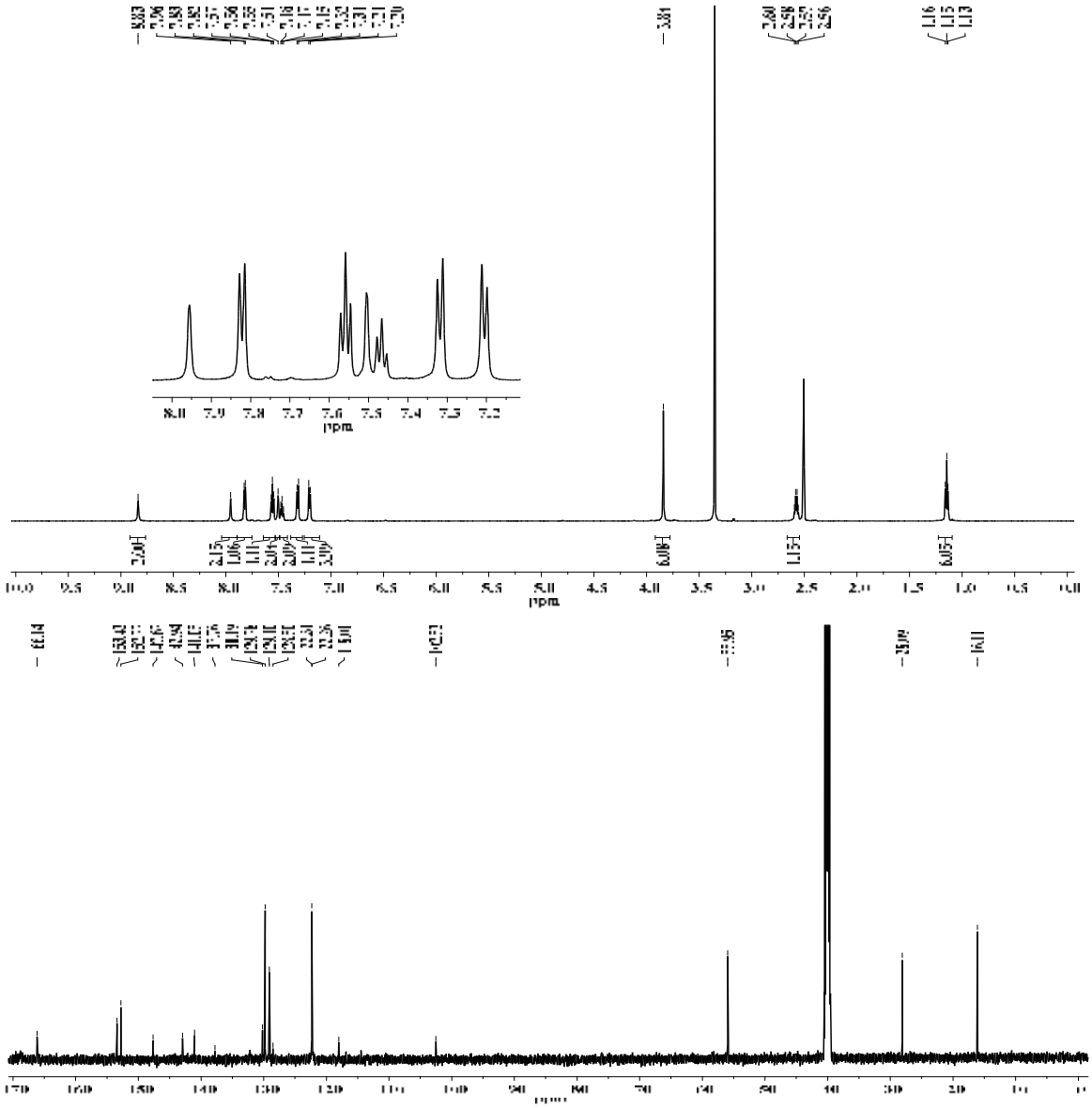
$[Zn(L^1)_2]$ ve $[Zn(L^1)_2]$ Metal Komplekslerin UV-Visible spektrumları

$[Zn(L^1)_2]$ (**3**) ve $[Zn(L^1)_2]$ (**4**) metal komplekslerinin elektronik geçiş spektrumları, dimetil sülfoksit (DMSO) içinde çözülmüş 10^{-5} M konsantrasyonlu çözeltilerde alınmıştır. Bu çalışma kapsamında sentezlenen bileşiklerin UV-görünür bölge absorpsiyon spektrumları Şekil 4'te verilmiştir. Spektrumların incelenmesi neticesinde, $[Zn(L^1)_2]$ (**3**) ve $[Zn(L^1)_2]$ (**4**) komplekslerinin halkasal yapılarının π–π* geçişlerini gösteren absorpsiyon bantları sırasıyla 272-292 nm aralığında ortaya çıkmıştır (Kahraman ve diğerleri, 2025) Sentezlenen $[Zn(L^1)_2]$ (**3**) ve $[Zn(L^1)_2]$ (**4**) komplekslerinin UV-Visible spektrumlarında, n–π* elektronik geçişlerinin absorpsiyon bantları ise sırasıyla 406 ve 408 nm'de gözlenmiştir (Şekil 4).

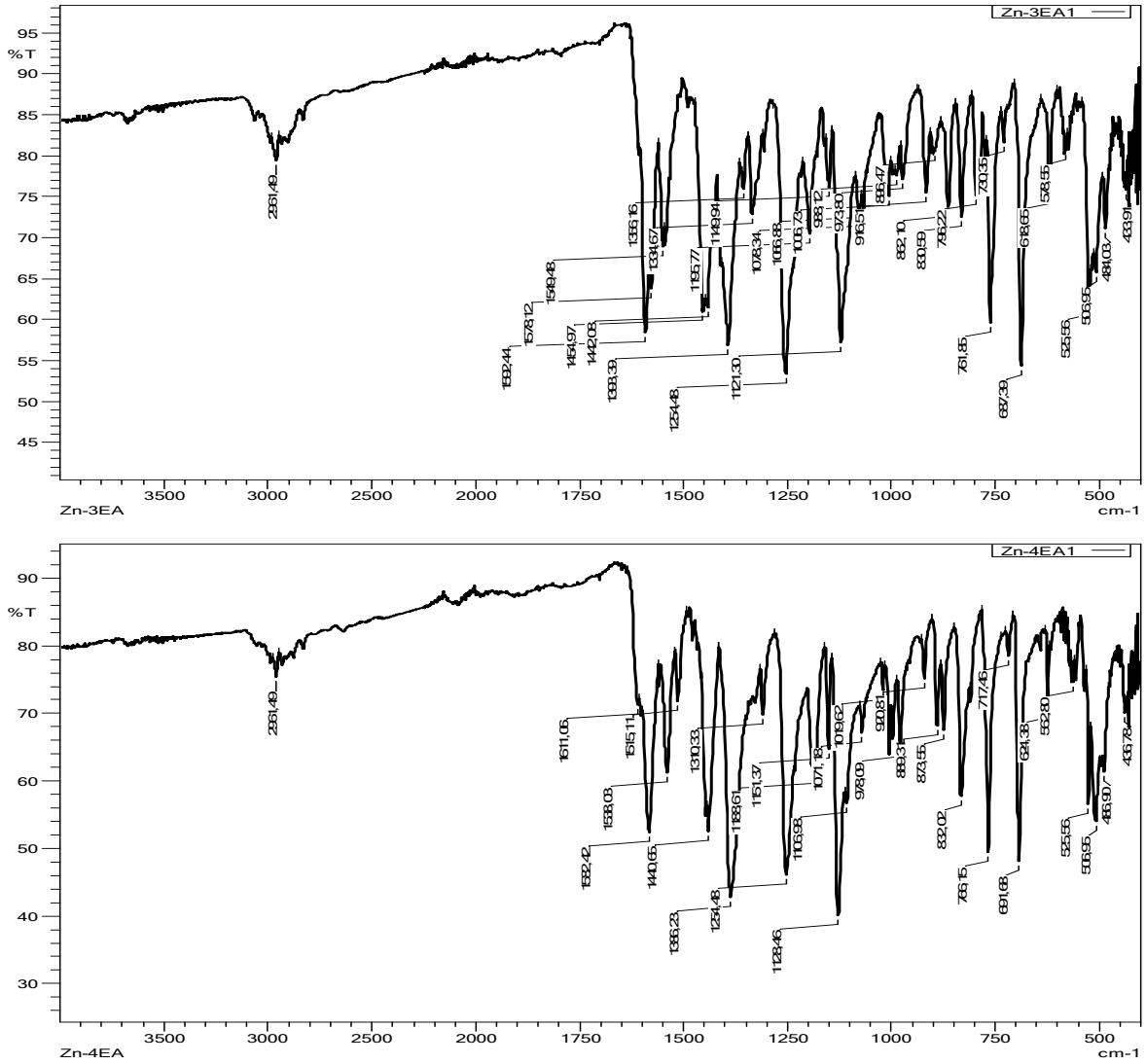




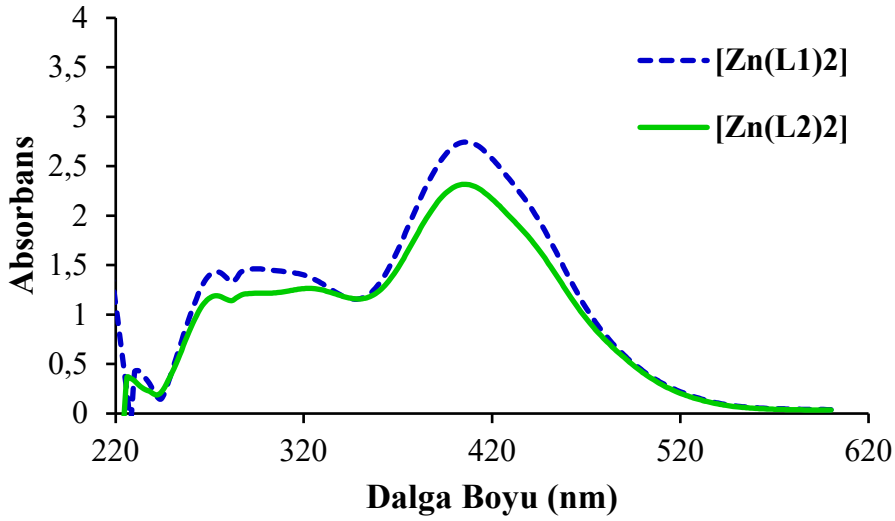
Şekil 1. [Zn(L^1)$_2$] metal kompleksinin ^{1}H ve ^{13}C NMR spektrumları.



Şekil 2. [Zn(L^2)$_2$] metal kompleksinin^{1}H ve ^{13}C NMR spektrumları.



Şekil 3. $[Zn(L^1)_2]$ve $[Zn(L^2)_2]$ metal komplekslerinin FT-IR spektrumları.



Şekil 4. Sentezlen Zn(II) komplekslerinin UV-görünür bölge absorpsiyonu.

Özet olarak bu çalışmada literatüre göre sentezlenen azo-Schiff bazı ligantlarından (HL^1 ve HL^2), Zn(II) metal kompleksleri $[Zn(L^1)_2]$ ve $[Zn(L^2)_2]$ hazırlandı ve bunların yapıları, spektral ve analitik yöntemlerle karakterize edildi. Karakterizasyonda kullanılan spektroskpik yöntemler, sentezlenen bileşiklerin kimyasal bileşimini doğrularken, FT-IR, ^{1}H- ve ^{13}C NMR spektrumları, özellikle –N=N– ve –HC=N imin fonksiyonel gruplarının varlığını doğrulamaktadır. Zn(II) komplekslerinde, metal-ligand oranı 1:2 olarak bulunmuş Zn(II) iyonunun *N, O* monobazik bidentat ligandlarla dört koordiasyonlu yapılar oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Abdel-Rahman, L.H., Abdelghani, A.A., Alobaid, A.A., El-ezz, D.A., Warad, I., Shehata, M.R., Abdalla, E.M. (2023). Novel bromo and methoxy substituted Schiff base complexes of Mn(II), Fe(III), and Cr(III) for anticancer, antimicrobial, docking, and ADMET studies, Sci. Rep. 13 1–27.

Alizadeh, R., Afzal, M., Arjmand, F. (2014). In vitro DNA binding, pBR322 plasmid cleavage and molecular modeling study of chiral benzothiazole Schiff-base-valine Cu(II) and Zn (II) complexes to evaluate their enantiomeric biological disposition for molecular target DNA. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 131, 625-635.

Damercheli, M., Dayyani, D., Behzad, M., Mehravi, B., Shafiee Ardestani, M. (2015). New salen-type manganese(III) Schiff base complexes derived from meso -1,2-diphenyl1,2-ethylenediamine: in vitro anticancer activity, mechanism of action, and molecular docking studies, J. Coord. Chem. 68, 1500–1513.

Eren, T., Kose, M., Kurtoglu, N., Ceyhan, G., McKee, V., Kurtoglu, M. (2015). An azo-azomethine ligand and its copper (II) complex: Synthesis, X-ray crystal structure, spectral, thermal, electrochemical and photoluminescence properties. Inorganica Chimica Acta, 430, 268-279.

Eskikanbur, S., Sayin, K., Kose, M., Zengin, H., McKee, V., Kurtoglu, M. (2015). Synthesis of two new azo-azomethines; spectral characterization, crystal structures, computational and fluorescence studies, J. Mol. Struct. 1094, 183–194,

Gozdas, S., Kose, M., Mckee, V., Elmastas, M., Demirtas I., Kurtoglu, M. (2024). Crystal structures, electronic spectra and anticancer properties of new azo-azomethines and their nickel(II) and copper(II) chelates, J. Mol. Struct. 1304 137691,

Kahraman, S., Gungor, O., Erkan, S., Karagoz, I.D., Kose, M., Kurtoglu, M. (2024). New Cu(II) and Zn(II) metal chelates derived from azo-Schiff bases: Synthesis, DNA/BSA binding, anticancer activity and molecular docking studies. Applied Organometallic Chemistry, 38(11), 7646.

Kahraman, S., Hepokur, C., Erci, F., Erkan, S., Cetin, S., Kose, M. & Kurtoglu, M. (2025). Copper(II) complexes with *N, O*-donor azo-Schiff base ligands: Synthesis, structure, DFT studies, molecular docking, anticancer and antimicrobial activity. Polyhedron, 269, 117393.

Kamankesh, P., Ghayedi, Z. (2023). Archive of SID. Ir Archive of SID. Ir Archive of SID. Ir Archive of SID. Ir, J. Sci. Eng. Elit. 12, 84–92.

Kose, M., Hepokur, **C.,** Karakas, D., McKee, V., Kurtoglu, M. (2016). Structural, computational and cytotoxic studies of square planar copper(II) complexes derived from dicyandiamide. Polyhedron, 117, 652-660

Kose, R., Gungor, S.A., Kariper, S.E., Kose, M., Kurtoglu, M. (2017). The new O, O and N, O type ligands and their Cu(II) and Ni(II) complexes: Crystal structure, absorption-emission properties and superoxide dismutase mimetic studies. Inorganica Chimica Acta, 462, 130-141.

Kurtoğlu, M. (2004). Synthesis and characterization of new trinuclear vic-dioxime complexes with Ni(II) and Cu(II) ions, Synth. React. Inorg. Met. Chem. 34 967–977.

Kurtoglu, M., Ispir, E., Kurtoğlu, N. Toroglu, S. Serin, S. (2005). New soluble coordination chain polymers of nickel(II) and copper(II) ions and their biological activity, Transit. Met. Chem. 30, 765–770.

Kurtoğlu, M., S Serin, S. (2001) Template synthesis of two new glyoxime derivatives. Characterization and investigation of their complexes with Ni(II), Cu(II), and Co(II) metal ions, Synth. React. Inorg. Met. Chem. 31, 1129–1139.

Kurtoğlu, M., Serin, S. (2001). Synthesis and complex formation of di[4-(11-chloro-3,6,9- trioxaundecyloxy)-phenylamino]glyoxime, Synth. React. Inorg. Met. Chem. 31 1229–1237.

Ozkan, G., Kose, M., Zengin, H., McKee, V., Kurtoglu, M. (2015). A new Salen-type azo–azomethine ligand and its Ni(II), Cu(II) and Zn(II) complexes: Synthesis, spectral characterization, crystal structure and photoluminescence studies. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 150, 966-973.

Sahan, F., Kose, M., Hepokur, C., Karakas, D. ve Kurtoglu, M. (2019). New azo-azomethine-based transition metal complexes: Synthesis, spectroscopy, solid-state structure, density functional theory calculations and anticancer studies. Applied Organometallic Chemistry 33 (7), e4954

Sarigul, M., Kariper, S. E., Deveci, P., Atabey, H., Karakas, D., Kurtoglu, M. (2017). Multi-properties of a new azo-Schiff base and its binuclear copper(II) chelate: Preparation, spectral characterization, electrochemical, potentiometric and modeling studies. Journal of Molecular Structure, 1149, 520-529.

Sarigul, M., Sari, A., Kose, M., McKee, V., Elmastas, M., Demirtas, I. & Kurtoglu, M. (2016). New bio-active azo-azomethine based Cu(II) complexes. Inorganica Chimica Acta, 444, 166-175.

Shatir,T.M., Aly, K.A., Ebrahium, M.M., Saddeek, Y.B., Ranjith Kumar, E. (2024). Linear and non-linear optical and dielectric properties of transition metals complexes films derived from Azo-Schiff base for photovoltaic applications, J. Mol. Liq. 401, 124636.

AZO-SCHIFF BAZI Zn(II) METAL KOMPLEKSİNİN BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

Münire SARIGÜL
Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, Türkoğlu Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü
ORCID: 0009-0001-5084-5023

Mükerrem KURTOĞLU
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
ORCID: 0000-0002-9948-373X

Özge GÜNGÖR
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0003-3529-2704

ÖZET
Kanser, vücuttaki hücrelerin kontrolsüz bir şekilde çoğalması ve çevre dokulara yayılma ya da onları istila etme kapasitesi göstermesiyle ortaya çıkan geniş bir hastalık grubudur. Yapılan çalışmalarla birlikte kanser hücrelerinin DNA yapısını hedef alarak onları etkisiz hâle getirmeye yönelik tedavi stratejileri geliştirilebilmektedir. Bu bağlamda Schiff bazı ligandları, biyokimyacılar tarafından özellikle antikanser ajanlar geliştirmek amacıyla üzerinde yoğun olarak çalışılan, insan sağlığı açısından önemli bileşiklerdir. Hem modern koordinasyon kimyasında hem de tıbbi kimyada kritik bir konuma sahip olan bu ligandlar, terapötik potansiyelleri nedeniyle günümüz araştırmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Koordinasyon bileşikleri genellikle DNA ile etkileşime girerek hücresel yapılara zarar verebilir. Schiff bazı ligandlarının metal kompleksleri, DNA baz çiftleri arasına girme yetenekleri nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Schiff bazı metal komplekslerinin DNA ile etkileşime girme yeteneği, bu bileşiklerin antikanser özelliklerinin araştırılmasına yol açmıştır. Antikanser mekanizma çalışmaları, Schiff bazı komplekslerinin DNA sentezini engelleyerek ve kanser hücrelerinin nükleer bölünmesine etki ederek hücre çoğalmasını inhibe ettiğini ortaya koymuştur.
Bu çalışmada bir azo-Schiff bazı ligandı sentezlenmiş ve bu ligandın Zn(II) kompleksi hazırlanmıştır. Sentezlenen ligand ile Zn(II) kompleksinin DNA'ya bağlanma özellikleri çeşitli spektroskobik yöntemlerle incelenmiştir. DNA ile etkileşim türünü belirlemek amacıyla, interkalasyon yapan etidyum bromür (EB) ile yer değiştirme deneyleri gerçekleştirilmiş; elde edilen Ksv değeri hesaplanarak literatürdeki verilerle karşılaştırılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Sentez, Azo-Schiff bazı, Zn(II) kompleksi, DNA bağlanma

BIOLOGICAL ACTIVITIES OF AZO-SCHIFF BASE Zn(II) METAL COMPLEXES

ABSTRACT
Cancer is a broad group of diseases caused by the uncontrolled proliferation of cells in the body and their ability to spread or invade surrounding tissues. Studies have led to the development of treatment strategies aimed at neutralizing cancer cells by targeting their DNA structure. In this context, Schiff base ligands are important compounds for human health, being intensively studied by biochemists, particularly for the development of anticancer agents. These ligands, which hold a critical position in both modern coordination chemistry and medicinal chemistry, occupy a significant place in current research due to their therapeutic potential.

Coordination compounds often interact with DNA, causing damage to cellular structuresMetal complexes derived from Schiff base ligands have attracted substantial interest owing to their ability to intercalate between DNA base pairs. This interaction with DNA has prompted extensive investigations into their potential anticancer activity. Mechanistic studies have demonstrated that Schiff base complexes can suppress cell proliferation by inhibiting DNA synthesis and interfering with the nuclear division of cancer cells.
In the present study, an azo-Schiff base ligand was successfully synthesized, and its Zn(II) complex was prepared. The DNA binding properties of the synthesized ligand and Zn(II) complex were investigated using various spectroscopic methods. To determine the interaction type with DNA, displacement experiments were performed using intercalating ethidium bromide (EB) and Hoechst dye bound to the minor groove. The resulting Ksv values were calculated and compared with literature data.
Keywords: Synthesis, Azo-Schiff base, Zn(II) complex, DNA binding

GİRİŞ

H. Schiff tarafından ilk kez sentezlenen Schiff bazları, aldehit ve keton bileşiklerinin primer aminlerle reaksiyonundan elde edilen kondenzasyon ürünleridir. Kondenzasyon tepkimesi sonucunda oluşan (–C=N–) çift bağına, azometin bağı denir. Yapısında bulunan fonksiyonel gruplar sayesinde Schiff bazları, biyolojik aktiviteleri açısından birçok çalışmaya konu olmuştur. Ligandın yapısı ve konformasyonu ile koordinasyon bileşiklerindeki merkez atomunun redoks potansiyellerinin bu tür bileşiklerin biyolojik aktivitelerini etkilediği belirtilmektedir (Durackova ve diğerleri, 1999). Schiff bazı ligand ve kompleksleri bazı ilaçların hazırlanmasında, tıpta, eczacılıkta, biyolojik sistemlerde, kozmetikte, seracılıkta ve tarım alanında, tekstilde boyar maddelerin üretiminde ve birçok sanayi dalında kullanılmaktadır (Yıldırım, 2019). Schiff bazı komplekslerinin ekonomik, çok kararlı ve kullanımının kolay olması yaygınlığını arttırmıştır. Bu özellikleri sayesinde Schiff bazları ve metal kompleksleri çeşitli uygulamalar için cazip hale gelmiştir (Reddy ve diğerleri., 2023). Schiff bazı içeren geçiş metali kompleksleri, özellikle tıbbi kimyada önemli bir araştırma alanı oluşturur. Bu bileşikler, potansiyel biyolojik etkileri nedeniyle yoğun şekilde incelenmektedir. Schiff bazı metalo-ilaçlar; yeni antikanser ve antimikrobiyal tedaviler geliştirmek amacıyla araştırılmaktadır. Kanser ve mikrobiyal hastalıkların hedefleri birbirinden farklı olduğu için, heterosiklik Schiff bazları yapısal olarak değiştirilebilir ve böylece belirli bir hastalığa yönelik istenen özelliklere sahip moleküller tasarlanabilir (Türker, 2018). Azoların biyolojik aktivitelerinin de dikkate alınacak kadar iyi olduğu bilinmektedir. Özellikle azo içeren farklı bileşikler antiviral, antibakteriyel, antikanser gibi çeşitli ilaçlarda kullanılmaktadır (Mendoza-Ferri ve diğerleri, 2019). Geçiş metalleri, farklı elektriksel özelliklere sahip olduklarından, bağlandıkları bir molekülün yapısını ve davranışını değiştirebilirler. Geçiş metallerinin bu özelliği, bazı durumlarda organik yapıdaki ilaçlara göre önemli bir avantaj sağlayabilir (Mahurkar ve diğerleri., 2023). Schiff bazlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri, reaktivitesi ve koordinasyon geometrisi, teşhis ve tedavi potansiyellerini belirlemektedir. Schiff bazı ligandları biyolojik sistemlerde bulunan metal iyonlarına (Zn^{+2}, $Cu^{+2,}$ Co^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Fe^{2+}, VO^{2+}) bağlandığında, ligandın biyolojik aktivitesini önemli ölçüde arttırmaktadır (Omer ve diğerleri., 2014). Schiff bazları; antikanser, antifungal ve antibakteriyel gibi çeşitli biyolojik etkiler gösterdiklerinden bilimsel araştırmalara konu olmaktadır (Sarıoğlu ve Soğukömeroğulları, 2024).
Schiff bazı metal kompleksleri, biyolojik bileşiklerin önemli bir bölümünü oluşturur ve çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. Metal kompleksleri, tıp alanında kontrast ajanı olarak, ayrıca kanser karşıtı, iltihap önleyici, antibakteriyel, romatizma karşıtı, sıtma karşıtı ve kontrast ajan olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Brabec ve Kasparkova, 2018).

Kanser hastalığı araştırmalarında birçok kimyager, cisplatin ve karboplatin'in kanser karşıtı ajan olarak başarısından etkilenmiştir (Carter ve diğerleri, 2014). Platin esaslı bileşikler etkili antikanser ajanlar olarak kullanılmalarına karşın, sınırlı seçicilikleri ve ciddi yan etkilere yol açmaları önemli bir dezavantajdır. Bu faktörlerden dolayı araştırmacılar, söz konusu olumsuzlukları giderebilmek için yeni metal bazlı ilaçların geliştirilmesine yönelik çalışmalara yoğunlaşmıştır (Kim ve diğerleri, 2008). cis-platin temelli kemoterapinin çeşitli dezavantajlarından dolayı bilim insanlarını kemoterapi de kullanılması için platin içermeyen yeni kompleksler tasarlamaya ve sentezlemeye yöneltmiştir.Yakın zamanda azo ve azo-kromofor grubu içeren yeni Schiff bazlarının, vic-dioximlerin ve bunların geçiş metali komplekslerinin hazırlanması ve karakterizasyonunu rapor eden ve fotofiziksel ile biyolojik aktivitelerini değerlendiren Kahraman ve arkadaşları, iki yeni N,O tipi bidentat ligand ve bunlara karşılık gelen Cu(II) komplekslerini sentezlendi ve kimyasal yapılarını elementel analiz, ölçümler ve kızılötesi ile elektronik spektral çalışmalar yoluyla belirlediler. (Kahraman ve diğerleri, 2025)

Bir substratın amino veya karbonil gruplarıyla gerçekleşen birçok enzimatik reaksiyonunda, Schiff bazı oluşumu önemli bir rol oynar (Lehlinger, 1975). Biyokimyasal süreçlerde görülen pek çok katalitik mekanizma, bir substratın karbonil grubuyla bir enzimin lizin kalıntısındaki primer amin arasında Schiff bazı (imin) oluşumunu içerir. Moleküler modelleme ile yapılan stereokimyasal çalışmalar, protein yapılarındaki lizin zincirlerinin geri kıvrılarak metilglioksal ile amino grupları arasında Schiff bazı oluşturduğunu ve bu süreçte oksijen atomları ile peptit grubunun azotu arasında yük transferi gerçekleşebildiğini göstermektedir. Amino asitlerden türetilen Schiff bazları bu nedenle önemli bir araştırma konusudur. Özellikle pridoksal vitamini ve amino asitlerden oluşan Schiff bazları biyolojik açıdan çok değerli ligandlardır. Bu tür ligandların geçiş metalleriyle oluşturdukları kompleksler ise enzim açısından büyük önem taşır. Schiff bazlarının yapısal çeşitliliği koordinasyon kimyasında önemli araştırmalara yol açmıştır. Birçok polimerik Schiff bazı antitümör etki göstermektedir. Bu bileşikler *p*H 5'te hem en yüksek hidroliz düzeyine hem de en iyi suda çözünürlüğe ulaşır (Bukhari, 2002).

Azo-Schiff bazı ligandlarının geçiş metali kompleksleri, sahip oldukları geniş koordinasyon esnekliği, C–H aktivasyonundaki rolleri, yüksek katalitik aktiviteleri, fotokimyasal özellikleri ve etkili elektron transfer yeteneklerinin yanı sıra biyolojik alanlardaki potansiyel uygulamaları nedeniyle önemli bir araştırma alanı hâline gelmiştir (Hassan ve diğerleri, 2022). Nitrojen ve oksijen donör seti olan Schiff bazı ligandlar özellikle ilgi çekicidir çünkü yapıdaki değişkenlik ve moleküler ortamlardaki hassasiyet nedeniyle metal iyonları ile çeşitli koordinasyon modları sağlarlar (Yılmaz ve Çukurovalı, 2019). Schiff bazı komplekslerinin antikanser aktivite göstermesinden dolayı tıp dünyasındaki önemi giderek artmaktadır. Schiff bazı komplekslerinin çalışma alanları da gittikçe artmaktadır. Aromatik aminlerin Schiff bazı kompleksleri özellikle antibakteriyel, mantar önleyici, antikanser, antioksidan, anti plazmodiyal, antienflamatuvar ve antidepresan gibi özellikleri ile ilgi çekmektedir ve çeşitli çalışmalara konu olmaktadır. Cisplatin ve türevleri gibi metal bazlı antikanser ajanlar, kanser tedavisinde uzun süredir dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, ilaç direnci, ciddi yan etkiler ve istenmeyen toksisite gibi klinik sorunlar nedeniyle bu ajanların terapötik kullanımı önemli ölçüde sınırlanmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla araştırmacılar, daha düşük toksisite profiline sahip, yan etkileri azaltılmış ve DNA ile etkileşimde alternatif mekanizmalar sergileyebilen yeni metal bazlı bileşiklerin geliştirilmesine odaklanmıştır (Shaheen ve diğerleri, 2023). Metal–ilaç konjugatlarının DNA parçalanmasını indükleyebilme yetenekleri, bu konjugatların kemoterapötik ajanlar olarak geliştirilmesinde kritik bir öneme sahiptir. Metal kompleksleri, DNA dubleksine farklı bağlanma modları aracılığıyla etki edebilir.

Bu bağlanma biçimleri arasında DNA'nın interkalasyonu, kovalent ve kovalent olmayan bağlanma türleri ile DNA parçalanmasının indüklenmesi yer almaktadır (Kahraman ve diğerleri, 2024).

Cu(II) ve Zn(II) geçiş metali kompleksleri, sahip oldukları geometrileri ve farklı kimyasal özellikleri nedeniyle biyolojik açıdan aktif bileşiklerdir (Zhou ve diğerleri, 2016). Cu(II) ve Zn(II) gibi metaller, metabolik ve biyokimyasal süreçlerde görev alan enzimler için vazgeçilmez olduklarından büyük önem taşır. Bu özellikleri, söz konusu metalleri, metal bazlı terapötik ajanların geliştirilmesi açısından ilgi çekici hâle getirmektedir. Zn(II) proteinazlar, alkali fosfatlar ve karbonik anhidraz gibi çeşitli enzimlerde bulunur ve bu enzimler bitkilerde, hayvanlarda, bakterilerde ve virüslerde farklı metabolik süreçlerde rol oynar. Özellikle, tiyosemikarbazon enzim türevlerinin Zn(II) komplekslerinin bazı bakteri ve mantarlara karşı antimikrobiyal aktivitesi ve yüksek invitro hücre canlılığı gözlemlenmiştir (Kahraman ve diğerleri, 2024). Çinko(II) metal komplekslerinin önemli olmasının en büyük nedeni, çinkonun canlı hücrelerin yaşamını sürdürebilmesi ve dokuların korunması için gerekli bir element olmasıdır. Özellikle hücre çoğalması, farklılaşma, apoptoz, bağışıklık sistemi ve üreme gibi süreçlerde kritik bir rol oynar. Ayrıca çinko kompleksleri, diğer birçok metal(II) kompleksi gibi, platin türevi ilaçlara alternatif oluşturabilecek yeni kanser karşıtı bileşikler olarak araştırılmaktadır (Hellman ve Gitlin, 2002). Bu durumun temel nedeni, çinko(II) iyonunun Fe, Cu veya Hg gibi metallere göre yüksek dozlarda çok daha az toksik olmasıdır. Ayrıca çinko kompleksleri hızlı ligand değişimi yapabildiği için Lewis asidi aktivasyonunu kolaylaştırır ve DNA hasarını artırabilir. Son dönemlerde, kuaterner amonyum ve fosfonyum iyonları gibi delokalize lipofilik katyonlar içeren bileşikler, hücre zarını daha iyi geçmeleri ve mitokondriyi hedefleyebilmeleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Olivers ve Solano, 2009; Güngör ve diğerleri, 2024).

Daha önce N ve O verici atomlar içeren çeşitli bi- ve polidentat ligandlar sentezlemiş ve karakterize etmiştik (Kurtoğlu ve Serin, 2001; Kurtoğlu ve Serin, 2001; Kurtoğlu, 2004; Kurtoglu ve diğerleri, 2005; Eren ve diğerleri, 2014; Kose ve diğerleri, 2016; Kose ve diğerleri, 2016). Belirtilen bu araştırmaların devamında, bu çalışmada literatüre göre hazırlanmış azo-azom etin ligandı ile yeni Zn(II) komplekslerinin sentezini ve DNA bağlanma özellikleri incelenmiştir.

ARAŞTIRMA YÖNTEMi

Kimyasallar

Anilin, 4-izopropilanilin, Çinko(II)asetatdihidrat, Aldrich ve Merck firmasından temin edilmiştir. Sentez ve analiz için kullanılan tüm reaktifler ve çözücüler ticari kaynaklardan satın alınmış kullanılmıştır.

2-hidroksi-3-metoksi-5-[(E)-fenildiazenil]benzaldehit sentezi

Azo grubu içeren salisilaldehit türevi bileşik, 2-hidroksi-3-metoksi 5-[(E)-fenildiazenil]benzaldehit, daha önce çalışılmış olan yönteme göre hazırlandı (Sarıgül ve diğerleri, 2016).

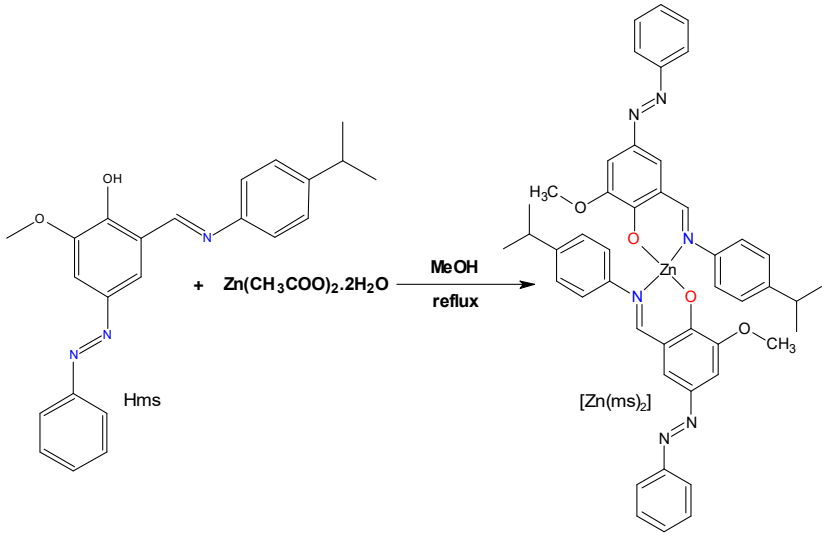
Bidentant azo-Schiff bazı ligandının (Hms) sentezi

Anilin türevi, 4-izopropilanilin (0,135 g, 1 mmol) (**(Hms)**) ve (0,256 g, 1 mmol) *2-hidroksi-3-metoksi 5-[(E)-fenildiazenil]benzaldehit*, 75 mL MeOH içinde çözüldü. Çözelti, 2-3 saat boyunca tekrar kaynatıldı ve sonrasında oda sıcaklığında (25^0C) bekletildi. Soğuduktan sonra azo-Schiff bazı ligandını kırmızı mikrokristaller halinde elde edildi.

Elde edilen mikrokristaller süzülüp 10 mL soğuk MeOH ile yıkandı ve ardından kurutuldu. Sentezlenen azo-azometin boyanın saflığı ince tabaka kromatografisi ile değerlendirildi. Ligandın MeOH çözeltisinden yavaş buharlaşması ile X-ışını kalitesinde kristaller elde edildi (Sarıgül ve diğerleri, 2016).

[Zn(ms)$_2$] metal kompleksinin sentezi

Azo-aldehit türü bir karbonil bileşiği olan *2-hidroksi-3-metoksi-5-[(E)-fenildiazenil]benzaldehit*in metanoldeki çözeltisi, 4-izopropilanilin ile etkileştirilerek izole edilmiştir. Ligandların kırmızı kristalleri, MeOH, EtOH, DMSO, DMACN ve kloroformda çözünür (Sarıgül ve diğerleri, 2016). Ligandın Zn(II) metal kompleksleri, $(CHCOO)_2Zn.2H_2O$ tuzunun MeOH çözeltisinin, ligandın aynı çözücüdeki çözeltisine eklenmesiyle hazırlandı. Oluşan ürün süzüldü ve oda sıcaklığında kurutuldu. Kompleksin yapısı, bir dizi analitik yöntem ve spektroskopik yöntemler kullanılarak aydınlatıldı. Üründeki safsızlık seviyesi TLC ile kontrol edildi. Sentezlenen Zn(II) kompleksleri kararlıdır ve DMSO ve DMF'de çözünür, fakat genel organik çözücülerde çözünmez. Zn(II) kompleksinin tek kristalleri herhangi bir organik çözeltiden izole edilemediğinden X-ışını kırınımı ile yapısı belirlenememiştir. Spektral ve analitik yöntemlerle önerilen [Zn(ms)$_2$] kompleksinin sentezi ve yapısı, Şema 1'de verilmiştir.



Şema 1. [Zn(ms)$_2$] metal kompleksinin sentezi.

[Zn(ms)$_2$] DNA Bağlanma Çalışması

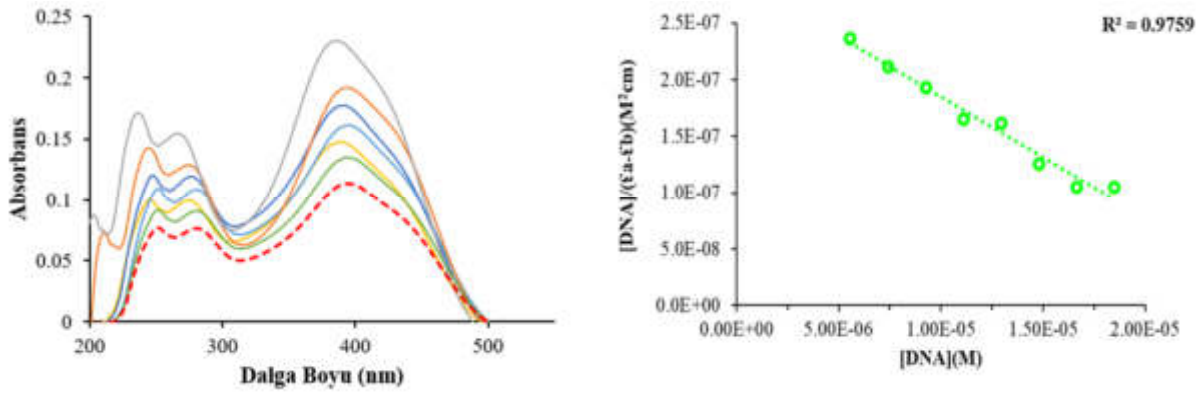
Zn(II) kompleksi ve azo-Schiff bazı ligandının FS-DNA ile etkileşimi, absorpsiyon spektroskopisi, floresan spektroskopisi, ile incelendi. Absorpsiyon titrasyonu, Perkin-Elmer (LAMBDA 2) UV–Vis spektrofotometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm absorpsiyon ölçümleri 25 °C'de (oda koşullarında) kuvetlerde yapılmıştır. FS-DNA, tampon çözeltide çözülmüş ve DNA'nın konsantrasyonu, 260 nm'deki absorbans değeri kullanılarak, 6600 M^{-1} cm^{-1} molar sönüm katsayısı üzerinden hesaplanmıştır. UV absorbans oranı A260/A280 = 1,9 olarak bulunmuş ve bu değer DNA'nın proteinlerden yeterince arındırılmış olduğunu göstermiştir. [Zn(ms)$_2$] **k**ompleksi ve ligandın stok çözeltileri (1,0 × 10^{-3} mM), uygun miktardaki bileşiğin 10 mL DMSO/Tris–HCl tamponu (1:9, h/h) içinde çözülmesiyle hazırlanmıştır. Hazırlanan bu stok çözeltiler, UV–Vis ölçümleri için Tris–HCl tamponuyla 200 mM'ye seyreltilmiştir.

Sabit konsantrasyonlardaki Zn(II) kompleksi [Zn(ms)$_2$] ve azo-Schiff bazı ligandı (Hms), Tris–HCl tamponu (pH 7,4) içinde FS-DNA ile titrasyona tabi tutulmuştur. (Kahraman ve diğerleri, 2024).

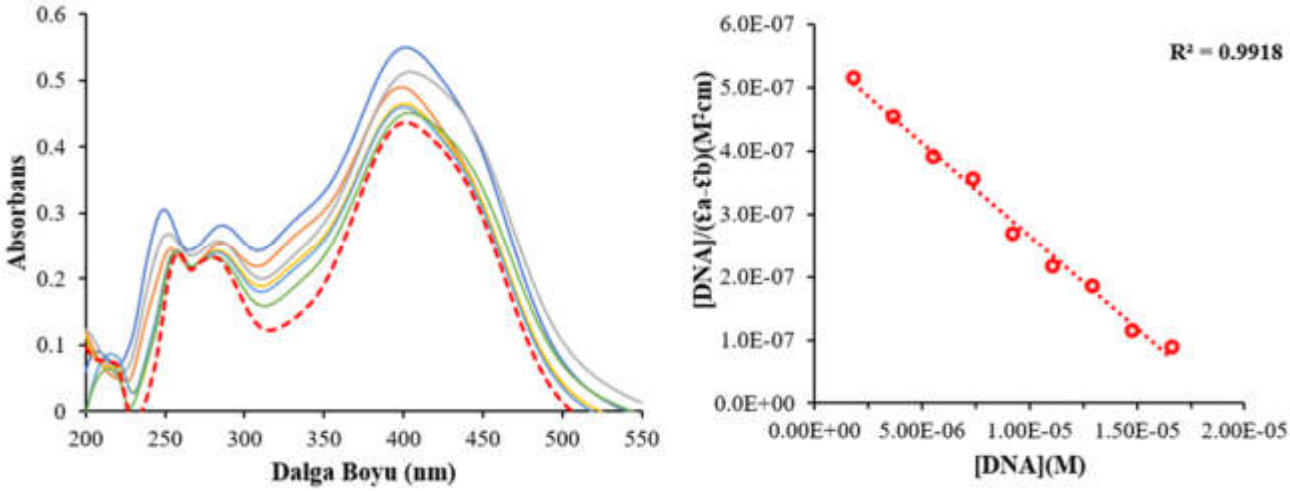
TARTIŞMA VE SONUÇ

Uv-DNA Bağlanma Çalışması

Elektronik absorpsiyon spektroskopisi, ligand ve metal komplekslerinin DNA ile etkileşim biçimlerini incelemede en yaygın kullanılan ve en etkili tekniklerden biridir. Bileşiklerin absorpsiyon bantlarındaki değişimler izlenerek, kompleksin ve ligandın DNA'ya bağlanma sabiti (Kb) hesaplanabilmektedir. Tris–HCl tamponu içinde kompleksin ve ligandların FSdsDNA ile gerçekleştirilen titrasyonuna ait spektrumlar **Şekil 1** ve **2**'de gösterilmiştir. DNA konsantrasyonunun artmasıyla, Hms spektrumlarında 394 nm ve 284 nm civarındaki bantlar sırasıyla hem maviye kayma hem de hiperkromizm sergilemektedir. 394 nm civarındaki bant maviye kaymayı yaklaşık 4 nm kadar olduğu belirlendi. **[Zn(ms)$_2$]** kompleksi üzerine artan konsantrasyonlarda DNA artmasıyla 402 ve 286 nm'de absorbsiyon bantlarında yaklaşık 2 nm kadar maviye kayma ve hiperkromizim gözlenmiştir. Bu gözlemler, kompleksin DNA ile etkileşiminden sonra yeni türlerin oluştuğunu düşündürmektedir (Güngör ve diğerleri, 2024). Hiperkromizm ve maviye kayma, kompleks ve ligandların FS-DNA ile karışık etkileşim modlarını tanımlar. Maviye kayma, DNA'ya bağlanma modunun, aromatik halkanın DNA baz çiftleri ile elektrostatik yada kovalent bağlanma olabileceğini göstermektedir (Yaseen ve diğerleri. 2014). Hiperkromizm, ligandın N ve O atomları ile DNA'nın iç kısmı arasındaki oluk bağlanmasının, hidrojen bağlarının veya bileşiğin pozitif yükü ile DNA omurgasındaki fosfat grupları arasındaki elektrostatik çekimin bir göstergesi olabilir. Bu sonuçlar, bileşiklerin DNA ile etkileşim sonrasında DNA'nın konformasyon meydana gelen değişiklikleri yansıtır (Liu ve diğerleri, 2003). Zn(II) kompleksindeki metal merkezi, daha düzlemsel bir yapı oluşmasını sağlayarak Zn kompleksinin aromatik kromoforu ile DNA baz çiftleri arasındaki etkileşimi güçlendirmiştir. Ligand ve kompleksin bağlanma sabiti Kb hesaplanmış **Tablo 1** de verilmiştir. En yüksek bağlanma sabitine sahip bileşiğin Zn kompleksi olduğu belirlenmiş olup, bu kompleks için hesaplanan bağlanma sabiti Kb = 4.9 × 10^5 M^{-1}'dir. Zn kompleksinin serbest liganddan daha düzlemsel bir yapıya sahip olması, bileşiğin bağlana sabitinin daha yüksek olmasını açıklamıştır.



Şekil 1. Hms, pH 7.1'de 2 mM Tris–HCl/2 mM NaCl tamponunda FSds-DNA ilavesi absorpsiyon spektral değişimleri. Scatter plot egrisi.



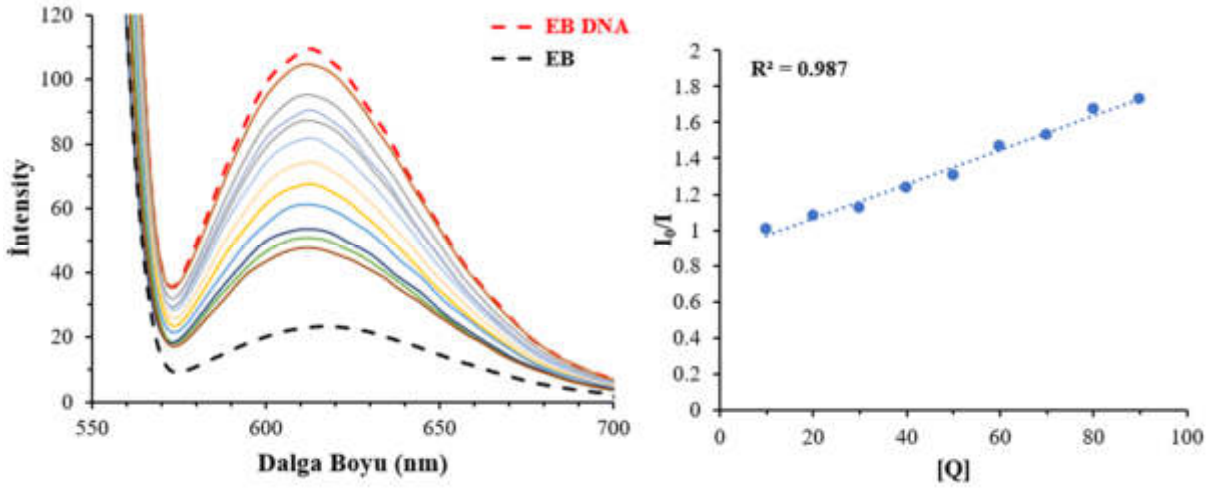
Şekil 2. Bileşik [Zn(ms)$_2$] pH 7.1'de 2 mM Tris–HCl/2 mM NaCl tamponunda FSds-DNA ilavesi absorpsiyon spektral değişimleri. Scatter plot egrisi.

Tablo 1. Bileşiklerin DNA bağlanma ve etidyum bromür yer değiştirme bağlanma sabiti değerleri

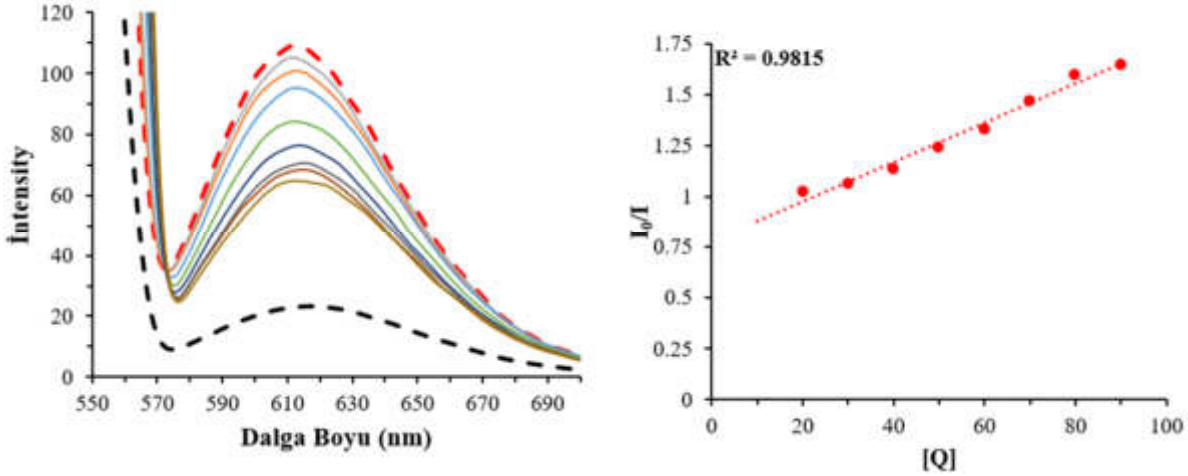
Bileşik	K_b (10^5)M^{-1}	Ksv (10^4)M^{-1}	n
Hms	3.5	6.5	1.02
[Zn(ms)$_2$]	4.9	9.7	1.08

Floresans Yarışmalı Bağlanma Çalişmaları

Bileşiklerin DNA ile bağlanma modunu belirlemek amacıyla rekabetçi etidyum bromür (EB) bağlanma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Etidyum bromür (EB) ile yapılan bu deneyler floresan spektroskopisi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Sherwani ve diğerleri, 2022). Bileşiklerin çözeltileri 5,0 x 10^{-5} M'da DMSO da hazırlanmıştır. TRIS-HCl tampon çözeltisi içerisinde artan konsantrasyonlardaki çözeltileri EB-DNA kompleksi üzerine eklenmiştir. Rekabetçi bağlanma, çalışmaları ex=526 nm'de uyarılarak test edilmiş 550-750 nm dalga boyu aralığında oluşan inkübasyon emisyon spektrumları kaydedilmiştir. Spektrumlardan elde edilen sonuçlar doğrultusunda Stern-Volmer denklemi kullanılarak Söndürme sabiti (Ksv) değeri hesaplandı (Isıka ve diğerleri, 2020). EB nin emisyon şiddeti çok zayıftır. Fakat DNA ile oluşturdugu kompleksleşme sonucunda emisyon şiddetinde artış gözlenir. Bileşiklerin DNA üzerine ilavesiyle emisyon şiddetinde azalma meydana gelmiştir. Bu azalma bileşiğin ve metal kompleksin DNA'nın arasına girerek EB çıkardığı yada DNA'nın başka bölgelerine girerek bağlanıp emisyon şiddetini düşürdüğü düşünüle bilir (Şekil 3-4). Bileşiklerin söndürme yeteneklerini karşılaştırmak için Stern-Volmer denklemi kullanılarak söndürme sabitleri/Ksv hesaplanmıştır. Bileşiklerinin Ksv söndürme sabitleri sırasıyla **Tablo 1**'de verilmiştir. Hesaplanan değerler karşılaştırıldığında, Zn kompleksinin EB-DNA emisyonunda değiştirme yeteneğinin liganda oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, bileşiklerin DNA ile etkileşimlerinin interkalasyon ya da küçük oluk bağlanması şeklinde gerçekleştiği düşünülmektedir (Rehman ve diğerleri, 2015). Emisyon yoğunluğunda gözlenen azalmanın ise, çalışmada sentezlenen bileşiklerin EB–DNA sistemiyle etkileşmesinden, DNA'nın üç boyutlu yapısındaki değişimlerden veya uyarılmış halde gerçekleşen enerji transferinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir (Kakoulidou ve diğerleri, 2022). Hesaplanan n değerininden de anlaşıldığı üzere bileşiklerin DNA nın sadece bir bölgesinden bağlandığını göstermiştir.



Şekil 3. Hms'in EB-DNA emisyon spektrumu ve Stern-Volmer grafiği ([Q]-I_0/I) zamanları üzerindeki etkisi.



Şekil 4 [Zn(ms)$_2$]'nin EB-DNA emisyon spektrumu ve Stern-Volmer grafiği ([Q]-I_0/I) zamanları üzerindeki etkisi.

KAYNAKLAR

Brabec, V., Kasparkova, J. (2018). Ruthenium coordination compounds of biological and biomedical significance DNA binding agents, Coord. Chem. Rev. 376, 75–94.

Bukhari, I.H. (2002). Preparation, characterization and biological evaluation of Schiff base metal complexes of some drug substances. A thesis submitted to Bahauddin Zakariya University. Multan, Pakistan.

Carter, K.P., Young, A.M., Palmer, A.E. (2014). Fluorescent sensors for measuring metal ions in living systems, Chem. Rev. 114 4564–4601.

Durackova, Z., Mendiola, M.A., Sevilla, M.T., and Valent, A. (1999). Thiohydrazone Copper (II) Complexes. The Relationship Between Redox Properties and Superoxide Dismutase Mimetic Activity. Bioelectrochemistry and Bioenergetics: 48, 109-116.

Gungor, O., Gul, A., Gungor, S.A., Comertpay, S. ve Kose, M. (2024). Synthesis, DNA binding and anticancer properties of new Cu(II) and Zn(II) complexes of a Schiff base ligand containing a triphenylphosphonium as a lipophilic cation. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 450, 115453.

Hassan, A.M., Said, A.O., Heakal, B.H., Younis, A., Aboulthana, W.M., Mady, M.F. (2022). Green Synthesis, Characterization, Antimicrobial and Anticancer Screening of New Metal Complexes Incorporating Schiff Base, ACS Omega, 7, 32418.

Hellman, N.E, Gitlin, J.D. (2002) Ceruloplasmin metabolism and function, Annu. Rev. Nutr. 22 439–458.

Isika, D., Çeşme, M., Osonga, F.J. ve Sadik, O.A. (2020). New quercetin and apigenin-acetamide derivatives: Design, synthesis, characterization, biological evaluation and molecular docking studies. RSC Advances, 10 (42), 25046–25058.

Jayamani, A., Sengottuvelan, N., Chakkaravarthi, G. Synthesis, structural, electrochemical, DNA interaction, antimicrobial and molecular docking studies on dimeric copper(II) complexes involving some potential bidentate ligands, Polyhedron 81 (2014) 764–776.

Kahraman, S., Gungor, O., Erkan, S., Karagoz, I.D., Kose, M., & Kurtoglu, M. (2024). New Cu(II) and Zn(II) metal chelates derived from azo-Schiff bases: Synthesis, DNA/BSA binding, anticancer activity and molecular docking studies. Applied Organometallic Chemistry, 38(11), e7646.

Kakoulidou, C., Chasapis, C.T., Hatzidimitriou, A.G., Fylaktakidou, K.C., & Psomas, G. (2022). Transition metal (II) complexes of halogenated derivatives of (E)-4-(2-(pyridin-2-ylmethylene) hydrazinyl) quinazoline: structure, antioxidant activity, DNA-binding DNA photocleavage, interaction with albumin and in silico studies. Dalton Transactions, 51(43), 16

Kim, B.E., Nevitt, T., Thiele, D.J. (2008). Mechanisms for copper acquisition, distribution and regulation, Nat. Chem. Biol. 4 ,176–185.

Kose, M., Hepokur, **C.,** Karakas, D., McKee, V., Kurtoglu, M. (2016). Structural, computational and cytotoxic studies of square planar copper(II) complexes derived from dicyandiamide. Polyhedron, 117, 652-660

Kose, R., Gungor, S.A., Kariper, S.E., Kose, M., Kurtoglu, M. (2017). The new O, O and N, O type ligands and their Cu(II) and Ni(II) complexes: Crystal structure, absorption-emission properties and superoxide dismutase mimetic studies. Inorganica Chimica Acta, 462, 130-141.

Kurtoğlu, M. (2004). Synthesis and characterization of new trinuclear vic-dioxime complexes with Ni(II) and Cu(II) ions, Synth. React. Inorg. Met. Chem. 34 967–977.

Kurtoglu, M., Ispir, E., Kurtoğlu, N. Toroglu, S. Serin, S. (2005). New soluble coordination chain polymers of nickel(II) and copper(II) ions and their biological activity, Transit. Met. Chem. 30, 765–770.

Kurtoğlu, M., Serin, S. (2001) Template synthesis of two new glyoxime derivatives. Characterization and investigation of their complexes with Ni(II), Cu(II), and Co(II) metal ions, Synth. React. Inorg. Met. Chem. 31, 1129–1139.

Kurtoğlu, M., Serin, S. (2001). Synthesis and complex formation of di[4-(11-chloro-3,6,9- trioxaundecyloxy)-phenylamino]glyoxime, Synth. React. Inorg. Met. Chem. 31 1229–1237.

Lehlinger, A.L. (1975). Biochemistry. 2nd edn. Worth Publisher. 84,85,220,563 and 564.P.

Liu, J., Zhang, H., Chen, C., Deng, H., Lu, T., & Ji, L. (2003). Interaction of macrocyclic copper (II) complexes with calf thymus DNA: effects of the side chains of the ligands on the DNA-binding behaviors. Dalton Transactions, (1), 114-119.

Mahurkar, N.D., Gawhale, N.D., Lokhande, M.N., Uke, S.J., Kodape, M.M. (2023). Benzimidazole: A versatile scaffold for drug discovery and beyond – A comprehensive review of synthetic approaches and recent advancements in medicinal chemistry.

Mendoza-Ferri, M.G., Hartinger, C.G., Mendoza, M.A., Groessl, M., Egger, A.E., Eichinger, R.E., Keppler, B.K. (2009). Transferring the multinuclearity concept to ruthenium complexes for improved anticancer activity. Journal of medicinal chemistry, 52 (4), 916-925.

Olivares, C., Solano, F. (2009). New insights into the active site structure and catalytic mechanism of tyrosinase and its related proteins, Pigment Cell Melanoma Res. 22 750–760.

Omer, M.A.S., Liu, J.C., Deng, W.T., Jin, N.Z. (2014). Syntheses, crystal structures and antioxidant properties of four complexes derived from a new Schiff base ligand (N^1E,N^2E)-N^1,N^2-bis(1-(pyrazin-2-yl)ethylidene)ethane-1,2 diamine, Polyhedron, 69, 10-14.

Osowole, A., Kempe, R., Schobert, R. (2012). Synthesis, spectral, thermal, in-vitro antibacterial and anticancer activities of some metal(II) complexes of 3-(-1-(4-methoxy-6-methyl)-2-pyrimidinylimino)methyl-2-naphthol, Int. Res. J. Pure Appl. Chem. 2, 105–129.

Reddy, G.N., Losetty, V., Yadav, C.H. (2023). Synthesis of novel Schiff base metal complexes and their spectroscopic characterization, biological activity and molecular docking investigation, Journal of Molecular Structure, 1282, 135161.

Rehman, S.U., Sarwar, T., Ishqi, H.M., Husain, M.A., Hasan, Z., & Tabish, M. (2015). Deciphering the interactions between chlorambucil and calf thymus DNA: a multi-spectroscopic and molecular docking study. Archives of biochemistry and biophysics, 566, 7-14.

Sarıoğlu, A.O. ve Soğukömeroğulları, H.G. (2024). Synthesis and characterization of Schiff base metal complexes from substituted salicylidene. Gümüşhane University Journal of Science,14(4), 1149-1160.

Sarigul, M., Sari, A., Kose, M., McKee, V., Elmastas, M., Demirtas, I. & Kurtoglu, M. (2016). New bio-active azo-azomethine based Cu(II) complexes. Inorganica Chimica Acta, 444, 166-175.

Shahabadi, N., Kashanian, S., Darabi, F. (2010). DNA binding and DNA cleavage studies of a water soluble cobalt(II) complex containing dinitrogen Schiff base ligand: the effect of metal on the mode of binding, Eur. J. Med. Chem. 45 4239–4245.

Shaheen S., Liaqat, F., Qamar, S., Murtaza, I., Rasheed, A. Yousuf, S. Ishtiaq, A., Akhter, Z. (2023). Single crystal structure of nitro terminated Azo Schiff base: DNA binding, antioxidant, enzyme inhibitory and photo-isomerization investigation, Journal of Molecular Structure, 1284, 135376.

Sherwani, I. A. H. A., Köse, A., Güngör, Ö., Kırpık, H., Güngör, S. A., & Köse, M. (2022). Synthesis, characterization and investigation of photophysical and biological properties of Cu (II) and Zn (II) complexes of benzimidazole ligands. Applied Organometallic Chemistry, 36(4), e6585.

Türker, Ş. (2018). The Synthesis and Characterization of Schiff Bases and Metal Complexes Containing Carboxylic Acid Group. Çukurova University, Institute of Science, Department of Chemistry, Master's Thesis.

Yaseen, Z., Banday, A. R., Hussain, M. A., Tabish, M. (2014). Determination of the cationic amphiphilic drug–DNA binding mode and DNA-assisted fluorescence resonance energy transfer amplification. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 122, 553-564.

Yıldırım, S. T. (2019). Synthesis, Characterization of Schiff Base Ligand from Salicylaldehyde Derivative and Investigation of Some Transition Metal Complexes. Erzincan University Journal of Science and Technology, 12(3), 1329-1340.

Yılmaz, İ., Çukurovalı, A. (2019). Synthesis and Antimicrobial Activity Studies of Cyclobutane Ring Containing Schiff Base and their Metal Complexes. European Journal of Science and Technology, (17), 437-444.

Zhou, X.Q., Li, Y., Zhang, D.Y., Nie, Y., Li, Z.J. Gu, W., Liu, X., Tian, J.L., Yan, S.P. (2016). Copper complexes based on chiral Schiff-base ligands: DNA/BSA binding ability, DNA cleavage activity, cytotoxicity and mechanism of apoptosis, European Journal of Medicinal Chemistry, 114, 244-256,

COMPARATIVE STUDY OF DIFFERENT FOOD CONTACT ENAMEL GROUPS IN TERMS OF CLEANABILITY AND CHEMICAL RESISTANCE

Kadem ERGİN
R&D Assistant Specialist, Algotrio Chemicals
Sakarya University, Institute of Science, Department of Chemistry, Physical Chemistry
ORCID: 0009-0005-4078-9821

Tuğçe Nazlı KAYA
R&D Manager, Algotrio Chemicals;Sakarya University, Faculty of Engineering, Department f Metallurgical and Materials Engineering
ORCID: 0000-0003-0460-1949

Orhan ŞAHİN
R&D Director, Algotrio Chemicals
ORCID: 0000-0001-6999-2974

ABSTRACT
In this study, the cleanability and chemical resistance performances of powder enamel coatings produced for different application purposes were comparatively evaluated. The enamel samples were examined in four main groups: acid-resistant enamels, ETC (lithium nitrate)-resistant enamels, black pyrolytic enamels, and grey pyrolytic enamels. All powder enamels were applied onto metal sheets by electrostatic spraying and fired at 820 °C for 6 minutes in a laboratory-type box furnace, representing standard industrial production conditions.
For the cleanability assessment, 18 commonly encountered household food contaminants (turmeric, fatty minced meat, lean minced meat, honey, pepper paste, tomato paste, plum marmalade, egg yolk, milk, apple, lemon, mustard, mayonnaise, cake batter, potato, zucchini, egg white, and sugar cube) were applied to the enamel surfaces and baked at 320 °C for 30 minutes. After contamination, the surfaces were cleaned using a dry sponge, a detergent-supported wet sponge, and hot water. Cleanability performance of each enamel surface was scored accordingly.
In the chemical resistance tests, widely used household cleaning agents (bleach, dishwashing detergent, dishwasher tablet, oven and grill cleaner foam, grease remover, and Cif) were applied onto clean regions of the plaques. The samples were then heated at 80 °C for 1 hour. After cooling, the surfaces were examined for potential chemical damage such as matting, loss of gloss, discoloration, blistering, or cracking.
The results demonstrated significant performance differences among the enamel groups in terms of their interaction with high-temperature contaminants and their resistance to household cleaning chemicals. Based on the scoring system, certain enamel samples exhibited superior cleanability and chemical stability. Overall, this study provides a scientific basis for selecting suitable enamel coatings for oven interior surfaces, pyrolytic applications, and environments requiring high chemical durability.
Keywords: Enamel coatings, Cleanability, Chemical resistance

INTRODUCTION

Enamel coatings are vitreous inorganic layers applied onto a metal substrate through high-temperature fusion and are widely used for both decorative and technical purposes. During the bonding of the glassy phase to the metal surface, chemical reactions, oxide layer formation at the interface, and mutual ion diffusion create a highly durable adhesion between the coating and the substrate (Dietzel, 1981). For this reason, enamel coatings have historically been used in a wide range of applications, from kitchenware to chemical reaction vessels (Petzold & Poschmann, 1992). Today, their widespread use particularly on oven interiors, pyrolytic cleaning systems, trays, and food-contact metal surfaces stems from their high thermal resistance, mechanical stability, chemical durability, and cleanability (Rossi, Russo, & Calovi, 2020).

The chemical composition of the frits that constitute the enamel is the primary factor determining almost all aspects of the coating's performance. The addition of B_2O_3, Al_2O_3, and alkali oxides to the SiO_2-based network adjusts the viscosity, melting temperature, and surface stability of the glassy phase (Goodwin & Whitelock, 1985). However, acid and alkali resistance—critical for technical and food-contact applications—is largely dependent on the amount and type of network modifiers in the frit composition. While enamel coatings generally exhibit high resistance to acidic environments, strong alkaline solutions can degrade the glass network, leading to matting, dissolution, and increased surface roughness (Rossi et al., 2014). Therefore, optimizing enamel compositions is essential for surfaces exposed to high-pH substances such as detergents, degreasers, and oven cleaners (Jett, 1989; Lynch, 1994).

From a food-safety perspective, the fundamental requirement for enamel surfaces is their inert nature, preventing any migration of toxic elements into food. Although oxides containing Ni and Co have long been used to improve adhesion, it is known that these elements can migrate into food under certain conditions (Benzeşik et al., 2018). According to the limits set by the European Union (1935/2004/EC and 84/500/EEC) and by EDQM (2013), specific migration values for these metals must remain extremely low. These restrictions have encouraged the development of compositions that are free of Ni/Co or contain these oxides only in the ground coat layer, while employing low-diffusivity formulations in the cover coat to minimize migration (Benzeşik et al., 2018; Saad, Poulain, & El Farissi, 1993).

Cleanability is another key parameter that defines the usability of enamel coatings. In oven interiors, food residues such as carbonized organic matter, oily compounds, and protein-based deposits adhere strongly to the surface. Surface roughness, the homogeneity of the glassy phase, the proportion of crystalline phases, and firing conditions directly influence the adhesion strength of such soils (Scrinzi & Rossi, 2010). Pyrolytic enamels, owing to their high thermal resistance and lower surface roughness, allow burnt-on soils to be removed more easily. However, studies systematically evaluating the cleanability of enamel surfaces contaminated with controlled domestic food soils and subsequently baked at high temperatures remain limited in the literature.

Properties such as chemical durability, abrasion resistance, and porosity are related to the long-term stability of enamel coatings. Abrasion behavior is typically characterized using tests such as Taber or PEI, and it is influenced significantly by surface roughness, frit composition, and the incorporation of hard particles (Rossi, Parziani, & Zanella, 2015). Nevertheless, since hard particles (e.g., SiC, WC) may negatively affect chemical resistance, such additives are generally unsuitable for kitchenware and food-contact applications (Rossi et al., 2019).

For food-contact enamels, the literature highlights three primary performance criteria:

1. **Migration behavior** — the potential release of elements such as Ni, Co, Al, and Fe into food is toxicologically critical.
2. **Chemical resistance** — stability against acids, alkalis, and household cleaning agents determines long-term durability.
3. **Cleanability** — the removability of organic soils after high-temperature carbonization directly affects user experience.

Although each of these parameters has been studied individually, very few investigations offer a holistic evaluation combining all of them. In particular, there is a notable lack of studies that simultaneously assess contamination with domestic food types, high-temperature baking, and subsequent interaction with various cleaning chemicals under realistic user conditions.

Therefore, the present study aims to address this gap by providing a comparative analysis of different enamel groups (citric acid-resistant, ETC-resistant, black pyrolytic, and grey pyrolytic) in terms of cleanability, chemical resistance, and surface stability. The study offers a significant assessment for both industrial R&D and academic glass science by employing contamination and cleaning procedures that realistically represent end-user scenarios.

Enamel coatings are widely utilized on oven interiors, cookware, and industrial heating environments due to their high thermal stability, chemical inertness, and aesthetic appearance. The two fundamental parameters determining the service life and performance of enamel surfaces are cleanability and chemical resistance. Consequently, the literature contains numerous studies examining contamination simulations using household foods as well as the effects of cleaning chemicals.

The adhesion of domestic foods to surfaces at elevated temperatures is described in the literature as “baked-on food soil.” Foods containing oils, proteins, and carbohydrates undergo Maillard reactions, caramelization, and thermal oxidation during heating, forming a polymeric layer that is difficult to remove. Milly, Toledo, and Kerr (2007) reported that food residues baked on stainless steel surfaces form persistent bonds through protein denaturation and lipid oxidation. Similarly, Liu and Yang (2019) explained that the adhesion mechanisms of foods under heat depend on surface energy, roughness, and the chemical composition of the food. Turmeric, tomato, and mustard—foods high in pigment content—have also been studied for their staining potential. Dabestani and David (2010) showed that curcumin-based chromophores in turmeric form chemical bonds with surfaces, leading to persistent yellowing. These findings demonstrate the strong scientific basis for performing contamination tests on enamel surfaces using domestic foods baked at high temperatures.

MATERIALS AND METHODS

Studies evaluating the cleanability of enamel surfaces predominantly focus on multi-stage cleaning protocols. Three main factors are highlighted in the literature as determinants of cleanability: mechanical cleaning, detergent/surfactant action, and thermal softening. Yan, Li, and Jiang (2016) reported that cleanability on enamel surfaces is significantly influenced by surface roughness and surface energy, noting that low-roughness coatings are cleaned more easily in the presence of detergents. Oliveira et al. (2012) demonstrated that wet sponge cleaning combined with surfactant-containing detergents is more effective than dry mechanical cleaning, and that hot water application weakens the adhesion of soils, particularly those containing proteins and sugars. These findings confirm that the practical cleaning sequence of “dry sponge → detergent → hot water” aligns well with procedures described in the scientific literature.

The effects of household cleaning chemicals on enamel surfaces have been widely investigated, particularly for bleach (NaOCl), alkaline degreasers, and abrasive cream cleansers. Aurant (2008) reported that sodium hypochlorite may induce oxidative attack on the glassy phase structure, causing surface matting. Similarly, Pastorelli et al. (2015) showed that highly alkaline degreasers can weaken Si–O bonds and lead to corrosion on enamel surfaces. Nakamura, Sato, and Yamamoto (2014) noted that in accelerated durability tests using household cleaners, a temperature range of 60–90°C is ideal for evaluating the chemical resistance of enamel coatings. These findings support that the 80°C–1 hour chemical exposure used in this study corresponds well to the "accelerated chemical durability test" approach commonly referenced in the literature.

Chemical resistance tests, including acid resistance and particularly the ETC test, are internationally recognized standard methods for evaluating enamel surfaces. The ISO 28706 series serves as a reference framework for assessing the chemical degradation of enamels when exposed to acidic and alkaline environments. Verhoef and colleagues (2010) reported that the $LiNO_3$ test is highly sensitive in determining the dissolution rate of the glassy matrix and provides a reliable comparison of durability performance across different frit compositions. Therefore, the use of acid and LN tests strongly supports the methodological validity of this study.

Overall, the literature demonstrates that both the contamination behavior of enamel surfaces under domestic food exposure and their interaction mechanisms with household cleaning chemicals have been examined in detail. In this context, the high-temperature contamination procedure, the multi-stage cleanability analysis, and the chemical durability tests applied in the present study are all grounded in existing scientific literature and international standards. This scientific framework enhances the reliability of the findings and provides a solid theoretical basis for the comparisons discussed in the results and discussion section.

RESEARCH AND FINDINGS

Samples and Preparation Stage

In this study, the cleanability characteristics and resistance to various household cleaning chemicals of powder enamel coatings commonly used in industrial applications were evaluated. These coatings, frequently employed on oven interiors, pyrolytic systems, and kitchen equipment, were examined under conditions representative of real usage scenarios. The enamels used in the study were classified into three main groups based on their performance characteristics: Pyrolytic Enamels, Citric Acid-Resistant Enamels, and ETC-Resistant Enamels. This classification was intended to enable a comparative analysis of how different enamel types respond to high-temperature organic contamination as well as to chemical exposure.

All enamel samples were prepared under identical production conditions. Powder enamels were applied onto steel sheet substrates using the electrostatic powder spraying method and subsequently fired in a box furnace at 820°C for 6 minutes, forming the final glassy phase.



Figure 1. Sample Preparation Stages (Algotrio)

ETC Test Stage

To evaluate the chemical resistance of the enamel surfaces, a standardized ETC test was applied to the three enamel groups used in this study (Pyrolytic Enamels, Citric Acid-Resistant Enamels, and ETC-Resistant Enamels). Within this test, each specimen was examined for its resistance to both acidic conditions and lithium nitrate exposure.

In the first stage, a 10% citric acid solution was dropped onto the designated test area of each enamel sample and allowed to remain in contact with the surface for 15 minutes. At the end of this period, the surfaces were rinsed with water to remove acid residues and dried at room temperature. This procedure was carried out to observe the enamel surfaces' dissolution tendency and potential surface degradation when exposed to weak organic acids.

In the second stage of the test, 0.5 g of Lithium Nitrate ($LiNO_3$) was placed onto the same area where citric acid had been applied, and the plates were subjected to a thermal treatment at 320°C for 15 minutes in a laboratory box furnace. The chemical interactions induced by lithium nitrate and the dissolution behavior within the glassy phase provide important indicators for assessing the chemical stability of the enamel coating. After the thermal cycle, the plates were rinsed again, dried, and visually examined for signs of matting, discoloration, blistering, surface abrasion, or dissolution within the glassy matrix.

According to the literature, the ETC test is performed in three stages, and the final stage involves applying a small amount of ketchup onto the lithium nitrate–treated area and exposing the sample to 320°C for 30 minutes to observe any potential surface changes. This three-stage ETC procedure was repeated under identical conditions for each enamel group, and the results were evaluated to determine their comparative resistance to acidic environments and lithium nitrate–induced chemical stress.

Contamination with Domestic Food

In the second stage of the study, enamel plates prepared by firing at 820°C were contaminated with various domestic food substances in order to simulate real-life soiling scenarios. All tests in this stage were carried out under identical conditions on the three main enamel groups used in the study—Pyrolytic Enamels, Citric Acid-Resistant Enamels, and ETC-Resistant Enamels—to enable a comparative evaluation of each group's behavior under high-temperature organic contamination.

A controlled amount of each food substance was applied to the enamel surfaces, and the plates were baked at 320°C for 30 minutes. This procedure allowed the formation of burnt, crusted, and carbonized soils typically observed during household use to be reproducibly recreated in a laboratory setting. The high-temperature treatment promoted the adhesion of food components to the enamel surface, thereby enabling an objective assessment of the cleanability characteristics of the three enamel groups.
The domestic food substances used in the contamination process were as follows:

- Turmeric
- Ground beef (fatty)
- Ground beef (lean)
- Honey
- Pepper paste
- Tomato paste
- Plum marmalade
- Egg yolk
- Milk
- Apple
- Lemon
- Mustard
- Mayonnaise
- Cake batter
- Potato
- Zucchini
- Egg white
- Sugar cube

These food substances represent a wide variety in terms of their fat, protein, carbohydrate, and pigment content, thereby generating different contamination and adhesion mechanisms on the enamel surfaces. This diversity enabled a comprehensive evaluation of the performance of pyrolytic, citric acid-resistant, and ETC-resistant enamels under organic soil loading.

Cleanability of Domestic Food Soils
A standardized three-stage cleaning procedure was applied to evaluate the cleanability performance of the enamel plates contaminated with domestic food substances. This procedure was designed to determine the extent to which carbonized layers formed by various food components could be removed under mechanical, chemical, and thermal action.

Stage 1: Dry Mechanical Cleaning
After removal from the furnace, the plates were allowed to cool at room temperature for approximately 10 minutes. In the first cleaning stage, a dry dish sponge was used to assess the detachability of carbonized food residues under purely mechanical abrasion. During this step, thick crusted layers formed by food substances such as turmeric, potato, zucchini, apple, fatty and lean ground beef, tomato paste, and pepper paste were partially removed; however, dry friction proved insufficient for eliminating thin film residues and strongly adhered carbonized deposits. These findings are consistent with literature reports indicating that dry mechanical cleaning has limited effectiveness, particularly against protein- and fat-based burnt-on soils.

Stage 2: Wet Cleaning and Detergent Application
In the second stage, the sponge was moistened with water and a small amount of dish detergent was applied to the surface. Owing to the surfactants in the detergent, lipid molecules on the surface were emulsified, and loosely bound organic residues beneath the carbonized layer dissolved more readily and detached from the enamel. This step demonstrated significant cleaning effectiveness for food residues rich in proteins and lipids, such as milk, egg, mayonnaise, and cake batter. In addition, thin film stains spread across the surface were largely removed during this phase.

Stage 3: Thermal Softening and Mechanical Scraping

The final stage targeted resistant soils that remained strongly adhered to the surface and could not be removed in the previous steps. For this purpose, the plates were immersed in boiling water for 10–15 minutes, allowing the thermal effect to soften the rigid protein–sugar structures within the carbonized food residues. Subsequently, remaining deposits were scraped off using a plastic spatula with the application of light mechanical force. The boiling-water treatment significantly enhanced cleaning performance by reducing the structural hardness of the residues and confirmed literature findings that thermal softening combined with low-abrasive mechanical action is among the most effective cleaning approaches.

The application of this three-stage cleaning procedure enabled an objective and comparable evaluation of the behaviors of the three enamel groups in the study (Pyrolytic, Citric Acid-Resistant, and ETC-Resistant) under different types of soil contamination.



Figure 2. Visual representations showing the surface appearance of the sample after contamination with domestic food substances and the subsequent cleaning stages applied.

Cleanability of Household Cleaning Agents

Following the completion of the cleanability tests, a chemical resistance analysis was conducted to evaluate the behavior of the enamel surfaces when exposed to household cleaning agents. In this stage, the same application procedure was carried out on the three main enamel groups used in the study—Pyrolytic Enamels, Citric Acid-Resistant Enamels, and ETC-Resistant Enamels—to systematically compare differences in chemical stability among the groups.

On each plate, areas free of food residues or marks from previous procedures were selected, and controlled amounts of various household cleaning chemicals were applied to these regions. The purpose of applying these cleaning agents was to investigate the surface response to different chemical environments (oxidizing, alkaline, mildly acidic, or abrasive compositions) and to identify potential surface degradation.

The application procedure was carried out as follows:

• Each cleaning agent was applied to a designated area of the enamel surface in a standardized and controlled amount.

• The treated plates were then exposed to heat at 80°C for 1 hour to simulate household oven conditions.

• After cooling to room temperature, the specimens were rinsed with water to remove residues formed during exposure.

The enamel surfaces were subsequently examined visually and through surface-level inspection for signs of chemical degradation, including matting, discoloration, loss of gloss, blistering, or microcrack formation.

The cleaning agents used were:
• Bleach (sodium hypochlorite–based oxidizing agent)
• Dishwashing detergent (containing nonionic/anionic surfactants)
• Dishwasher tablet (high alkalinity and enzyme content)
• Oven and grill cleaner foam (strong alkaline + solvent mixture)
• Dirt and grease remover (high-pH alkaline cleaner)
• Cif cream cleanser (abrasive particle-containing surface cleaner)
The visual representation below illustrates the regions on the sample where domestic food soils were applied, the areas treated with household cleaning agents, and the resulting surface appearance after heating at 80°C for 1 hour.

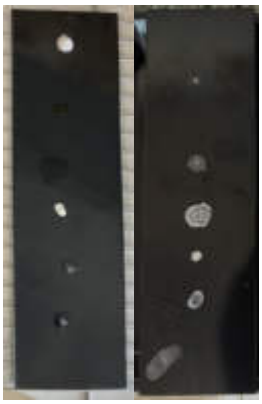


Figure 3. Surface regions of the sample where household cleaning agents were applied and the corresponding surface appearances after exposure at 80°C for 1 hour.

The rationale for selecting these chemicals was their frequent contact with enamel surfaces during daily household use. Therefore, this test aimed to realistically evaluate the resistance of different enamel groups to oxidizing agents, high alkalinity, abrasive particles, and surfactant-containing formulations.
The results obtained were subsequently evaluated comparatively among the pyrolytic, citric acid-resistant, and ETC-resistant enamel groups.

Comparison of Test Results
In this study, the cleanability performance of a total of 24 different food and cleaning substances, together with the results of the ETC Test (citric acid resistance and lithium nitrate resistance), were evaluated. Within this scope, both organic soiling behavior and chemical resistance profiles were comparatively examined across the three main enamel groups —

Pyrolytic Enamels, Citric Acid-Resistant Enamels, and ETC-Resistant Enamels. All tests were repeated under identical experimental conditions for each enamel group, and the findings were compiled and presented in tabular form.
All food, cleaning agent, and ETC test results were evaluated according to the following scoring system:
• 1 = Very good (no visible trace or minimal surface impact)
• 2 = Good (slight residue or mild surface effect)
• 3 = Moderate (noticeable but removable effect)
• 4 = Poor (difficult to clean, leaves persistent marks or visible surface alteration)
• 5 = Very poor (severe permanent staining, surface degradation, or chemical damage)

		Pyrolytic Enamel	Citric Acid-Resistant Enamel	ETC-Resistant Enamel
Domestic Foods	Turmeric	1	1	1
	Ground Beef (Fatty)	2	5	5
	Ground Beef (Lean)	3	4	5
	Honey	1	1	1
	Apple	5	4	5
	Pepper Paste	3	3	4
	Tomato Paste	3	3	4
	Plum Marmalade	5	5	5
	Milk	1	1	1
	Egg White	1	1	1
	Egg Yolk	1	1	1
	Lemon	3	3	2
	Mustard	4	4	4
	Mayonnaise	5	5	5
	Cake	1	1	1
	Potato	1	1	1
	Zucchini	1	1	1
	Sugar Cube	1	1	1
Chemicals	Bleach (Sodium Hypoch	3	3	5
	Dishwashing Detergent	1	1	1
	Dishwasher Tablet	2	1	1
	Oven Cleaner	1	1	1
	Degreaser	2	1	1
	Cream Cleanser	1	1	1
ETC	Acid	1	2	1
	Lithium Nitrate	1	5	1
	Ketchup	1	4	1
	Total	55	64	61

Table 1. Comparative Evaluation of the Data

Examination of the data presented in Table 1 shows that the three enamel groups exhibit distinctly different scoring patterns in response to domestic foods, household cleaning chemicals, and ETC test conditions. In the domestic foods section, the total score is 55 for the Pyrolytic Enamel, 64 for the Citric Acid-Resistant Enamel, and 61 for the ETC-Resistant Enamel. These scores indicate that each group displays varying levels of residue after the cleaning procedures performed following food-based contamination. When the score distribution is analyzed, it is observed that for low-adhesion food substances—such as turmeric, honey, milk, egg white/yolk, cake, potato, zucchini, and sugar cube—all three enamel groups generally received a score of 1 and produced similar outcomes. In contrast, for high-pigment, high-fat, or acidic substances such as fatty ground beef, lean ground beef, tomato and pepper paste, plum marmalade, apple, lemon, mustard, and mayonnaise, the scores exhibit greater variation among the groups. This indicates that these types of foods create more pronounced differentiation on enamel surfaces.

In the chemicals category, the scores observed for bleach, dishwashing detergent, dishwasher tablet, oven cleaner, degreaser, and cream cleanser generally fall within the 1–3 range, suggesting that surface changes associated with chemical interaction are limited in all three enamel groups. The greatest differentiation appears in the bleach scores, indicating that this oxidizing agent produces more distinct surface responses across the enamel types.

Evaluation of the ETC test data—including citric acid and lithium nitrate exposure—shows that Pyrolytic and ETC-Resistant Enamels both received a score of 1 under citric acid application, whereas the Citric Acid-Resistant Enamel received a score of 2. In the lithium nitrate stage, score variation becomes more pronounced, with the Citric Acid-Resistant Enamel scoring 5, reflecting a higher degree of distinction compared with the other two groups.

Overall, the table demonstrates that the three enamel groups exhibit different response profiles under various contaminants and chemical exposures; the chemical composition of the food, the type of cleaning agent applied, and the specific ETC test conditions all contribute significantly to variations in scoring. In this analysis, no enamel type is characterized as superior or inferior; the evaluation is solely based on score distribution and observable trends in the data. The score patterns indicate that the Pyrolytic Enamel, which shows the lowest total score in contamination and cleanability assessments, represents the most suitable candidate for further development. Therefore, the subsequent phase of the research was focused on this enamel group.

Determination of the Pyrolytic Enamel Group and Advanced Performance Evaluation with CeO_2 Addition

Based on the comparative analyses conducted within this study, the pyrolytic enamel group was identified as the coating exhibiting the highest cleanability and chemical stability among the three enamel categories. The low adhesion tendency of pyrolytic systems under organic contamination, combined with their balanced resistance profile against household cleaning chemicals and ETC testing conditions, demonstrated that this group was the most suitable candidate for further development. Accordingly, the subsequent phase of the research focused on examining the potential performance enhancements achievable through the incorporation of cerium oxide (CeO_2) into the pyrolytic enamel matrix. Literature reports indicate that cerium oxide functions as a network-strengthening component within the glass structure, improves chemical durability, reduces oxidation-induced surface degradation, and lowers surface roughness, thereby contributing positively to cleanability. Hence, incorporating CeO_2 into the pyrolytic enamel matrix presents significant potential for improvement in chemical resistance, surface quality, and long-term operational stability.

Following the addition of cerium oxide, a new specimen preparation process was carried out for the pyrolytic enamels. It was observed that the incorporation of CeO_2 influenced the melting and firing behavior of the enamel and resulted in a noticeably lighter surface coloration. Due to this change in appearance, the new cerium-modified enamel composition was designated as “grey pyrolytic enamel” in the study. After preparation, the grey pyrolytic enamel was subjected to the same experimental procedures applied in the initial phase of the research. This included, in sequence, the ETC test, contamination with domestic food substances, post-contamination cleanability evaluation, exposure to household cleaning agents, and chemical cleanability analysis.

Repeating all tests under identical conditions allowed for a comparative assessment of the extent to which cerium oxide contributed to the surface quality, chemical stability, and particularly the cleanability performance of the pyrolytic enamel system.

		Pyrolytic Enamel	Grey Pyrolytic Enamel
Domestic Foods	Turmeric	1	1
	Ground Beef (Fatty)	2	2
	Ground Beef (Lean)	3	2
	Honey	1	1
	Apple	5	4
	Pepper Paste	3	1
	Tomato Paste	3	1
	Plum Marmalade	5	4
	Milk	1	1
	Egg White	1	1
	Egg Yolk	1	1
	Lemon	3	1
	Mustard	4	2
	Mayonnaise	5	3
	Cake	1	1
	Potato	1	1
	Zucchini	1	1
	Sugar Cube	1	1
Chemicals	Bleach (Sodium Hypochlorite)	3	2
	Dishwashing Detergent	1	1
	Dishwasher Tablet	2	1
	Oven Cleaner	1	1
	Degreaser	2	2
	Cream Cleanser	1	1
ETC	Acid	1	1
	Lithium Nitrate	1	1
	Ketchup	1	1
	Total	55	40

Table 2. Comparison of the cleanability and chemical resistance data of pyrolytic enamel and CeO_2-modified grey pyrolytic enamel.

The data presented in Table 2 indicate that the incorporation of cerium oxide has a generally positive effect on the performance of pyrolytic enamel. The grey pyrolytic enamel exhibited improvements in cleanability across many parameters, particularly against organic food contaminants. For challenging soils containing high levels of fat, protein, or pigments—such as fatty ground beef, lean ground beef, pepper paste, tomato paste, lemon, mustard, and mayonnaise—the scores for the grey pyrolytic enamel decreased (e.g., lean ground beef from 3 to 2; pepper paste from 3 to 1; mayonnaise from 5 to 3), indicating that the carbonized layer adhering to the surface could be removed more easily. A marked improvement was also observed for contaminants rich in sugars and fruit acids, such as plum marmalade and apple (apple 5→1, marmalade 5→4). For low-adhesion food substances (milk, egg, cake, potato, zucchini, sugar cube), both enamel types demonstrated similarly excellent cleanability.
In terms of chemical resistance, the grey pyrolytic enamel showed a reduced score in bleach exposure (from 3 to 2), while both enamels exhibited high resistance to the remaining cleaning agents. In the ETC test, both enamel types continued to show high chemical stability, scoring 1 under both citric acid and lithium nitrate exposure.

CONCLUSION

In this study, three different enamel groups—Pyrolytic Enamel, Citric Acid-Resistant Enamel, and ETC-Resistant Enamel—were evaluated under exposure to domestic food substances, household cleaning chemicals, and ETC test conditions. As shown in Table 1, all enamel groups exhibited similar results with low-adhesion food residues, while scores differed markedly for contaminants rich in fat, protein, pigments, or acids. Although the total score of the Citric Acid-Resistant Enamel was higher than that of the ETC-Resistant Enamel, it received lower scores for several food substances, indicating better cleanability performance in certain cases.

Based on these findings, the Pyrolytic Enamel—having the lowest overall score—was selected as the foundation for further development, and a CeO_2-modified Grey Pyrolytic Enamel was formulated.

The results presented in Table 2 demonstrate that this new composition exhibits lower scores for many food contaminants and provides performance comparable to or better than the original Pyrolytic Enamel for several chemical agents. Overall, the evaluation indicates that the Grey Pyrolytic Enamel enhanced with cerium oxide exhibits the best cleanability performance among all tested compositions.

REFERENCES

Benzeşik, K., İpekçi, M., Yeşilçubuk, A., Çınar Şahin, F., & Yücel, O. (2018). Optimizing the migration behavior of enamel coatings used as food contact materials. IMMC 2018.

Dietzel, A. H. (1981). Emaillierung–Wissenschaftliche Grundlagen und Grundsätze der Technologie. Springer.

Goodwin, J. W., & Whitelock, K. E. (1985). The importance of colour and its stability in vitreous enamels. Materials & Design, 6, 172–176.

Jett, V. C. (1989). The changing nature of detergents. Ceramic Engineering and Science Proceedings, 10, 522–527.

Lynch, A. M. (1994). Effect of composition of today's laundry detergents. Ceramic Engineering and Science Proceedings, 15, 88–90.

Petzold, A., & Poschmann, H. (1992). Email und Emailliertechnik. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Aurant, R. T. (2008). Interaction of sodium hypochlorite with enamel and glass coatings. Materials Chemistry and Physics, 111(1), 148–155.

Dabestani, R., & David, F. (2010). Interaction of turmeric-derived chromophores with surfaces. Colloids and Surfaces A, 360(1–3), 1–8.

International Organization for Standardization. (2011). ISO 28706-1: Vitreous and porcelain enamels — Determination of resistance to chemical corrosion — Part 1: Resistance to acid attack. Geneva: ISO.

International Organization for Standardization. (2016). ISO 28706-4: Vitreous and porcelain enamels — Determination of resistance to chemical corrosion — Part 4: Boiling acidified lithium nitrate solution. Geneva: ISO.

Liu, Y., & Yang, S. (2019). Adhesion mechanisms of food soils on heated surfaces: A review. Food Engineering Reviews, 11, 1–20.

Milly, P. J., Toledo, R. T., & Kerr, W. L. (2007). Cleaning of food soils from stainless steel surfaces. Journal of Food Engineering, 79(4), 1327–1335.

Nakamura, T., Sato, T., & Yamamoto, H. (2014). Chemical durability of enamel coatings exposed to household cleaning agents. Journal of the European Ceramic Society, 34(15), 3985–3994.

Oliveira, J., et al. (2012). Food soil removal from coated metal surfaces: Role of surfactants and mechanical action. Food and Bioproducts Processing, 90(3), 425–432.

Pastorelli, M., et al. (2015). Corrosion behavior of vitreous enamel coatings in alkaline and oxidizing solutions. Corrosion Science, 101, 39–47.

Schott, H. (1997). Baked-on food soil simulation for cleanability testing. Food Service Technology, 1(1), 23–29.

Verhoef, L. A., et al. (2010). Corrosion mechanisms of vitreous enamel in acid and alkaline environments. Surface and Coatings Technology, 205, 233–240.

Völk, N., Schuck, F. F., & Heyroth, F. (2018). Surface characteristics influencing cleanability. Materials & Design, 154, 71–80.

Yan, M., Li, X., & Jiang, S. (2016). Evaluation of cleanability of enamel coatings: Influence of surface chemistry and roughness. Surface & Coatings Technology, 287, 48–54.

Rossi, S., Russo, F., & Calovi, M. (2020). Durability of vitreous enamel coatings and their resistance to abrasion, chemicals, and corrosion: A review. Journal of Coatings Technology and Research.

Rossi, S., Parziani, N., & Zanella, C. (2015). Abrasion resistance of vitreous enamel coatings in function of frit composition and particle presence. Wear, 332–333, 702–709.

Saad, M., Poulain, M., & El Farissi, M. (1993). Fluoride enamels for aluminum. Journal of Non-Crystalline Solids, 161, 141–147.

Scrinzi, E., & Rossi, S. (2010). The aesthetic and functional properties of enamel coatings on steel. Materials & Design, 31, 4138–4146.

STRUCTURE-BASED DRUG REPURPOSING TO INHIBIT THE DNA GYRASE OF MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS

Balasubramani G L
School of Biotechnology, Jawaharlal Nehru University

Rinky Rajput
School of Biotechnology, Jawaharlal Nehru University

Manish Gupta
School of Biotechnology, Jawaharlal Nehru University

Pradeep Dahiya
National Institute of Plant Genome Research

Jitendra K Thakur
National Institute of Plant Genome Research

Rakesh Bhatnagar
Banaras Hindu University

Abhinav Grover
School of Biotechnology, Jawaharlal Nehru University

ABSTRACT

Short Introduction

Drug repurposing is an alternative avenue for identifying new drugs to treat tuberculosis (TB). Although TB can be cured with anti-tubercular drugs, the emergence of multidrug-resistant and extensively drug-resistant strains of Mycobacterium tuberculosis H37Rv (Mtb), as well as the significant death toll globally, necessitate the development of effective drugs to treat TB.

Experiments and Key result findings

In this study, drug repurposing approach was employed to address this drug resistance problem by screening drugbank database to identify novel inhibitors of the Mtb target enzyme, DNA gyrase. The compounds were screened against the ATPase domain of gyrase B subunit (MtbGyrB47), and the docking results showed Echinacoside, Doxorubicin, Epirubicin, and Idarubicin possess high binding affinities against MtbGyrB47. Comprehensive assessment using fluorescence spectroscopy, SPR, and CD titration studies revealed that Echinacoside as a potent binder against MtbGyrB47. Further, ATPase, and DNA supercoiling assays exhibited IC50 values of 2.1-4.7 μM for Echinacoside, Doxorubicin, Epirubicin, and Idarubicin. Among these compounds, the least MIC90 of 6.3 μM and 12 μM were observed for Epirubicin and Echinacoside, respectively. Hence, our findings indicate that Echinacoside and Epirubicin target mycobacterial DNA gyrase, inhibit its catalytic cycle, and retard mycobacterium growth. Further these compounds exhibits potential scaffolds for optimizing novel anti-mycobacterial agents that can act on drug-resistant strains.

SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR TEXTILE COLORATION USING PHENOLIC CONTENTS FROM DIFFERENT COMBINATION *OF Eucalyptus camldulensis* AND *Cinnamomum verum.*

D. I. Tarungwa
Department of Chemistry, School of Physical Sciences, Federal University of Technology

L.A Fadipe
Department of Chemistry, School of Physical Sciences, Federal University of Technology

E.Y Shaba
Department of Chemistry, School of Physical Sciences, Federal University Wukari

S.I Iyen

ABSTRACT
A dye is nothing but a colored substance that has an affinity to the substrate to which it is being applied.
Colour is one of the elements of nature that makes human life more aesthetic and fascinating. There are currently many differents dye extraction processes, including Solvent , aqueous, enz ymatic extraction, etc. Dye could be natural dye derive from plants and animals and Artificial dye from chemical industry. Environment pollution is emerging as an alarming issue all over t he world.The textile industry regards as the most polluting, as water pollution caused by efflu ents. These effluents contain toxic chemicals like carcinogenic amines and mutagens in Azo d yes, heavy metals, several natural products have been reported to possess dyeing abilities; Syn thetic dyes are allergic, carcinogenetic, non biodegradable and difficult to prepare and cannot be dispose off easily.
Though phenolic compound has been showing Natural dyes are Nontoxic, Biodegradable, non allergic, non carcinogenetic easy to prepare and can be dispose off easily. *Eucalyptus camldul ensis* (E) was blended with *Cinnamomum verum* (C) in different ratio to attained three differents hybrid forms. The extracts blended in the following ratios and labelled accordingly; 1:1 labelled CE_1, 4:1 labelled CE_2 and 1:4 labelled CE_3. A phytochemical screening revealed presence of compounds responsible for dyeing properties in the crude extracts of *Eucalyptus c amldulensis*,*Cinnamomum verum* and blended portions.phytochemical analysis shows flavono ids, quinones, tannins, carotenoids, alkaloids, coumarins. *This research reveal phenolic conte nts in both Eucalyptus camldulensis and Cinnamomum verum.*
Keywords: Natural Dyes, Classification, Extraction-Method, Application, Eco-Friendly.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

TURNING THE TIDE ON PLASTICS: A RAPID-ACTION ROADMAP FOR MACRO- AND MICROPLASTIC GOVERNANCE

Cleiton O. dos Santos
Postgraduate Program in Environmental Technologies, Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS)

Kennedy F. Roche
Postgraduate Program in Environmental Technologies, Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS)

Marcelo Campos
Environmental Quality Laboratory (LAQUA/FAENG), Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS)

Abstract
The exponential growth in global plastic production and the pervasive fragmentation of macroplastics into microplastics (<5 mm) have created an urgent environmental and public-health crisis. Despite Brazil's robust Solid Waste Policy (Lei 12.305/2010), existing legislation lacks specific targets, metrics, and enforcement mechanisms for microplastic pollution. This paper evaluates international regulatory models and employs a mixed-methods approach—systematic review of 20 countries' policies, institutional SWOT analysis, comparative case studies of the EU's Single-Use Plastics Directive and Costa Rica's national strategy, and semi-structured interviews with Brazilian regulators, industry stakeholders, and NGOs—to identify critical gaps in Brazil's policy framework. Results reveal that while advanced reverse-logistics systems and legally binding reduction targets have proven effective abroad, Brazilian efforts are hindered by fragmented governance, limited monitoring protocols, and insufficient stakeholder coordination. Based on these findings, we propose an integrated policy roadmap that includes: (1) legally mandated phase-out schedules for high-risk single-use plastics; (2) standardized monitoring and reporting protocols for microplastics in terrestrial and aquatic environments; (3) advanced reverse-logistics incentives for packaging producers; and (4) a multi-stakeholder governance council to oversee compliance and adaptive management. Adoption of this roadmap is expected to enhance regulatory coherence, foster public-private partnerships, and establish measurable performance indicators—thereby accelerating Brazil's transition toward a circular economy and mitigating the long-term impacts of plastic and microplastic pollution.
Keywords: Plastic Pollution; Public Policy Roadmap; Microplastics Regulation

UTILIZING LOW-COST EGGSHELL AND COCONUT MIXTURES AS EFFICIENT ADSORBENTS FOR REMOVING LEAD AND CHROMIUM FROM TANNERY EFFLUENT

Suleiman Zuleihat Ozohu
Chemical Engineering Department, Ahmadu Bello University Zaria

Ado A. Datti
Chemical Engineering Department, Ahmadu Bello University Zari

Kazeem Ibraheem Ajadi
Chemical Engineering Department, Ahmadu Bello University Zaria
ORCID: 0000-0002-2474-881X

Bakare Abdulakeem Oyesode
Chemical Engineering Department, Ahmadu Bello University Zaria

Olotu Johu
Water Resource And Environmental Engineering, Federal University of Technology Minna

Abubakar Ahmed
Chemical Engineering Department, Ahmadu Bello University Zaria, Nigeria
ORCID: 0009-0002-9720-5741

Aliyu Nana Aisha
Chemical Engineering Department, Ahmadu Bello University Zaria

ABSTRACT
Industrial processes that use water generate wastewater containing various pollutants, including heavy metals, which enter nearby aquatic ecosystems and pose risks to plants, animals, and humans. Chromium (Cr) and lead (Pb) are particularly toxic contaminants in tannery effluent, but they can be substantially removed through conventional physicochemical and biological methods. This study aims to reduce Cr(VI) and Pb levels in tannery effluent using a natural adsorbent made from a coconut and eggshell blend. The adsorbent was prepared via boiling, drying, calcination at 800 °C for three hours, grinding, pH adjustment, precipitation, and filtration. Adsorption tests showed that a 1.5 g dose of the blend applied over 2.5 hours achieved maximum Cr(VI) removal of 94.23% and an adsorption capacity of 0.915 mg/L, as determined by AAS. These results suggest that a coconut–eggshell composite can serve as an effective, low-cost adsorbent for removing heavy metals especially Cr(VI) from water.
Keywords: Chromium, lead, adsorbents, textile wastewater, pollution, environment

DEVELOPING A BIOFERTILIZER THROUGH COMPOSTING ROCK PHOSPHATE WITH POULTRY MANURE

Haruna Mohammaed
Chemical Engineering Department, Ahmadu Bello University Zaria
ORCID: 0009-0001-5033-0812

Kazeem Ibraheem Ajadi
Chemical Engineering Department, Ahmadu Bello University Zaria
ORCID: 0000-0002-2474-881X

ABSTRACT
Rock phosphate and poultry manure were co-composted in ratios from 100:0 to 0:100, and all blends matured to a slightly alkaline pH of 7.0–8.0, indicating effective buffering and microbial activity; bulk densities ranged from 0.2827 to 0.8848 g/mL, with the 50:50 mix at an optimal ~0.58 g/mL balancing aeration and moisture retention; ash content varied from 31.32 % to 97.44 %, with the 50:50 blend's ~65 % ash providing both mineral nutrient supply and adequate organic matter; moisture stabilized between 1.9 % and 9.5 %, the 50:50 formulation holding ~6.8 % to minimize leachate risk yet sustain microbial viability; and total N, P_2O_5 and K_2O all exceeded good-compost benchmarks ($N \geq 1.5$ %, $P_2O_5 \geq 0.5$ %, $K_2O \geq 0.5$ %), with the 50:50 blend achieving approximately 2.1 % N, 1.8 % P_2O_5 and 1.2 % K_2O together yielding a balanced N:P:K ratio (> 3:2:1) and meeting all physical and chemical criteria for a high-quality, slow-release soil amendment.
Keywords: Rock phosphate, poultry manure, bulk densities, moisture, pH

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

GRAPHENE-BASED ELECTROCHEMICAL SENSORS FOR RAPID DETECTION OF HEAVY METAL IONS IN WATER PURIFICATION SYSTEMS

Assistant Professor V. Tharaneeswaran
Department of Chemistry, Sri Eshwar College of Engineering, Coimbatore

Dr. D. Tamilselvi
Department of Chemistry, Rathinam Technical Campus

Dr. S. Kalaiselvan
Department of Chemistry, Rathinam Technical Campus

Abstract
Heavy metal contamination in water caused by industrial effluents, mining, and agricultural runoff poses a serious threat to environmental and human health. Metals like lead (Pb^{2+}), mercury (Hg^{2+}), cadmium (Cd^{2+}), arsenic (As^{3+}), and chromium (Cr^{6+}) are toxic even at trace concentrations and non-biodegradable, leading to their bioaccumulation in the food chain. Traditional detection methods such as atomic absorption spectroscopy (AAS), inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), and UV-Vis spectrophotometry are accurate but suffer from drawbacks such as high cost, bulky instrumentation, and the need for trained personnel. In recent years, graphene-based electrochemical sensors have emerged as promising tools for the on-site, rapid, sensitive, and selective detection of heavy metal ions. Owing to graphene's outstanding electrical conductivity, large surface area, mechanical strength, and ease of functionalization, it acts as an excellent electrode material for improving charge transfer kinetics and sensitivity in electrochemical sensing.
This paper reviews the state-of-the-art graphene derivatives including graphene oxide (GO), reduced graphene oxide (rGO), and graphene quantum dots (GQDs), and their roles in enhancing electrochemical performance. Functionalization with metal nanoparticles (e.g., Au, Ag, Pt), polymers, and chelating agents such as EDTA and thiol groups are shown to further increase the selectivity toward specific ions. Graphene-based sensors demonstrate ultra-low limits of detection (LODs), often in the nanomolar or even picomolar range. Techniques such as differential pulse voltammetry (DPV), square wave anodic stripping voltammetry (SWASV), and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) are commonly employed. The integration of these sensors with portable devices, flexible substrates, and IoT-based data platforms is paving the way for real-time environmental monitoring and smart water purification systems.
Despite the advancements, challenges persist in terms of sensor stability, reproducibility, cost-effective large-scale fabrication, and selectivity in complex matrices. Future research should focus on developing multi-ion detection platforms, machine-learning-assisted signal interpretation, and green synthesis of functional graphene materials.
Keywords: Graphene, Electrochemical Sensor, Heavy Metal Detection, Water Purification, Nanomaterials, Graphene Oxide, Point-of-Use Monitoring, Smart Sensors, Green Technology

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ELABORATION AND CHARACTERIZATION OF SEMI-CONDUCTOR POLYMER-BASED NANOMATERIALS FOR WATER TREATMENT : DEGRADATION OF INDUSTRIAL POLLUTANTS

EL AROUSY Fatima zohra
Faculty of Sciences, Department of Chemistr
ORCID: 0009-0003-6424-213X

Adil El Yadini
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry
ORCID: 0000-0003-0885-3588

Mouloud El Moudane
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry

Abdelkbir Bellaouchou
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry

Abstract
Wastewaters often contain toxic organic pollutants with a possible adverse effect on human health and aquatic life upon exposure. Persistent organic pollutants such as dyes and pesticides, pharmaceuticals, and other chemicals are gaining extensive attention. Water treatment utilizing photocatalysis has recently received a lot of interest. Heterogeneous photocatalysis is an alternative method for the removal of organic pollutants in water. The photo excitation of a semi-conductor under ultra violet (UV) irradiation entails the production of hydroxyl radicals, one of the most oxidative chemical species. Combined with solar energy this process of water detoxification is in perfect agreement with the requirement of sustainable processes development. Polymeric materials, thanks to their chemical and physical versatility, offer an interesting platform for the development of innovative water treatment systems. Their ability to be functionalized and to present a large specific surface area makes them potentially effective for the adsorption of pollutants and as supports for photocatalytic catalysts. In this study , our polymer was characterized by different analytical techniques such as XRD, FTIR and TGA-DTA.
Keywords: Heterogeneous photocatalysis, organic polluants , semi-conductor , hydroxyl radicals , Polymeric materials,

β-ANNULUS PEPTIDE AND IT'S AZO DERIVATIVES: A COMPUTATIONAL STUDY.

Mohammad Sajjad Hossain
Department of Theoretical and Computational Chemistry University of Dhaka

Dr Md Alauddin
Department of Theoretical and Computational Chemistry University of Dhaka

Dr Tapash Debnath
Department of Theoretical and Computational Chemistry University of Dhaka

Abstract
Light wields remarkable power over certain molecules specially photo-responsive materials. These molecules adapt their physical and chemical properties including optical behavior, electrical response, shape, and conductivity, based on the specific wavelength of light they encounter. In this thesis work we have chosen Pro-Val-Ala turn of a β-annulus peptide and its azo derivatives (cisand trans-azo peptide). These three peptides are nomenclated as structrue-A (Pro-Val-Ala turn of a β-annulus peptide), structrue-B (cis-azo peptide), and structrue-C (trans-azo peptide). The whole scheme of the research work is involved in the computational investigation of the structural, thermodynamic, spectroscopic (IR, VCD, Raman, ROA) and electronic properties (UV-Vis, ECD, NBO, FMO, GCRD) using DFT method with several functionals along with cc-pVTZ basis set both in gas phase and solution phase. Among all the functional (ωB97XD, M06-2X, CAMB3LYP, APFD, PBEPBE), ωB97XD functional with cc-pVTZ basis set give minimum energy structure for Pro-Val-Ala and its azo derivatives. However, there is no significant change was found for thermodynamic parameters (E, H, G, S, Cv, and α) for using various basis set. Two strong peaks are found at ~1777 and ~3611 cm-1 and they are assigned as –CO stretching and free –NH stretching vibration for all the peptides. The sign change in VCD spectrum for structure A, B, C indicates the change of structural motif from structure-A to structure-B or structure-C. IR and VCD spectra also confirm that all three peptides are L-configuration. The absorption maxima (λmax) are found at 179, 225, and 300 nm with the highest oscillator strength for structure A, B, and C, respectively. This red-shift of λmax indicates the presence of azo group in the peptide backbone. This λmax transitions reflects the transition character of n → π* for Pro-Val-Ala and π → π* character for cis- and transazo peptide with slight charge transfer (CT). In addition to, we have calculated the highest occupied molecular orbital (HOMO) and lowest unoccupied molecular orbital (LUMO) using timedependent density functional theory (TD-DFT), which confirms the trans-azo peptide is the most photo-responsive one. Global chemical reactivity descriptors (GCRD) have performed to see the reactivity of the studied molecules. Furthermore, natural bond order analysis (NBO) also performed to understand the nature of electronic transitions of bonding and non-bonding electron. The molecular electrostatic potential map (MEP) analysis shows that the O of the -CO group is the most preferred site for electrophilic attacks.
Keywords: HOMO, LUMO, UV-Vis, ECD, NBO, IR, GAUSSIAN

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ÇOCUKLARDA DUYGU DÜZENLEME İLE UYKU BOZUKLUKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ŞAHİN
Amasya Üniversitesi, Sabuncuoğlu Şerefeddin Sağlık Hizmetleri MYO, Çocuk Bakımı ve Gençlik Hizmeti Bölümü
ORCID: 0000-0003- 1240-0178

Öğr. Gör. Müzeyyen SÜMER
Amasya Üniversitesi, Sabuncuoğlu Şerefeddin Sağlık Hizmetleri MYO, Çocuk Bakımı ve Gençlik Hizmeti Bölümü
ORCID: 0000-0002-2124-6929

ÖZET
Bu çalışmanın amacı, çocuklarda duygu düzenleme ve uyku bozuklukları arasındaki ilişkiyi incelemektir. Çalışma kesitsel betimsel araştırma deseni ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın örneklem grubu, 18 yaş ve üzeri, sosyal medya araçlarını (Whatsapp, Facebook, Instagram vb.) kullanan, 8-12 yaş arası çocukları olan 209 gönüllü ebeveynden oluşmuştur. Verilerin toplanmasında, 2023 Aralık ile 2024 Haziran tarihleri arasında, Sosyodemografik Veri Formu, Çocuklar için Duygu Düzenleme Ölçeği-Yetişkin Formu (ÇDDÖ-YF) ve Çocuklar için Uyku Bozukluğu Ölçeği (ÇUBÖ) kullanılmış olup veriler çevrimiçi ortamda Google form aracılığıyla elde edilmiştir. Verilerin analizinde betimleyici testler (frekans, ortalama ve standart sapma değerleri) kullanılmış; bağımsız t-testi, tek yönlü ANOVA ile değerlendirme yapılmıştır. İleri analizlerde fark yaratan grubu belirlemek için Bonferroni düzeltmesi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Pearson korelasyon testi kullanılmış olup analiz için istatistiksel anlamlılık $p<0,05$ düzeyinde yorumlanmıştır. Araştırmanın bulguları incelendiğinde, ölçeklerden elde edilen ortalama puanların, duygu düzenleme alt boyutu için 85,96±12,79, duygu yoğunluğu alt boyutu için 49,77±10,80 ve ÇUBÖ için 41,75±7,25 olduğu görülmüştür. ÇUBÖ 'nün duygu düzenleme alt boyutu ile ÇDDÖ-YF' nin ortalama puanları arasında negatif bir ilişki, ÇDDÖ-YF' nin duygu yoğunluğu ile ortalama puanları arasında ise pozitif bir ilişki bulunmuştur. ÇUBÖ 'ye göre, 101 (%45,9) çocuk uyku bozukluğu riski altındadır. Çocuklarda uyku bozuklukları, çocuk sağlığı ve gelişimi açısından çok önemlidir. Bu nedenle, çocuklarda uyku bozuklukları ve duygu düzenleme süreçleriyle ilgili faktörlerin değerlendirilmesi, uyku bozuklukları riskini azaltmak ve duygu düzenleme süreçlerini desteklemek için uygulamaların hayata geçirilmesi önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Duygu Düzenleme, Uyku Bozuklukları, Çocuklar.

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP OF EMOTION REGULATION WITH SLEEP DISORDERS IN CHILDREN

ABSTRACT
The aim of this study was to examine the relationship between emotion regulation and sleep disorders in children. The study was conducted using a cross-sectional descriptive research design. The study sample consisted of 209 volunteer parents of children aged 8-12, aged 18 and over, who use social media tools (Whatsapp, Facebook, Instagram, etc.). Data were collected between December 2023 and June 2024 using the Sociodemographic Data Form, the Emotion Regulation Scale for Children-Adult Form (ERSC-AF), and the Sleep Disturbance Scale for Children (SDSC). Data were obtained online via Google Form.

Descriptive tests (frequency, mean, and standard deviation values) were used in data analysis; independent t-test and one-way ANOVA were used for evaluation. In further analyses, Bonferroni correction was used to determine the difference group. Pearson correlation test was used to determine the relationship between variables, and statistical significance was interpreted at $p<0.05$. When the study findings were examined, the mean scores obtained from the scales were 85.96±12.79 for the emotion regulation subscale, 49.77±10.80 for the emotion intensity subscale, and 41.75±7.25 for the SDSC. A negative correlation was found between the emotion regulation subscale of the SDSC and the mean scores of the ERSC-AF, and a positive correlation was found between the emotion intensity subscale of the ERSC-AF and the mean scores. According to the SDSC, 101 (45.9%) children are at risk for sleep disorders. Sleep disorders in children are crucial for their health and development. Therefore, it is recommended that factors related to sleep disorders and emotion regulation processes in children be assessed, and that practices be implemented to reduce the risk of sleep disorders and support emotion regulation processes.
Keywords: Emotion Regulation, Sleep Disorders, children.

GİRİŞ

Uyku, çocuk ve ergenlerde fiziksel büyüme, nörolojik gelişim, davranış düzenleme ve öğrenme süreçleri için kritik öneme sahip dinamik bir süreçtir (Carter & Wrede, 2017; Tekeoğlu, 2024). Öğrenme, hafıza, okul performansı ve genel iyilik hali üzerinde belirleyici olması nedeniyle, çocukluk çağında sık görülen uyku bozuklukları tıbbi, psikolojik ve gelişimsel alanlarda önemli sonuçlara yol açabilmektedir (Ophoff et al., 2018).

Duygu düzenleme ise bireyin duygularını tanıma, kabul etme ve uygun biçimde ifade etme kapasitesi olarak tanımlanmakta (Crowell, 2021) ve çocukların sosyal, akademik ve psikolojik uyumunda temel bir rol oynamaktadır (Topçuoğlu, 2023). Uyku bozukluklarının ve duygu düzenleme güçlüklerinin çocuk ruh sağlığı üzerindeki etkileri literatürde geniş şekilde ele alınmış olup, çalışmalar aralarında iki yönlü ve karmaşık bir ilişki olduğunu göstermektedir (Astill et al., 2012; Saghir et al., 2018). Uyku, nörofizyolojik düzeyde yenilenme ve düzenlenme sağlayan bir süreçtir (Sadeh et al., 2014), ve yetersiz uyku hem fiziksel hem ruhsal sağlık açısından olumsuz sonuçlarla ilişkilidir (Chaput et al., 2016).

Araştırmalar, uyku güçlüklerinin zayıf duygu düzenlemesi, artan dürtüsellik ve çeşitli davranışsal sorunlarla ilişkili olduğunu göstermektedir (Fallone et al., 2002; Sadeh et al., 2002). Ayrıca uyku yoksunluğunun prefrontal korteks–amigdala bağlantısını değiştirerek duygusal tepkilerin düzenlenmesini güçleştirdiği bildirilmiştir (Vandekerckhove & Cluydts, 2010). Bu bulgular, uykunun duygusal süreçlerin düzenlenmesinde merkezi bir rol oynadığını desteklemektedir.

Bu doğrultuda, çalışmada çocuklarda uyku bozuklukları ile duygu düzenleme arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmış ve şu sorulara yanıt aranmıştır:

Çocuklarda duygu düzenleme düzeyi ile uyku bozuklukları arasında ilişki var mıdır?

Çocukların duygu düzenleme düzeyleri hangi faktörlere bağlı olarak değişmektedir?

Çocuklarda uyku bozukluğu düzeyi hangi faktörlere göre farklılık göstermektedir?

YÖNTEM

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini, Aralık 2023–Haziran 2024 tarihleri arasında sosyal medya platformlarını (WhatsApp, Facebook, Instagram vb.) kullanan, 8–12 yaş aralığında çocuğu bulunan ve 18 yaş üzeri gönüllü ebeveynler oluşturmuştur. Çalışma için iki yönlü hipotez kurulmuş ve örneklem büyüklüğü G*Power 3.1.9.7 programı ile hesaplanmıştır (Faul et al., 2007).

Korelasyon testi esas alınarak Cohen'in medyan etki büyüklüğü 0.30 (d = 0.30), %5 hata payı (α = 0.05) ve %80 güç (1–β = 0.80) değerleri kullanılmış, bu doğrultuda gerekli örneklem büyüklüğü 84 olarak belirlenmiştir. Olası veri kaybı göz önünde bulundurularak her grup için örneklem büyüklüğü %20 oranında artırılmış ve toplam 101 katılımcıya ulaşılması hedeflenmiştir (Cohen, 1988).

Veri Toplama Araçları

Araştırma verileri Aralık 2023–Haziran 2024 tarihleri arasında sosyal medya platformları (WhatsApp, Facebook, Instagram vb.) üzerinden paylaşılan Google Form aracılığıyla çevrim içi olarak toplanmıştır. Veri toplama formu, katılımcıların sosyodemografik özelliklerini belirlemeye yönelik sorular ile iki standart ölçme aracını içermektedir.

Araştırmacılar tarafından literatüre dayalı olarak geliştirilen Sosyodemografik Veri Formu (Ağadayı et al., 2020; Tatlı Harmancı & Güngör Aytar, 2023) ebeveynlerin cinsiyeti, yaşı, eğitim ve gelir düzeyi gibi temel bilgilerin yanı sıra çocukların yaş, cinsiyet ve sağlık durumuna ilişkin değişkenleri içermektedir.

Çocukların duygu düzenleme becerilerini değerlendirmek amacıyla Rydell, Berlin ve Bohlin (2003) tarafından geliştirilen ve Türkçeye uyarlaması Harmancı ve Aytar (2023) tarafından yapılan Çocuklar İçin Duygu Düzenleme Ölçeği-Yetişkin Formu (ÇDDÖ-YF) kullanılmıştır (Rydell et al., 2003; Tatlı Harmancı & Güngör Aytar, 2023). Ölçek; duygusal yoğunluk ve duygu düzenleme olmak üzere iki temel alt ölçekten ve her biri öfke, korku, heyecan ve üzüntü boyutlarını içeren toplam 40 maddeden oluşmaktadır. 5'li Likert tipi olan ölçek anne-babalar, bakıcılar veya öğretmenler tarafından doldurulabilmektedir. Türkçe uyarlama çalışmasında McDonald ω güvenirlik katsayılarının 0.67–0.83 arasında değiştiği; ölçeğin bütününe ilişkin Cronbach α katsayısının 0.88, duygu düzenleme alt boyutunun 0.90 ve duygusal yoğunluk alt boyutunun 0.88 olduğu bildirilmiştir.

Uyku bozukluklarını değerlendirmek amacıyla Bruni ve ark. (Bruni et al., 1996) tarafından geliştirilen ve Türkçe geçerlilik-güvenirliği Ağadayı ve ark. (2020) tarafından yapılan Çocuklar İçin Uyku Bozukluğu Ölçeği (ÇUBÖ) kullanılmıştır. Toplam 26 maddeden oluşan 5'li Likert tipi ölçek, uyku başlatma ve sürdürme sorunları, uyku solunum bozuklukları, uyanıklık bozuklukları, uyku–uyanıklık geçiş sorunları, aşırı uykululuk ve uykuda aşırı terleme olmak üzere altı alt boyut içermektedir. Ölçekten 26–130 arasında puan alınmakta olup yüksek puan daha ciddi uyku bozukluklarına işaret etmektedir (Ağadayı et al., 2020). Ölçeğin Cronbach alfa değeri orijinal çalışmada 0.79, bu araştırmada ise 0.72 olarak belirlenmiştir.

Verilerin Analizi

Verilerin analizi SPSS 26.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Betimleyici istatistikler kapsamında frekans, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Gruplar arası farklılıkların incelenmesinde bağımsız örneklem t-testi ve tek yönlü ANOVA kullanılmış; anlamlı farklılık saptanan durumlarda ileri analiz için Bonferroni düzeltmeli post-hoc testi uygulanmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi ile değerlendirilmiş ve istatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir.

Etik Değerlendirme

Etik onay, Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Karar Tarihi: 10/11/2023; Sayı: E-30640013-600-161620). Çalışmada kullanılan ölçeklerin Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarını yürüten yazarlardan e-posta yoluyla kullanım izinleri temin edilmiştir. Araştırmaya katılmayı kabul eden ebeveynlere çevrimiçi ortamda çalışma amacı ve uygulama süreçleri açıklanmış, ardından yazılı onamları alınmıştır.

BULGULAR

Çalışma sonucunda katılımcı anne babaların yaş ortalamasının 39.63 ± 5.03 yıl, çocuklarının yaş ortalamasının 9.59 ± 1.55 yıl olduğu, katılımcıların %77.4'ünün anne olduğu, %68.0'inin üniversite ve üzeri eğitime sahip olduğu, %58.0'inin gelirinin giderlerini karşıladığı, %56.2'sinin ise erkek çocuğu sahibi olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Ebeveyn ve Çocuklara Ait Sosyodemografik Özelliklerin Dağılımı

Özellikler	n	Min.	Max.	x̄ ± SS
Anne-babaların yaşı	219	29.00	52.00	39.63 ± 5.03
Çocukların yaşı	219	8.00	12.00	9.59 ±1.55
n				**%**
Anne-Baba	Anne		169	77.2
	Baba		50	22.8
Eğitim durumu	İlköğretim		20	9.1
	Lise		50	22.8
	Üniversite ve üstü		149	68.0
Gelir durumu	Gelir giderden az		26	11.9
	Gelir gider dengeli		127	58.0
	Gelir giderden fazla		66	30.1
Çocukların cinsiyeti	Kız		96	43.8
	Erkek		123	56.2
Toplam			**219**	**100.0**

Çocuklar İçin Duygu Düzenleme Ölçeği (ÇDDÖ)'nde katılımcıların ortalama puanları 85.96±12.79 (duygu düzenleme) ve 49.77±10.80 (duygu yoğunluğu) olarak bulunmuştur. Çocuklar İçin Uyku Bozukluğu Ölçeği alt boyut puan ortalamaları ise sırasıyla 21.64±4.38; 21.09±3.85; 21.44±3.48 ve 21.79±3.51 olarak belirlenmiştir. Katılımcıların ÇUBÖ puan ortalaması 41.75±7.25 olarak saptanmıştır (Tablo 2).

Çocuklar İçin Uyku Bozukluğu Ölçeği 'nin 1. ve 2. maddelerine verilen yanıtlar değerlendirildiğinde; 1. maddede yer alan "Çocuğunuz geceleri genellikle kaç saat uyuyor?" sorusuna verilen yanıtların büyük çoğunluğunun (%47.9) 8-9 saat olduğu görülmüştür. Ebeveynlerin %33.82'si ise çocuklarının 9-11 saat uyuduğunu belirtmiştir. Çocuklarının 8 saatten az uyuduğunu belirtenlerin oranı ise %18.3'tür. Madde 1'e verilen yanıtlarla çocukların cinsiyeti arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0.137). Ölçeğin 2. maddesinde "Çocukların yatağa girdikten sonra uykuya dalması ne kadar sürer?" sorusu sorulmaktadır. Ebeveynlerin çoğunluğu (%48.9), çocuklarının 15-30 dakika içinde uykuya daldığını belirtmiştir. Bu soruya 15 dakikadan az yanıtını verenlerin oranı %36.5; 30-45 dakika yanıtını verenlerin oranı %11.9; 45-60 dakika yanıtını verenlerin oranı %1.8 ve 60 dakikadan uzun diyenlerin oranı ise %0.9'dur. Bu maddeye verilen yanıtlarla çocukların cinsiyeti arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0.437). Ayrıca ölçeğin değerlendirilmesinde kullanılan T-skoru kriterine göre, T-skoru>50 olması uyku bozuklukları açısından riskli kabul edildiğinde toplam puan için kesme değeri 42 olarak kabul edilmektedir. Buna göre 101 (%45.9) çocuğun uyku bozukluğu açısından risk altında olduğu bulunmuş, ayrıca 2 (%0.9) çocuğun toplam puanının uyku bozukluğu açısından klinik açıdan anlamlı olduğu görülmüştür (T-skoru >70).

Tablo 2. Ölçeklere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve Cronbach Alfa Güvenirlik Katsayıları

Ölçekler	n	Min.	Max.	x̄ ± SS	Cronbach Alfa
DD-Öfke	219	8	30	21.64±4.38	0.782
DD-Korku	219	10	30	21.09±3.85	0.656
DD-Heyecan	219	15	30	21.44±3.48	0.704
DD-Üzüntü	219	13	30	21.79±3.51	0.725
DY-Toplam	219	16	75	49.77±10.80	0.887
DD-Toplam	219	51	120	85.96±12.79	0.895
ÇUBÖ	219	27	63	41.75±7.25	0.717

Çocuklar İçin Uyku Bozukluğu Ölçeği ile ÇDDÖ alt ölçekleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı negatif ilişki bulunmuştur (r:-0.178; r: -0.302; r: -0.438; -0.339; p<0.05). Çocuk Duygu Düzenleme Ölçeği ile ÇUBÖ 'de duygu düzenleme alt boyutu ile duygu yoğunluğu alt boyutu arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif (r:-0.364) ve pozitif (r: 0.371) ilişki bulunmuştur. Ayrıca duygu düzenleme alt boyutu ile duygu yoğunluğu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olduğu söylenebilir (p<0.05) (Tablo 3).

Tablo 3. Ölçekler ve Alt Boyutları Arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

Ölçekler		DD-Öfke	DD-Korku	DD-Heyecan	DD-Üzüntü	DD-Toplam	DY-Toplam
ÇUBÖ	r	-0.178	-0.302	-0.438	-0.339	-0.364	0.371
	p	**0.008***	**0.001****	**0.001****	**0.001****	**0.001****	**0.001****
DD-Toplam	r	-	-	-	-	-	-0.541
	p	-	-	-	-	-	**0.001****

Katılımcıların bazı demografik özelliklerine göre ölçekler arasındaki ilişki incelendiğinde; anne-baba yaşı ile çocukların duygu yoğunluğu arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki (r:-0,197), çocuğun yaşı ile ÇUBÖ arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki (r: 0,192) ve çocuğun yaşı ile duygu yoğunluğu arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki (r:-0,175) olduğu belirlenmiştir (p<0,05) (Tablo 4).

Tablo 4. Bazı Sosyodemografik Değişkenler ile Ölçek Puanları Arasındaki İlişkiler

Özellikler		ÇUBÖ	DY-Toplam	DD-Toplam
Anne-babanın yaşı	r	0.026	-0.197	0.075
	p	0.698	**0.003***	0.267
Çocuğun yaşı	r	0.192	-0.175	0.006
	p	**0.004***	**0.010***	0.929

Çalışmada anne-baba eğitim durumu ile ÇUBÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0.05). Fark yaratan grubu bulmak için post hoc test uygulanmıştır. Buna göre ebeveyni lise mezunu olanların puan ortalamalarının ilköğretim mezunu olanlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca ebeveynlerin eğitim düzeyi ile Çocuklar İçin Duygu Düzenleme Ölçeği' nin duygu düzenleme alt boyutu arasında anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0.05). Fark yaratan grubu bulmak için post hoc testi uygulanmıştır. Buna göre ebeveyni lise mezunu olanların ortalama puanları üniversite ve üzeri mezunu olanların ortalama puanlarından daha yüksektir (Tablo 5).

ÇDDÖ duygu düzenleme alt ölçeği alt boyutları (öfke, korku, heyecan, üzüntü) ile çocuğun cinsiyeti arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (t: 0.555, t: -0.012, t: 0.456, t: -0.347; p>0.05).

Tablo 5. Sosyodemografik Değişkenlere Göre Ölçek Puanlarının Karşılaştırılması

Demografik Özellikler		**ÇUBÖ**		**DD-Toplam**		**DY-Toplam**	
	n	**x̄ ± SS**	**Test p**	**x̄ ± SS**	**Test p**	**x̄ ± SS**	**Test p**
Ebeveyn							
Anne	169	41.76±7.52	t: 0.032	86.60±12.96	t: 1.374	50.18±10.41	t: 1.037
Baba	50	41.72±6.35	p:0.975	83.78±12.08	p: 0.171	48.38±12.02	p: 0.301
Eğitim durumu							
İlköğretim	20	38.45±6.36	F:3.457	86.00±12.86	F:3.379	47.75±8.37	F:0.864
Lise	50	43.40±6.17	**p: 0.033***	89.98±11.90	**p: 0. 036***	48.68±11.36	
Üniversite ve üstü	149	41.64±7.57	b>a (Bonferroni)	84.60±12.87	b>c (Bonferroni)	50.41±10.90	p: 0.423
Gelir durumu							
Gelir giderden az	26	43.00±6.09	F: 0.455	88.08±7.26	F/Welch:	49.04±8.21	F/Welch:
Gelir gider dengeli	127	41.65±7.43	p: 0.635	85.06±13.01	1.397	49.60±11.94	0.259
Gelir giderden fazla	66	41.44±7.37		86.86±14.00	p: 0.253	50.39±9.39	p: 0.772
Çocuğun cinsiyeti							
Kız	96	41.09±7.33	t:1.182	86.17±12.29	t: 0.212	49.82±11.77	t: 0.062
Erkek	123	42.26±7.19	p: 0.239	85.80±13.22	p: 0.832	49.73±10.03	p: 0.951

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada çocuklarda duygu düzenlemesi ile uyku bozuklukları arasındaki ilişki incelenmiş ve iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Duygu düzenleme (DD), bireyin duygusal uyarılmayı yönetmesini sağlayan bilişsel ve davranışsal süreçleri içeren çok boyutlu bir yapıdır(Crowell, 2021; Gülay & Önder, 2013). Yenidoğan döneminde başlayan ancak özellikle çocukluk ve ergenlik döneminde kritik bir gelişim alanı olarak kabul edilen duygu düzenleme, fiziksel sağlık, sosyal ilişkiler ve psikolojik uyum üzerinde belirleyici bir faktördür (Curby et al., 2015; Gross & Thompson, 2007; Tatlı Harmancı & Güngör Aytar, 2023). Çalışmamızda ÇDDÖ-DD alt boyutu ortalaması 85.96±12.79 olarak bulunmuş olup, bu sonuç Harmancı ve Aytar (2023) ile Manap (2024) tarafından bildirilen değerlerle uyumludur (Manap, 2024; Tatlı Harmancı & Güngör Aytar, 2023) . Duygu düzenleme sürecini etkileyen temel faktörlerden biri duygusal yoğunluktur (McRae & Gross, 2020; Shafir et al., 2016). Yoğun duyguların uygun olmayan ortamlarda yaşanması kaygıyı artırabilmekte ve bireyin tepkilerini düzenlemesini zorlaştırabilmektedir (Essau et al., 2017). Araştırmamızda ÇDDÖ-DY alt boyutunun ortalama puanı 49.77±10.80 olup, literatürde bildirilen bulgularla benzerlik göstermektedir (Manap, 2024; Tatlı Harmancı & Güngör Aytar, 2023). Ayrıca duygu düzenleme ile duygu yoğunluğu arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif ilişki bulunması, yoğun duyguların düzenleme sürecini zorlaştırdığına ilişkin literatür bilgisiyle uyumludur (Essau et al., 2017; Shafir et al., 2016).

Bunun yanında ebeveyn yaşı ve çocuk yaşı arttıkça duygusal yoğunluk düzeyinin azaldığı görülmüş, bu durum olgunlukla birlikte bireylerin olumsuz duygularla daha etkili başa çıktığını gösteren çalışmalarla paralellik göstermiştir (Scheibe et al., 2016; Scheibe & Moghimi, 2021). Uyku bozuklukları çocukluk döneminde sık görülen ve davranışsal, duygusal ve fizyolojik pek çok olumsuz sonuçla ilişkili önemli bir sorundur (Ustuner Top & Cam, 2022). Çalışmamızda çocukların ÇUBÖ ortalaması 41.75±7.25 olarak belirlenmiş ve örneklemin yaklaşık yarısının (%45.9) uyku bozukluğu açısından risk altında olduğu saptanmıştır. Çocukların büyük bölümü günde 8–9 saat uyuduklarını bildirmiştir; oysa literatür okul çağı çocuklarının 10–11 saat uykuya ihtiyaç duyduğunu belirtmektedir (Nationwide Children's, n.d.). Bu durum, uyku bozukluğu riskini artıran önemli bir faktör olarak değerlendirilebilir. Literatürde yer alan çalışmalar da çocuklarda uyku bozukluğu oranlarının yüksek olduğunu göstermektedir (Amizadeh et al., 2021; Coşkun Şimşek & Polat, 2023; Ünsal et al., 2021). Araştırmamızda çocuk yaşı arttıkça uyku bozukluğu puanının yükseldiği görülmüş olup, bu sonuç ergenlik döneminde de uyku problemlerinin yaygın olduğunu gösteren bulgularla uyumludur(de Zambotti et al., 2018; Owens & Weiss, 2017). ÇDDÖ'nin tüm alt boyutları (öfke, korku, heyecan, üzüntü) ile ÇUBÖ arasında anlamlı negatif ilişkiler bulunmuştur. Bu bulgular, uykunun duygusal süreçlerde temel bir düzenleyici rol üstlendiğini ve uyku yoksunluğunun duygu düzenleme güçlüklerine yol açabileceğini gösteren literatürü desteklemektedir (Beattie et al., 2015; Palmer & Alfano, 2017). Uykusuzluk belirtilerinin çocuk ve ergenlerde %15–30 oranında görüldüğü, yetersiz uyku kalitesinin duygusal ve davranışsal sorunlarla ilişkili olduğu bildirilmektedir (Calhoun et al., 2014; Essau et al., 2017; Schlarb et al., 2015). Bu sorunlar duygu düzenleme becerilerini zayıflatabilmekte ve depresyon, kaygı gibi ruh sağlığı problemlerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlayabilmektedir (Kraft et al., 2023; Petruso et al., 2023; Saccaro et al., 2024). Short ve Louca'nın (2015) çalışması da uyku bozukluklarının ergenlerde ruh halini nedensel olarak etkileyebileceğini göstermektedir(Short & Louca, 2015). Sonuç olarak, araştırma bulguları ve literatür bir arada değerlendirildiğinde, çocuklarda uyku bozukluklarının duygu düzenleme süreçlerini etkilediği; duygu düzenleme becerisinin zayıf olmasının ise ruh sağlığı sorunlarına yatkınlığı artırdığı görülmektedir. Çocukların yaklaşık yarısının uyku bozukluğu açısından risk altında olması, bu konunun halk sağlığı açısından önemini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda uyku bozukluklarının erken tanılanmasına yönelik olarak okul sağlığı birimlerinde düzenli taramaların yapılması, duygu düzenleme becerilerini destekleyen programların özellikle ilkokul döneminden itibaren eğitim müfredatına entegre edilmesi ve uyku hijyeni, ekran süresi yönetimi ile sağlıklı yaşam alışkanlıklarına yönelik ebeveyn eğitimlerinin artırılması önemli görülmektedir. Ayrıca çocuklarda uyku ve duygu düzenleme ilişkisinin daha kapsamlı biçimde anlaşılabilmesi için daha geniş örneklemlerle yapılacak araştırmaların yanı sıra, korelasyonel bulguların nedensel yönünü ortaya koymak amacıyla boylamsal ve deneysel çalışmaların yürütülmesi önerilmektedir. Tüm bu adımların, çocuklarda uyku bozukluğu riskini azaltarak duygu düzenleme becerilerini ve genel ruh sağlığını olumlu yönde destekleyeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Ağadayı, E., Çelik, N., & Başer, D. A. (2020). Turkish validity and reliability of the Sleep Disturbance Scale for Children. *Journal of Turkish Sleep Medicine*, *7*(2), 65–72.

Amizadeh, M., Shamsadini, A., Motamed, S., & Zeinadini Meimand, N. (2021). Epidemiology of sleep disturbances among primary school students in Kerman, Iran, in 2019. *Social Work in Public Health*, *36*(2), 311–316.

Astill, R. G., Van der Heijden, K. B., Van Ijzendoorn, M. H., & Van Someren, E. J. W. (2012). Sleep, cognition, and behavioral problems in school-age children: A century of research meta-analyzed. *Psychological Bulletin*, *138*(6), 1109–1138.

Beattie, L., Kyle, S. D., Espie, C. A., & Biello, S. M. (2015). Social interactions, emotion and sleep: A systematic review and research agenda. *Sleep Medicine Reviews*, *24*, 83–100.

Bruni, O., Ottaviano, S., Guidetti, V., Romoli, M., Innocenzi, M., Cortesi, F., & Giannotti, F. (1996). The Sleep Disturbance Scale for Children (SDSC). Construction and validation of an instrument to evaluate sleep disturbances in childhood and adolescence. *Journal of Sleep Research*, *5*(4), 251–261.

Calhoun, S. L., Fernandez-Mendoza, J., Vgontzas, A. N., Liao, D., & Bixler, E. O. (2014). Prevalence of insomnia symptoms in a general population sample of young children and preadolescents: Gender effects. *Sleep Medicine*, *15*(1), 91–95.

Carter, J. C., & Wrede, J. E. (2017). Overview of sleep and sleep disorders in infancy and childhood. *Pediatric Annals*, *46*(4), e133–e138.

Chaput, J. P., Gray, C. E., Poitras, V. J., Carson, V., Gruber, R., Olds, T., Weiss, S. K., Connor Gorber, S., Kho, M. E., Sampson, M., Bélanger, K., Eryuzlu, S., Callender, L., & Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of the relationships between sleep duration and health indicators in school-aged children and youth. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 41*(6, Suppl. 3), S266–S282.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* Routledge.

Coşkun Şimşek, D., & Polat, F. (2023). Analysis of the relationship between physical activity status and sleep problems of primary education students: Elazığ sample. *Journal of Turkish Sleep Medicine*, *10*(2), 110–115.

Crowell, J. A. (2021). Development of emotion regulation in typically developing children. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, *30*(3), 467–474.

Curby, T. W., Brown, C. A., Bassett, H. H., & Denham, S. A. (2015). Associations between preschoolers' social–emotional competence and preliteracy skills. *Infant and Child Development*, *24*(5), 549–570.

de Zambotti, M., Goldstone, A., Colrain, I. M., & Baker, F. C. (2018). Insomnia disorder in adolescence: Diagnosis, impact, and treatment. *Sleep Medicine Reviews*, *39*, 12–24.

Essau, C. A., LeBlanc, S. S., & Ollendick, T. H. (Eds.). (2017). *Emotion regulation and psychopathology in children and adolescents*. Oxford University Press.

Fallone, G., Owens, J. A., & Deane, J. (2002). Sleepiness in children and adolescents: Clinical implications. *Sleep Medicine Reviews*, *6*(4), 287–306.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 175–191.

Gross, J. J., & Thompson, R. A. (2007). Emotion regulation: Conceptual foundations. In J. J. Gross (Ed.), *Handbook of emotion regulation* (pp. 3–26). The Guilford Press.

Gülay, H., & Önder, A. (2013). A study of social–emotional adjustment levels of preschool children in relation to peer relationships. *Education 3-13*, *41*(5), 514–522.

Kraft, L., Ebner, C., Leo, K., & Lindenberg, K. (2023). Emotion regulation strategies and symptoms of depression, anxiety, aggression, and addiction in children and adolescents: A meta-analysis and systematic review. *Clinical Psychology: Science and Practice*, *30*(4), 485–502.

Manap, A. (2024). The effect of digital parenting awareness on childrens emotion regulation skills. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *35*, 252–269.

McRae, K., & Gross, J. J. (2020). Emotion regulation. *Emotion, 20*(1), 1–9.

Nationwide Children's. (n.d.). *Sleep in school-aged children*. Erişim Tarihi: 27 Temmuz 2025, https://www.nationwidechildrens.org/specialties/sleep-disorder-center/sleep-in-school-aged-children

Ophoff, D., Slaats, M. A., Boudewyns, A., Glazemakers, I., Van Hoorenbeeck, K., & Verhulst, S. L. (2018). Sleep disorders during childhood: A practical review. *European Journal of Pediatrics*, *177*(5), 641–648.

Owens, J. A., & Weiss, M. R. (2017). Insufficient sleep in adolescents: Causes and consequences. *Minerva Pediatrica*, *69*(4), 326–336.

Palmer, C. A., & Alfano, C. A. (2017). Sleep and emotion regulation: An organizing, integrative review. *Sleep Medicine Reviews*, *31*, 6–16.

Petruso, F., Giff, A. E., Milano, B. A., de Rossi, M. M., & Saccaro, L. F. (2023). Inflammation and emotion regulation: A narrative review of evidence and mechanisms in emotion dysregulation disorders. *Neuronal Signaling*, *7*(4), 20220077.

Rydell, A. M., Berlin, L., & Bohlin, G. (2003). Emotionality, emotion regulation, and adaptation among 5- to 8-year-old children. *Emotion, 3*(1), 30–47.

Saccaro, L. F., Giff, A., De Rossi, M. M., & Piguet, C. (2024). Interventions targeting emotion regulation: A systematic umbrella review. *Journal of Psychiatric Research*, *174*, 263–274.

Sadeh, A., Gruber, R., & Raviv, A. (2002). Sleep, neurobehavioral functioning, and behavior problems in school-age children. *Child Development*, *73*(2), 405–417.

Sadeh, A., Tikotzky, L., & Kahn, M. (2014). Sleep in infancy and childhood: Implications for emotional and behavioral difficulties in adolescence and beyond. *Current Opinion in Psychiatry*, *27*(6), 453–459.

Saghir, Z., Syeda, J. N., Muhammad, A. S., & Balla Abdalla, T. H. (2018). The amygdala, sleep debt, sleep deprivation, and the emotion of anger: A possible connection? *Cureus*, *10*(7), e2912.

Scheibe, S., & Moghimi, D. (2021). Age and context effects in daily emotion regulation and well-being at work. *Work, Aging and Retirement*, *7*(1), 31–45.

Scheibe, S., Spieler, I., & Kuba, K. (2016). An older-age advantage? Emotion regulation and emotional experience after a day of work. *Work, Aging and Retirement*, *2*(3), 307–320.

Schlarb, A. A., Gulewitsch, M. D., Weltzer, V., Ellert, U., Enck, P., Schlarb, A. A., Gulewitsch, M. D., Weltzer, V., Ellert, U., & Enck, P. (2015). Sleep duration and sleep problems in a representative sample of German children and adolescents. *Health*, *7*(11), 1397–1408.

Shafir, R., Thiruchselvam, R., Suri, G., Gross, J. J., & Sheppes, G. (2016). Neural processing of emotional-intensity predicts emotion regulation choice. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *11*(12), 1863–1871.

Short, M. A., & Louca, M. (2015). Sleep deprivation leads to mood deficits in healthy adolescents. *Sleep Medicine*, *16*(8), 987–993.

Tatlı Harmancı, S., & Güngör Aytar, A. (2023). Çocuklar için Duygu Düzenleme Ölçeği Çocuk Formu (ÇDDÖ) ve Yetişkin Formunun (ÇDDÖ-YF) Türkçeye uyarlanması. *Milli Eğitim Dergisi*, *52*(237), 71–106.

Tekeoğlu, U. (2024). Çocuk ve ergenlerde uyku ve uyanıklık bozuklukları. *Tıp Fakültesi Klinikleri Dergisi*, *7*(1), 21–33.

Topçuoğlu, S. (2023). Ergenlerde duygu regülasyonu. *İnteraktif Bilim: Disiplinlerarası Araştırma ve İncelemeler Dergisi*, *2*, 10–49.

Ünsal, G., Ünver Korğalı, E., Kömürlüoğlu Tan, A., & Ongun, E. A. (2021 6-10 yaş arası çocuklarda uyku alışkanlıkları, uyku sorunları ve etkileyen faktörler. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, *13*(4), 216–232.

Ustuner Top, F., & Cam, H. H. (2022). Sleep disturbances in school-aged children 6–12 years during the COVID-19 pandemic in Turkey. *Journal of Pediatric Nursing*, *63*, 125–130.

Vandekerckhove, M., & Cluydts, R. (2010). The emotional brain and sleep: An intimate relationship. *Sleep Medicine Reviews*, *14*(4), 219–226.

"MENİERE HASTALIĞI" KONULU LİSANSÜSTÜ TEZLERİN (1982-2025) İÇERİK ANALİZİ

Sıla ÖZER
KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Odyoloji ABD
ORCID: 0009-0004-8808-4428

Berna IRMAK
KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Odyoloji ABD
ORCID: 0009-0002-4442-2478

Bayram Sönmez ÜNÜVAR
KTO Karatay Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD
ORCID: 0000-0003-2095-3645

ÖZET

Meniere hastalığına yönelik akademik ilginin yıllar içindeki gelişimini anlamak, bu alandaki araştırma eğilimlerini daha sistematik bir biçimde ortaya koymayı gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, 1982–2025 yılları arasında YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde erişime açık lisansüstü tezleri inceleyerek Türkiye'de Meniere hastalığına yönelik akademik üretimin yönelimlerini, özelliklerini ve dağılımını ayrıntılı biçimde ortaya koymaktır.

Bu çalışma, 1982–2025 yılları arasında Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi'nde kaydı bulunan ve "Meniere Hastalığı" konusunu ele alan toplam 74 lisansüstü tezin kapsamlı bir nitel ve nicel içerik analizine dayanmaktadır. Araştırma sürecinde tezlerin tamamı titizlikle taranmış ancak inceleme kapsamındaki 74 tezin 20 tanesine erişim sağlanamadığı için bu tezler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Ayrıca, özet bölümünde "Meniere Hastalığı" ifadesi yer almasına rağmen içeriği konu ile doğrudan ilişkili olmayan 1 tez daha çalışma dışında tutulmuştur. Böylece analizler, ulaşılabilen ve içerik açısından konuya uygun bulunan toplam 53 tez üzerinden yürütülmüştür. Bu tezler türleri (yüksek lisans, doktora ve tıpta uzmanlık), bağlı oldukları enstitüler, uzunlukları (sayfa sayıları), danışmanların akademik unvanları, çalışılan konu alanları ve üniversitelere göre dağılımları açısından ayrıntılı biçimde incelenmiştir.

Elde edilen bulgular, Türkiye'de Meniere hastalığı üzerine yapılan lisansüstü araştırmaların büyük çoğunluğunun kulak burun boğaz (KBB) ana bilim dalında gerçekleştirildiğini göstermektedir. Özellikle tıpta uzmanlık tezlerinin bu alanda önemli bir yer tuttuğu belirlenmiştir. Tezlerin %55'inin uzmanlık tezi, %38'inin yüksek lisans tezi ve %7'sinin doktora tezi formatında hazırlanmış olması, konunun daha çok klinik uygulamalar ve hasta takibi odaklı araştırmalarla ele alındığını ortaya koymaktadır. Üniversitelere göre dağılım incelendiğinde ise, Meniere hastalığına ilişkin çalışmalara en fazla katkı sunan kurumların Başkent Üniversitesi ve Ege Üniversitesi olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, söz konusu üniversitelerde KBB alanındaki akademik birikim ve araştırma kapasitesinin yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Tezlerin sayfa sayılarına ilişkilerinin analizde, çalışmaların %41'nin 75 ila 99 sayfa arasında yoğunlaştığı görülmüştür. Bu veri, konunun işleniş biçiminin çoğunlukla orta düzeyde ayrıntı gerektiren klinik araştırmalar üzerinden şekillendiğini düşündürmektedir. Danışman unvanlarına bakıldığında ise tez danışmanlarının %70'inin profesör unvanına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Meniere hastalığı üzerine yapılan lisansüstü çalışmalara üst düzey akademik rehberliğin sağlandığını ve konunun uzmanlık gerektiren bir alan olduğunu vurgulamaktadır.

İçerik analizi sonuçları, tezlerin %81'inin doğrudan KBB ve odyoloji alanlarında yürütüldüğünü; geri kalan çalışmaların ise radyoloji, farmakoloji, fizyoloji ve psikiyatri gibi farklı disiplinlere yayıldığını göstermektedir. Bu disiplinler arası çeşitlilik, Meniere hastalığının yalnızca kulak ile ilgili bir rahatsızlık olarak değil, çok boyutlu ve farklı sistemlerle ilişkili bir tıbbi durum olarak ele alındığını ortaya koymaktadır. Özellikle fizyopatolojik mekanizmalar, görüntüleme teknikleri, farmakolojik tedaviler ve hastaların psikolojik etkilenimleri gibi geniş bir yelpazede yapılan araştırmalar, hastalığın bütüncül bir perspektifle incelendiğini göstermektedir.
Sonuç olarak, Türkiye'de Meniere hastalığına yönelik lisansüstü çalışmaların genel yapısı klinik ağırlıklı olmakla birlikte, disiplinler arası etkileşimin güçlü olduğu bir araştırma ortamına işaret etmektedir. Bu derinlemesine analiz, hem Meniere hastalığının Türkiye'deki akademik alanda nasıl ele alındığını hem de araştırma eğilimlerinin zaman içinde nasıl şekillendiğini ortaya koymaktadır. Çalışma, mevcut literatüre ışık tutarak gelecekte yapılacak bilimsel araştırmalar için yol gösterici nitelikte kapsamlı veriler sunmaktadır. Ayrıca çalışma, var olan tezlerin incelenmesine dayalı olduğu ve katılımcı ya da deneysel bir süreç içermediği için etik kurul onayı gerektirmemektedir.
Anahtar Kelimeler: Meniere Hastalığı, İçerik Analizi, Lisansüstü Tez, Kulak Burun Boğaz, Odyoloji, Vertigo

CONTENT ANALYSIS OF GRADUATE RESEARCH ON "MENIERE'S DISEASE" (1982–2025)

ABSTRACT
Understanding the evolution of academic interest in Meniere's disease over the years necessitates a systematic examination of research trends within this field. Accordingly, the aim of this study is to analyze the graduate theses accessible in the Council of Higher Education National Thesis Center between 1982 and 2025 and to provide a detailed overview of the tendencies, characteristics, and distribution of academic output on Meniere's disease in Türkiye.
This study is based on a comprehensive qualitative and quantitative content analysis of 74 graduate theses recorded in the YÖK National Thesis Center that address the topic of "Meniere's Disease" between 1982 and 2025. During the research process, all theses were carefully reviewed; however, 20 theses could not be accessed and were therefore excluded from the evaluation. In addition, one thesis that included the term "Meniere's Disease" in the abstract but was not actually related to the topic was also excluded. Consequently, the analyses were conducted on a total of 53 theses that were both accessible and relevant in terms of content. These theses were examined in detail according to their type (master's, doctoral, and medical specialty), affiliated institutes, length (number of pages), academic rank of supervisors, subject areas, and distribution across universities.
The findings indicate that the majority of graduate research on Meniere's disease in Türkiye has been conducted within the otorhinolaryngology (ENT) departments. Medical specialty theses constitute a significant portion of this academic output. Specifically, 55% of the theses were medical specialty theses, 38% were master's theses, and 7% were doctoral dissertations, demonstrating that the topic is predominantly explored through clinically oriented studies focusing on patient management and clinical practice. Analysis by universities revealed that Başkent University and Ege University produced the highest number of theses on Meniere's disease, suggesting a strong academic infrastructure and research capacity in ENT within these institutions.

Regarding thesis length, 42% of the studies consisted of 75 to 99 pages, indicating that the topic is generally addressed through clinically focused research requiring a moderate level of detail. Examination of supervisor titles showed that 70% of the thesis supervisors held the rank of professor, highlighting the provision of high-level academic guidance and emphasizing the specialized nature of research on Meniere's disease.

Content analysis further demonstrated that 81% of the theses were conducted directly within the fields of ENT and audiology, while the remaining studies were distributed across disciplines such as radiology, pharmacology, physiology, and psychiatry. This interdisciplinary diversity indicates that Meniere's disease is addressed not only as an otological disorder but also as a multifaceted medical condition associated with various physiological and psychological dimensions. Research topics ranged from pathophysiological mechanisms and imaging techniques to pharmacological interventions and the psychological impact on patients, underscoring a holistic approach to the study of the disease.

In conclusion, the overall structure of graduate research on Meniere's disease in Türkiye reflects a predominantly clinical orientation supported by substantial interdisciplinary interaction. This comprehensive analysis offers valuable insights into how Meniere's disease has been approached within the national academic landscape and how research trends have evolved over time. The study provides data that may guide future scientific investigations and contribute to the broader understanding of the condition. Additionally, since the study is based solely on the examination of existing theses and does not involve participants or experimental procedures, it does not require ethics committee approval.

Keywords: Meniere's Disease, Content Analysis, Graduate Thesis, Otorhinolaryngology, Audiology, Vertigo

00ENFLASYONUN SAĞLIK HİZMETLERİNİN ERİŞİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Doç. Dr. Nadide Sevil TÜLÜCE
Kayseri Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü
ORCID: 0000-0002-8124-0238

Doç. Dr. Asuman KOÇ YURTKUR
Bülent Ecevit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
ORCID: 0000-0001-8366-4280

ÖZET
Bu çalışma enflasyonun sağlık hizmetlerine erişilebilirlik üzerindeki etkilerini, özellikle sağlık enflasyonu, ilaç ve tıbbi cihaz fiyatları ile özel sağlık hizmetlerinin kullanımındaki değişimler çerçevesinde incelemektedir. Son yıllarda birçok ülkede sağlık enflasyonu genel enflasyon oranlarının üzerinde seyretmekte ve bu durum sağlık hizmetlerinin maliyet yapısını belirgin şekilde dönüştürmektedir. Sağlık enflasyonunun diğer mal ve hizmet gruplarından daha hızlı artmasının temel nedenleri arasında tıbbi teknolojideki hızlı yenilenme, döviz kuru bağımlılığı, ithal girdilerin yüksek payı ve sağlık sektöründe fiyat esnekliğinin düşük olması yer almaktadır. Bu durum özellikle kronik hastalığı olan, yaşlı ve düşük gelirli bireyler için maliyet kaynaklı erişim sorunlarını derinleştirmektedir.
Enflasyonun ilaç fiyatlandırması üzerindeki etkisi, özellikle ithal ilaçlarda daha belirgin olup kur değişimleri aracılığıyla doğrudan fiyatlara yansımaktadır. Tıbbi cihaz ve sarf malzemeleri de benzer şekilde döviz kuru hareketlerine yüksek duyarlılık göstermekte, bu da hastanelerin maliyet baskısı nedeniyle hizmet sunumunda aksamalara veya fiyat güncellemelerine gitmesine yol açabilmektedir. Artan maliyetler kamu sağlık harcamalarını zorlamakta, özel sağlık kurumlarının ise fiyatlarını yükseltmesine neden olmaktadır.
Enflasyonist dönemlerde özel sağlık hizmetlerinin kullanımında belirgin bir davranışsal değişim gözlenmektedir. Gelir düzeyi düşük ve orta kesimler artan ücretler nedeniyle özel sağlık hizmetlerinden uzaklaşarak kamusal hizmetlere yönelmekte, bu da kamu sektöründe yoğunluk ve bekleme sürelerinin artmasına neden olmaktadır. Öte yandan yüksek gelirli kesimlerin özel sağlık hizmetlerine olan talebi görece daha esnektir. Bu durum, sağlık hizmetlerine erişimde gelir temelli eşitsizlikleri daha da görünür kılmaktadır.
Sonuç olarak, enflasyon sağlık hizmetlerinin hem maliyetini hem de erişilebilirliğini çok boyutlu bir şekilde etkileyerek sağlık eşitsizliklerini artırma potansiyeli taşımaktadır. Sağlık enflasyonunu kontrol altına alacak ve kırılgan grupları koruyacak politika mekanizmaları, sürdürülebilir bir sağlık sistemi için kritik önemdedir.
Anahtar Kelimeler: Enflasyon, Sağlık Hizmetleri, Erişilebilirlik

THE IMPACT OF INFLATION ON THE ACCESSIBILITY OF HEALTH CARE

ABSTRACT
This study examines the effects of inflation on healthcare accessibility, particularly within the framework of health inflation, changes in the prices of pharmaceuticals and medical devices, and shifts in the use of private healthcare services. In recent years, health inflation has exceeded general inflation rates in many countries, significantly reshaping the cost structure of healthcare services.

The primary drivers of the faster increase in health inflation compared to other goods and services include rapid advancements in medical technology, dependence on foreign exchange rates, the high share of imported inputs, and the low price elasticity within the healthcare sector. This situation exacerbates cost-related access barriers, especially for individuals who are elderly, have chronic illnesses, or belong to low-income groups.
The impact of inflation on pharmaceutical pricing is particularly pronounced for imported medicines, where exchange rate fluctuations are directly reflected in prices. Medical devices æand consumables display similar sensitivity to currency movements, which may lead hospitals to experience cost pressures, resulting in service disruptions or price adjustments. Rising costs strain public healthcare expenditures and compel private healthcare institutions to increase their prices.
During inflationary periods, notable behavioral changes occur in the use of private healthcare services. Low- and middle-income groups tend to shift away from private healthcare due to rising fees and increasingly rely on public services, leading to higher patient volumes and longer waiting times in the public sector. Meanwhile, the demand for private healthcare among high-income groups remains relatively inelastic. This dynamic further amplifies income-based inequalities in healthcare access.
In conclusion, inflation affects both the cost and accessibility of healthcare in multidimensional ways and has the potential to intensify health inequities. Policy mechanisms aimed at controlling health inflation and protecting vulnerable populations are crucial for ensuring a sustainable healthcare system.
Keywords: Inflation, Health Services, Accessibility

GİRİŞ

Enflasyon, fiyat düzeylerinin genel ve sürekli artışı olarak tanımlanır ve hanehalkları için reel gelir kaybına, devlet bütçelerinde baskıya ve özel sektör maliyetlerinin yükselmesine yol açmaktadır (Mankiw, 2021). Sağlık sektörü, fiyat değişimlerine oldukça duyarlı olup hem arz hem talep yönlü etkiler yoluyla enflasyondan doğrudan etkilenmektedir. Sağlık hizmetlerinin erişilebilirliği ise finansal, fiziksel, kurumsal ve kalite boyutlarını içeren çok yönlü bir kavramdır (Penchansky veThomas, 1981).
Son yıllarda birçok ülkede yaşanan yüksek enflasyon dalgaları sağlık sistemleri üzerinde baskı oluşturmuş, cepten ödemelerin artması, ilaç fiyatlarında yükseliş ve sağlık kuruluşlarında kapasite daralması nedeniyle özellikle düşük gelirli bireylerde erişim sorunlarının derinleştiği belirtilmiştir (WHO, 2023).
Bu çalışma, enflasyonun sağlık hizmetlerinin erişilebilirliği üzerindeki etkisini teorik düzeyde incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma dört ana analitik soru etrafında şekillenmektedir:

- Enflasyon sağlık hizmetlerinin finansal erişilebilirliğini nasıl etkilemektedir?
- Enflasyon sağlık hizmet arzı üzerinde hangi yapısal baskıları yaratmaktadır?
- Enflasyon sağlık eşitsizliklerini hangi mekanizmalarla artırmaktadır?

Bu çalışmanın odağında yer alan enflasyonist ortamın, sağlık hizmetlerine erişimi sınırladığı literatürde açık biçimde ortaya konulmuştur. Araştırmada enflasyonun sağlık hizmetlerine erişilebilirlik üzerindeki etkisi kavramsal bir çerçevede incelenmiş; enflasyonun zaman içindeki eğilimleri, belirleyici unsurları ve sağlık enflasyonu ile olan etkileşimleri analiz edilmiştir. Çalışmada sağlık hizmetlerine erişilebilirliğin farklı boyutları tartışılmış ve bu boyutları şekillendiren unsurlar sistematik biçimde özetlenmiştir. Türkiye örneği bağlamında enflasyonun sağlık hizmetlerine erişim üzerindeki etkileri ise teorik tartışmalar eşliğinde literatüre katkı sağlamak üzere ele alınmıştır. Çalışmanın özgün niteliği, mevcut yazında parçalı biçimde incelenen söz konusu ilişkilerin bütüncül ve sistematik bir kuramsal yapı içerisinde değerlendirilmesidir.

SAĞLIK HİZMETLERİNİN ERİŞİLEBİLİRLİĞİ: KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Sağlık hizmetlerine erişilebilirlik, modern sağlık sistemlerinin temel performans göstergelerinden biri olarak kabul edilmekte ve toplum sağlığının sürdürülebilirliğinde kritik bir rol oynamaktadır. Erişilebilirlik yalnızca sağlık kuruluşlarının coğrafi yakınlığını değil, bireylerin ekonomik, sosyal, kültürel ve organizasyonel engellerden bağımsız biçimde ihtiyaç duydukları hizmetleri zamanında ve yeterli düzeyde alabilmelerini ifade eder. Dünya Sağlık Örgütü, erişilebilirliği "sağlık hizmetlerinin fiziksel, mali ve bilgi temelli engeller olmaksızın toplumun tüm kesimleri tarafından kullanılabilir olması" şeklinde tanımlamaktadır. Bu kapsamda erişilebilirlik, sağlık sistemlerinin hakkaniyet temelli işleyişini yansıtan anahtar bir kavramdır (WHO,2023).

Son yıllarda hem gelişmiş hem gelişmekte olan ülkelerde sağlık hizmetlerine erişimde yaşanan eşitsizlikler giderek daha görünür hâle gelmiştir. Artan sağlık maliyetleri, nüfusun yaşlanması, ekonomik dalgalanmalar, göç hareketleri ve sağlık çalışanı yetersizliği gibi dinamikler, erişimin çok boyutlu bir sorun alanı olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle hassas gruplar—düşük gelirli bireyler, kırsal bölgelerde yaşayanlar, kronik hastalığı olanlar, engelliler ve göçmenler—erişim engellerinden orantısız biçimde etkilenmektedir. Bu durum yalnızca bireysel sağlık sonuçlarını olumsuz etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda toplumda sağlık eşitsizliklerini derinleştirmekte ve sağlık sistemlerinin etkinliğini azaltmaktadır.

Bu bölüm, sağlık hizmetlerine erişilebilirliğin kuramsal çerçevesini ele almakta; fiziksel, ekonomik, kurumsal ve kültürel engelleri analiz etmekte; son olarak politika düzeyinde iyileştirme önerileri sunmaktadır.

Sağlık Hizmetlerine Erişilebilirlik Kavramı ve Boyutları

Erişilebilirlik literatürde çok boyutlu bir yapı olarak ele alınır. Genel kabul gören sınıflandırma çerçeveleri, sağlık hizmetlerine erişimi beş temel boyutta incelemektedir (Penchansky (1981ve Levesque vd.(2013):

- **Mevcudiyet (Availability)**

Mevcudiyet, sağlık hizmetlerinin sunumu için gerekli insan gücü, altyapı, teknoloji ve tıbbi kaynakların yeterliliğini ifade eder. Hizmetlerin belirli bir bölgede fiziksel olarak bulunmaması, bireylerin sağlık ihtiyaçlarını zamanında karşılayamamasına yol açar. Bu nedenle mevcudiyet, sağlık sistemlerinin kapasitesini ve hizmet sunumunun coğrafi dağılımındaki dengesizlikleri analiz etmek için temel bir göstergedir.

- **Ulaşılabilirlik (Accessibility)**

Ulaşılabilirlik, bireylerin sağlık hizmetlerine fiziksel olarak ne kadar kolay erişebildiğini ve coğrafi koşulların hizmet kullanımını nasıl etkilediğini ifade eder. Ulaşım olanakları, yol süreleri ve sağlık kuruluşlarının yerleşim alanına yakınlığı bu boyutun belirleyicileri arasındadır. Özellikle kırsal bölgelerde yaşayanlar için ulaşılabilirlik, sağlık hizmeti talebini doğrudan şekillendiren kritik bir faktördür.

- **Uyarlanabilirlik (Accommodation)**

Uyarlanabilirlik, sağlık kuruluşlarının çalışma saatleri, randevu sistemi, hizmet organizasyonu ve sunum biçiminin bireylerin ihtiyaçlarına ne ölçüde uyum sağlayabildiğini belirtir. Esnek olmayan hizmet süreçleri, uzun bekleme süreleri ya da karmaşık başvuru prosedürleri hizmet kullanımını kısıtlayabilir. Dolayısıyla uyarlanabilirlik, sağlık hizmetlerinin kullanıcı dostu olup olmadığını ve sistemin işlevsel kapasitesini değerlendiren önemli bir boyuttur.

- **Karşılanabilirlik (Affordability)**

Karşılanabilirlik, bireylerin sağlık hizmetleri ve ilaçlar için yapması gereken ödemelerin maliyetini karşılama gücünü ifade eder. Sigorta kapsamının yetersizliği, yüksek cepten harcamalar ve tamamlayıcı giderler mali engeller yaratarak hizmet kullanımını azaltabilir. Ekonomik erişimin zayıf olduğu toplumlarda, tedavinin gecikmesi veya hizmetten tamamen vazgeçilmesi daha sık görülür.

- **Kabul Edilebilirlik (Acceptability)**

Kabul edilebilirlik, sağlık hizmetlerinin kültürel değerlerle, inançlarla, beklentilerle ve bireylerin sağlık sağlayıcılarına ilişkin algılarıyla uyumunu ifade eder. Dil engelleri, kültürel farklılıklar veya sağlık personelinin iletişim tarzı bu boyutun olumlu ya da olumsuz gelişmesini etkileyebilir. Kabul edilebilirlik düzeyi düşük olduğunda, bireyler hizmet sunumuna güven duymayarak sağlık hizmetlerine başvurmaktan kaçınabilir.

Şekil 1: Sağlık Hizmetlerinin Erişilebilirlik Boyutları



Kaynak: Levesque vd.(2013)

Sonuç olarak, mevcudiyet, ulaşılabilirlik, uyarlanabilirlik, karşılanabilirlik ve kabul edilebilirlik boyutlarının bütüncül bir çerçevede değerlendirilmesi, sağlık hizmetlerine erişimin çok boyutlu doğasını ortaya koyarak hem politika yapıcılar hem de hizmet sunucuları için daha etkili ve kapsayıcı sağlık sistemleri tasarlamada kritik bir rehber niteliği taşımaktadır.

Erişilebilirliği Etkileyen Temel Belirleyiciler

Sosyoekonomik Durum

Gelir düzeyi, eğitim seviyesi ve mesleki konum, sağlık hizmetlerinden yararlanmayı güçlü biçimde belirleyen faktörlerdir. Düşük gelir gruplarında hem mali engeller hem de sağlık okuryazarlığı düşüklüğü nedeniyle hizmet kullanımında gecikmeler sık görülür. Eğitim düzeyi arttıkça bireylerin koruyucu sağlık davranışlarını benimsemeleri ve sağlık sistemini etkin kullanmaları kolaylaşmaktadır.

Sağlık Sigortası Kapsamı

Sağlık sigortasının geniş kapsamlı olması, maliyet engellerini azaltarak hizmet kullanımını artırır. Sigortasız ya da eksik sigortalı bireylerin, zamanında tedaviye başvurmama olasılıkları daha yüksektir. Bu durum özellikle kronik hastalıkların yönetimini güçleştirerek uzun dönemli sağlık maliyetlerini artırır.

Coğrafi Eşitsizlikler
Metropoller ile kırsal bölgeler arasındaki sağlık altyapısı, uzman hekim dağılımı ve medikal teknoloji farkları, hizmet kullanımında ciddi eşitsizlikler yaratır. Ulaşım altyapısının gelişmemiş olduğu bölgelerde fiziksel erişim kronik bir sorun hâline gelmektedir.

Sağlık Sistemi Kaynakları ve İnsan Gücü
Hekim, hemşire ve diğer sağlık çalışanlarının sayısı, hizmet kapasitesi ve iş yükü erişimin ön koşullarındandır. Aşırı iş yükü ve uzun bekleme süreleri, bireyleri alternatif sağlık hizmeti arayışına yöneltebilmekte ve bazen tedavinin aksamasına neden olmaktadır.

Dijital Sağlık ve Teknolojinin Rolü
Tele-sağlık uygulamaları, dijital randevu sistemleri, e-reçete ve uzaktan görüntülü muayene gibi yenilikler erişimi kolaylaştırmaktadır. Ancak dijital uçurum, özellikle yaşlı bireyler ve kırsal bölgeler için yeni bir eşitsizlik alanına dönüşebilmektedir.

Sağlık Erişimi ve Makroekonomik Değişkenler
Sağlık hizmetlerine erişimin yalnızca bireysel veya kurumsal faktörlere bağlı olmayıp, makroekonomik yapı ve ekonomik performans ile de derinden ilişkili olduğu yönünde artan bir bilimsel bulgu birikimi vardır. Bu bölümde, makroekonomik göstergeler ile sağlık hizmetlerine erişim / sağlık hizmetlerinin kullanılabilirliği arasındaki ilişkiyi teorik çerçeve ve ampirik bulgular ışığında değerlendirilmektedir.
Sağlığın sosyal belirleyicilerine ilişkin geliştirilen neredeyse tüm modellerde (Blum, 1974; Lalonde, 1974; Evans ve Stoddart, 1990; Dahlgren ve Whitehead, 1991; Brunner ve Marmot, 2005) ekonomik faktörlerin sağlığın temel belirleyicilerinden biri olduğu ortaya konmaktadır. Bu doğrultuda, ekonomik koşullarda meydana gelen hem pozitif hem negatif değişmelerin sağlık üzerinde etkiler yaratmasının kaçınılmaz olduğu ifade edilebilir (Aktaran Çıraklı,2019).
Bir ülkenin ekonomik performansı, kamu ve özel sağlık harcamalarını, altyapı yatırımlarını, dolayısıyla sağlık sisteminin kapasitesini ve sürdürülebilirliğini doğrudan etkiler. Ekonomik büyüme, kamu bütçesini genişleterek sağlık için ayrılabilecek kaynakları artırabilir; bu da hem hizmet kapasitesini hem de hizmet erişimini artırabilir. Buna ek olarak, makroekonomik istikrar — örneğin düşük enflasyon, istikrarlı gelir – özel sağlık sigortası primleri, vatandaşların sağlık harcamalarını karşılayabilme gücü gibi bireysel düzeyde erişim koşullarını da etkileyebilir. Dolayısıyla, makroekonomik göstergeler (GSYİH, kamu sağlık harcaması, kamu yatırımları, ekonomik istikrar) ile sağlık hizmetlerine erişim arasında doğrudan ve dolaylı birçok bağlantı vardır.
Sağlık harcamaları ve sağlık hizmetlerine erişilebilirlik arasında genel anlamda pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Harcamaların artması, sağlık sisteminin kapasitesinin genişlemesine ve dolayısıyla hizmetlere ulaşılabilirliğin artmasına katkı sağlamaktadır. Sağlık hizmetlerinin arz ve talebini şekillendiren temel unsur olan sağlık harcamaları; kişi başı gelir, nüfus büyüklüğü, doğurganlık oranı, yaşam beklentisi, mortalite düzeyleri, eğitim seviyesi, kentleşme, enflasyon oranı, işsizlik oranı ve teknolojik ilerlemeler gibi çok çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Samadi ve Rad, 2013: 64; Ecevit vd., 2018: 319).
Enflasyon, sağlık harcamalarını etkileyen temel makroekonomik değişkenlerden biri olarak kabul edilmektedir (Karasoy ve Demirtaş, 2018: 1920). Enflasyon nu nedenle sağlık hizmetlerine erişimin belirleyicilerinden biri olmaktadır. Sağlık hizmetlerine erişim düzeyi, genel ekonomik koşullardaki dalgalanmalara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Pakdaman vd., 2019: 1-2).

Enflasyon, mal ve hizmet fiyatlarında süreklilik gösteren genel bir artış olarak tanımlandığından, enflasyondaki yükseliş bireylerin satın alma gücünü azaltmaktadır. Satın alma gücündeki gerileme ise bireylerin tüketim tercihlerini yeniden şekillendirmekte ve aciliyet taşımayan sağlık hizmetlerine yönelik talepte düşüşe yol açmaktadır. Bu nedenle, enflasyon artışının toplam sağlık harcamalarını azaltıcı yönde bir etki oluşturması beklenmektedir (Taşkaya ve Demirkıran, 2017: 128). Enflasyonist baskı diğer mal ve hizmetlere olan talebi değiştirdiği gibi sağlık alanında da benzer etkiler yaratmaktadır.

Bununla birlikte, enflasyon yükseldiğinde sağlık harcamalarının nominal olarak artmış gibi görünmesi mümkündür. Bu durumda sağlık hizmetlerinin miktarında reel bir artış olmasa dahi, ulusal para biriminin değer kaybetmesi nedeniyle yapılan harcamanın tutarında yükseliş meydana gelebilmektedir. Literatürde de enflasyonun sağlık harcamalarının belirleyicileri arasında ele alındığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Pakdaman vd., 2019; Çıraklı, 2019; Yetim vd., 2020).

Sonuç olarak, makroekonomik değişkenler — özellikle ekonomik büyüme, kamu sağlık harcamaları, kamu sermaye harcamaları, işsizlik, enflasyon ve ekonomik istikrar — sağlık sistemlerinin kapasitesini ve kaynak yapısını doğrudan etkilediği için, sağlık hizmetlerine erişim ve sağlık sonuçları üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu durum, sağlık hizmetlerine erişimin değerlendirilmesinde yalnızca mikro (bireysel ya da demografik) faktörlerin değil; makro-ekonomik yapının da hesaba katılması gerektiğini göstermektedir. Ancak, kaynak artışı tek başına yeterli değildir; dağılım adaleti, kurumsal kapasite, bölgesel eşitlik ve sosyoekonomik taban gibi değişkenlerin de sistematik olarak ele alınması gerekmektedir.

ENFLASYON, MALİYETLER VE SAĞLIK SİSTEMİNE ERİŞİM DİNAMİKLERİ

Sağlık hizmetlerinin temel amacı; birey ve topluma sağlıklı yaşam bilgisi ve bilinci kazandırmak, tüm bireylere ihtiyaç duydukları hizmetleri coğrafi, sosyal veya ekonomik kısıtlardan bağımsız, eşit ve kaliteli şekilde sunmak, sağlıklı kişisel-toplumsal-çevresel koşullar oluşturmak ve toplum sağlığını koruyup geliştirmektir (Alu,2017). Bu nedenle, ülke genelinde sunulan sağlık hizmetlerinin niteliği ve işleyişi büyük önem taşımaktadır. Ancak söz konusu amaca ulaşılabilmesi, yalnızca hizmetlerin kapsamı ve kalitesi ile değil, aynı zamanda bu hizmetlere erişilebilirlik ve erişimde adaletin sağlanmasıyla da yakından ilişkilidir (Marşap vd., 2010). Nitekim sağlık hizmetlerine erişim, 1948 tarihli İnsan Hakları Evrensel Beyannamesi'nde ilk kez temel bir insan hakkı olarak tanımlanmıştır (Norredam vd., 2007; Juškevičius ve Balsienė, 2010; Sachs, 2012).

Günümüzde sağlık hizmetlerine erişim ve erişimde hakkaniyet, sağlık sistemlerinin performansını değerlendirmede kullanılan temel göstergeler arasında yer almaktadır (Smith vd., 2009; Levesque vd., 2013). Buna karşın, dünya genelinde sosyal, kültürel veya ekonomik nedenlerle ihtiyaç duyduğu sağlık hizmetlerine erişemeyen geniş bir nüfusun bulunduğu tahmin edilmektedir (OECD, 2011; Ko, 2016). Bu durum, ülkelerin sağlık sistemleri içerisinde bireylerin gereksinim duydukları hizmetlere erişim düzeylerini ölçmenin, mevcut sorunları tanımlamanın ve çözüm odaklı politika geliştirme süreçlerini desteklemenin kritik önemini ortaya koymaktadır.

Enflasyon, fiyatlarda istikrarsızlığa yol açarak bireylerin satın alma gücünü azaltmakta ve bu durum karar alma süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Gelecekteki fiyat hareketlerini öngörmek ve bu değişimlere uygun stratejiler geliştirmek, tüm ekonomik aktörler açısından giderek güçleşmektedir (Kara,2024). Bu çerçevede enflasyon, sağlık harcamalarını hem maliyet boyutunda hem de hizmetlere erişilebilirlik açısından etkileyen kritik bir makroekonomik unsur olarak ortaya çıkmaktadır (Konuk,2025).

Enflasyonun artması, sağlık hizmetlerinin maliyetlerini etkilemekte ve özellikle gelecekte sağlık hizmetlerinin fiyatlarının artacağı beklentisi kişilerin sağlık kararlarını etkilemektedir. Ekonomi bütününde meydana gelen negatif gelişmeler, sağlık üzerinde aşikar ve negatif etkiler oluşturabilmektedir. (Kontorovich, 2001; Tangcharoensathien vd., 2000).

Makroekonomik faktörlerden biri olan enflasyon, sağlık hizmetleri sistemini doğrudan etkileyerek maliyetler üzerinde sürekli bir mali baskı yaratmaktadır. Genel fiyat seviyelerindeki artış, hastane, ayakta tedavi, hekim ve dişçilik ücretlerini önemli ölçüde yükseltmektedir. Bu ücret artışları ise sağlık hizmetlerine olan talebi azaltabilir ve sonuç olarak sağlık hizmetlerinin verimliliğinde düşüşe yol açabilir (Nolan ve diğ., 2014: 6).

Enflasyonun yükselmesiyle birlikte bireylerin satın alma güçlerinde azalma meydana gelmektedir. Mal ve hizmet fiyatlarındaki artışlar sonucunda, kişiler satın alma kararlarını yeniden şekillendirmekte ve marjinal faydayı maksimize etmek amacıyla aciliyeti düşük sağlık hizmetlerine olan taleplerinden vazgeçebilmektedir. Bu gelişmeler, ülke genelinde sağlık harcamaları üzerinde olumsuz bir etki yaratmaktadır (Taşkaya ve Demirkıran,2016).

Enflasyon, sağlık harcamaları üzerinde etkisi bakımından oldukça kompleks bir değişkendir. Sürekli fiyat artışı, sağlık hizmetlerinin maliyetlerini yükselterek hem bireylerin hem de devletin sağlık harcamalarını yönetmesini güçleştirebilir (Lee ve Kim, 2023).Sağlık sektörü enflasyona karşı hassas olduğundan, ilaç, tıbbi malzeme ve hizmet fiyatlarındaki artışlar sağlık sistemleri üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır (Xu, Zhao ve Wang, 2021).Öte yandan, belirli koşullarda enflasyonun yükselmesi, sağlık harcamalarının nominal değerinde artışa neden olabilmektedir.

Enflasyon sonucunda reel gelir düzeyindeki düşüş, sağlık hizmetlerine erişim için gerekli finansal kaynakların sağlanmasını güçleştirmekte ve bu durum bireylerin sağlık ihtiyaçlarını ertelemelerine veya kendi ceplerinden ödeme yapmalarına yol açmaktadır (HPC – Healthy Public Policy, 2011). Örneğin, yüksek enflasyon mal ve hizmet fiyatlarının sürekli artmasına yol açarak toplumun satın alma gücünü azaltmakta ve bireylerin ekonomik geleceğine ilişkin belirsizlik yaratmaktadır. Bu durum, aileleri gelecekteki mali yüklerini azaltma amacıyla tasarrufa yönelmeye teşvik etmekte ve dolayısıyla çocuk sahibi olma kararlarını ertelemelerine veya sınırlamalarına neden olmaktadır (Bakkal,2023) .Bir diğer sıradışı örnek;Suriye'de 9,3 milyon kişi, rekor düzeyde yüksek gıda fiyatları enflasyonu nedeniyle gıda güvenliğine erişim sağlayamamaktadır. Benzer şekilde, Sudan'da da durum olumsuz olup, Nisan 2020 itibarıyla gıda fiyatları bir önceki aya göre %82 oranında artmıştır (Ucael ve Özvarış,2023).

Toplumun ekonomik açıdan yoksullaşması, bireyleri ani sağlık gereksinimleri karşısında korunaksız bırakmakta ve genel halk sağlığının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Olumsuz ekonomik koşullar, gıda, temizlik ve barınma gibi temel ihtiyaçların karşılanmasını güçleştirmenin yanı sıra, ruhsal sorunların ortaya çıkmasına da zemin hazırlayabilmektedir. (Kaplan, 2012).

Ekonomik buhranlar sonucunda bireylerin gelirleri azalırken, enflasyon ve devalüasyon gibi faktörler nedeniyle ithal ilaçlar ve tıbbi malzemeler başta olmak üzere sağlık girdilerinin maliyeti artmaktadır. Bu durum, özellikle düşük gelirli hanelerin satın alma güçlerini sınırlamakta ve toplam bütçelerinden sağlığa ve sağlık hizmetlerine ayrılan oranın düşmesine yol açmaktadır. (Horton, 2009: 355; Waters, Saadah ve Pradhan, 2003: 174).

Literatür

Literatür incelendiğinde birçok çalışmada enflasyonun, hanehalkının satın alma gücünü azaltarak gıda ve ilaç gibi temel ihtiyaçların karşılanabilirliğini düşürdüğü genel kanısı ortaya çıkmaktadır. Çalışmaların bulguları özetle:

- kötü beslenmeye**,**
- artmış malnütrisyon oranlarına**,**
- özellikle düşük gelirli hanelerde gıda tüketim kalıplarında olumsuz değişikliklere

yol açtığını ortaya koymaktadır . Artan maliyetler bireyleri tıbbi bakımı geciktirmeye veya tamamen almamaya zorlayarak sağlık sonuçlarını daha da kötüleştirmektedir sonucu dikkat çekicidir.

Enflasyonun aynı zamanda birkaç çalışmada stres ve ruh sağlığı sorunlarını tetikleyebildiği ortaya konmaktadır**.** Çünkü finansal zorluklar psikolojik sıkıntının önemli bir kaynağıdır ve sağlıksız başa çıkma davranışlarına neden olabilir.

Tablo 1: Literatür Özeti

Ana hipotez	**Gerekçe**	**Literatür Örnekleri**
Enflasyon yetersiz beslenmeyi ve çocuk ölüm oranlarını artırır	Farklı bölgelerde yapılan çok sayıda çalışma, gıda enflasyonu, yetersiz beslenme ve çocuk ölümleri arasında güçlü ilişkiler olduğunu göstermektedir.	Ibılunke vd,2022; Bao, 2022; Divyaparvathy, 2025
Enflasyon ruh sağlığını ve psikolojik sıkıntıyı kötüleştirir	Büyük anketler ve kohort çalışmalar, enflasyon dönemlerinde psikolojik sıkıntının ve ruh sağlığı sorunlarının arttığını göstermektedir.	Movsisyan vd, 2024; Larik vd, 2023; Louie, 2023
Enflasyon yaşam beklentisini azaltır ve ölüm oranlarını artırır	Farklı ülkelerde ve zaman dilimlerinde yapılan araştırmalar tutarlı bulgular sunmaktadır.	Ibikunle, 2022; Bao, 2022; Williams, 2016; Richardson,2023

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Enflasyonun sağlık hizmetlerine erişimi nasıl etkilediğini ortaya koyan çalışmalar birkaç noktada toplanmaktadır:

- Enflasyon; tıbbi hizmetlerin, ilaçların ve hastane bakımının fiyatlarını yükseltir. Bu durum özellikle sigortasız bireyler ile sabit gelirliler için sağlık hizmetlerini daha az karşılanabilir hale getirir.
- Sağlık hizmeti maliyetleri arttıkça bireyler gerekli tedavileri erteleyebilir veya tamamen vazgeçebilir. Bu durum kronik hastalık yönetimini ve koruyucu sağlık hizmetlerini olumsuz etkileyerek daha kötü sağlık sonuçlarına yol açar.
- Enflasyon; düşük gelirli, yaşlı ve dezavantajlı grupları orantısız şekilde etkiler. Bu gruplar maliyet nedeniyle sağlık hizmetlerinden vazgeçmeye daha yatkındır. Böylece sağlık eşitsizlikleri daha da derinleşir.
- Enflasyon; kamu sağlık altyapısının yetersiz finansmanına, personel eksikliğine ve hizmet kalitesinin düşmesine yol açabilir. Bu durum Nijerya ve Hindistan gibi ülkelerde açıkça görülmektedir.

- Fiyat artışları özellikle özel sektör ilaçlarında erişimi sınırlar. Hastalar sağlık harcamaları ile diğer temel ihtiyaçlar arasında zor seçimler yapmak zorunda kalabilir.
- Sabit gelirle geçinen yaşlılar satın alma güçlerinin azalması nedeniyle sağlık hizmetleri ile temel ihtiyaçlar arasında tercih yapmak zorunda kalabilirler. Bu durum daha uzun bekleme süreleri ve daha yüksek cepten harcamalarla sonuçlanır.
-

Tablo 2: Literatür Özeti

Etki	En Çok Etkilenen Ülkeler	Literatür Örnekleri
Daha yüksek cepten sağlık harcamaları	Düşük gelirli, sigortasız, yaşlı bireyler	Divyaparvathy,2025; Bano,2025; İpinnimo,2023; Luga 2024; Uzor,2024
Tedaviyi geciktirme / atlama	Kronik hastalığı olanlar, yaşlılar	Divyaparvathy,2025; Luga 2024; Uzor,2024
İlaçlara erişimin azalması	Herkes, özellikle yoksul gruplar	Bao, 2022; Uzor,2024; Raven,2022
Sağlık sisteminde yetersiz finansman / eşitsizlik	Kamu sektörü, kırsal bölgeler	Bano,2025; Bao, 2022; Uzor,2024
Artan hastalık ve ölüm oranları	Bebekler, çocuklar, kırılgan gruplar	Divyaparvathy,2025; Bao, 2022; Luga 2024

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Kara (2024), Türkiye'de faaliyet gösteren yirmibeş sigortası şirketini kapsayan araştırmasında, 2015-2023 dönemi için aylık enflasyon oranları ile sigorta şirketlerinin toplam özel sağlık sigortası primleri arasındaki ilişkiyi eşbütünleşme yöntemiyle analiz etmiştir. Araştırma bulguları, özel sağlık sigortası primleri ile TÜFE arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi olduğunu göstermektedir. Buna göre, TÜFE'deki yüzde 1'lik artışın reel özel sağlık sigortası primlerini yaklaşık yüzde 0,72 oranında yükselttiği saptanmıştır.
Turgut ve arkadaşları (2017), enflasyon artışının doğuşta beklenen yaşam süresini pozitif etkilediğini, reel GSYH'deki yükselmenin ise bu gösterge üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığını, işsizlik artışının ise doğuşta yaşam beklentisini negatif etkilediğini ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar, gelir adaleti sağlayan politikalar ile işsizlikle baş etme stratejilerinin doğuşta beklenen yaşam süresini artırabileceğini ve enflasyonun olumlu etkilerinden yararlanabilmek için ekonomik politikaların titizlikle yönetilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır.
Değirmenci ve Yeşil (2025)'in bulguları ekonomik büyüme ve enflasyonun ülkelerin koruyucu sağlık harcamaları üzerinde anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre, büyüme, enflasyon ve işsizlik oranları koruyucu sağlık harcamalarını önemli ölçüde etkilemekteyken, maliye politikası göstergeleri olan kamu gelirleri, kamu harcamaları ve bütçe dengesi üzerinde anlamlı bir etki gözlemlenmemiştir. Bu doğrultuda, koruyucu sağlık harcamalarını belirleyen başlıca faktörlerin maliye politikalarından ziyade makroekonomik değişkenler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Taşkaya (2020), Sağlıkta Dönüşüm Programı'nın sağlık sistemi verimliliği üzerindeki yıllık etkilerini incelemiştir. Yazarın bir diğer hedefi ise verimlilik değişimleri ve enflasyon düzeyi arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Verimlilik ile enflasyon arasındaki ilişki Tobit regresyon yöntemiyle ölçülmüştür. Bulgular, program öncesinde ortalama verimlilik düzeyinin %93,96 iken, 2003 sonrası on beş yılda %98,41'e yükseldiğini göstermektedir. Ayrıca verimlilik puanlarının enflasyon oranlarıyla negatif yönlü bir ilişki sergilediği tespit edilmiştir.

Tıraş ve Türkmen (2025), D-8 ülkeleri özelinde 1991-2022 dönemine ait verileri kullanarak işsizlik ve enflasyonun ortalama yaşam süresi üzerindeki etkilerini dinamik panel veri yöntemleriyle incelemişlerdir. Çalışmada değişkenler arasındaki ilişkiler, yapısal kırılmaları da dikkate alan testlerle değerlendirilmiş; AMG yöntemi uygulanmıştır. Panel genelindeki tahminler, işsizlik ve enflasyon oranları ile ortalama yaşam süresi arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını göstermesine karşın, bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Ülke bazlı analizler ise her bir D-8 ülkesi için farklı sonuçlar ortaya koymuştur.
Erkal, Akıncı ve Yılmaz (2015), 11 ülkeyi kapsayan çalışmalarında yoksulluk, gelir eşitsizliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri test etmişlerdir. Panel veri metodolojisi ile , yoksulluk üzerinde etkili olan faktörlerin yönü ve büyüklüğü belirlenmeye çalışılmıştır. Bulgular, doğrudan yabancı yatırımlar, eğitim harcamaları ile kamu ve özel sağlık harcamalarının yoksulluk ile negatif yönlü bir ilişki sergilediğini ortaya koyarken; enflasyon ve nüfusun yoksulluk üzerinde pozitif yönde etkili olduğunu göstermiştir.
Taşkaya ve Demirkıran (2016), Türkiye için 1973-2013 dönemine ait verileri kullanarak sağlık harcamaları, enflasyon ve gelir arasındaki nedensellik ilişkilerini incelemişlerdir. Granger nedensellik testi uygulanan çalışmada, sağlık harcamaları, gelir ve enflasyon değişkenleri arasında anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmadığı tespit edilmiştir.
Şenol ve Gençtürk (2021)'ün farklı modeller ile test ettikleri analizlerinde enflasyon oranındaki bir birimlik artışın beş yaş altı ölüm oranında yaklaşık 0,10 birimlik bir yükselmeye yol açabileceği öngörülmüştür. Enflasyonun kabul edilebilir sınırların üzerine çıkması, toplumsal ve sosyal açıdan olumsuz gelişmelerin temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Model bulguları da göstermektedir ki enflasyon; doğumda beklenen yaşam süresini düşürebilmekte, anne ölüm oranını kısmen olumsuz etkileyebilmekte ve kişi başı sağlık harcamalarının artmasına sebep olabilmektedir.
Gana'da Boachie ve arkadaşları (2014) tarafından yürütülen çalışmada, kamu sağlık harcamaları üzerinde enflasyonun herhangi bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.
Dhoro ve arkadaşları (2011)'nın yaptığı çalışmada, Zimbabve'de 1975-2005 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak kamu sağlık harcamalarının belirleyicileri araştırılmıştır. Engle-Granger eşbütünleşme analizi sonuçlarına göre, kamu sağlık harcamalarının başlıca belirleyicileri kişi başına düşen reel GSYH, okuryazarlık oranı, enflasyon ve kişi başına düşen yabancı sağlık yardımı olarak belirlenmiş; nüfus ve yaşam beklentisinin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan değişkenler arasında, kişi başına düşen reel GSYH, okuryazarlık oranı ve yabancı sağlık yardımı kamu sağlık harcamalarını artırıcı etki gösterirken, enflasyonun ise azaltıcı etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır.
Çıraklı (2019), Türkiye'de 1974-2015 dönemine ilişkin makroekonomik faktörler ile Sağlık Bakanlığı bütçesi ve sağlık harcamaları arasındaki ilişkiyi ARDL sınır testi yöntemiyle incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre, reel GSYH'deki artışın kamu sağlık harcamalarının toplam sağlık harcamaları içerisindeki payını artırdığı, enflasyon ve işsizliğin ise kamu sağlık harcamaları üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Öte yandan, hem reel GSYH hem de enflasyondaki yükselişin özel sağlık harcamalarının toplam içindeki payını azaltıcı yönde etkilediği, işsizliğin ise bu kapsamda istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır. Toplam sağlık harcamaları açısından değerlendirildiğinde ise, enflasyon ve işsizlik anlamlı bir etki göstermemekte, reel GSYH ise artırıcı etki yaratmaktadır.
Pakdaman ve arkadaşları (2019), 1995-2014 dönemine ait verileri kullanarak İran'da makroekonomik göstergelerin sağlık harcamaları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. VAR yöntemi ve Granger nedensellik analizi uygulanan çalışmada, sağlık harcamalarının gayri safi yurtiçi hasıla, gayri safi milli üretim, milli gelir ve milli tüketim ile pozitif yönde bir ikili ilişki gösterdiği belirlenmiştir.

Öte yandan, sağlık harcamalarının likidite oranı ve enflasyon ile negatif ikili ilişki sergilediği; bütçe harcamalarının ise tek taraflı negatif etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Özdemir (2020), OECD ülkelerine ilişkin 2016 yılı verilerini kullanarak yatay kesit analizi yöntemiyle sağlık harcamalarının GSYH içindeki payını ve kişi başına düşen sağlık harcamalarını etkileyen faktörleri incelemiştir. Bulgular, sağlık harcamalarının GSYH içindeki payının ölüm oranları, doğumda beklenen yaşam süresi ve GSYH'den olumlu yönde etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca, kişi başına düşen sağlık harcamalarının doğumda beklenen yaşam süresi ve GSYH'den pozitif; işsizlik oranı, cepten ödenen sağlık harcamaları ve enflasyondan ise negatif yönde etkilendiği tespit edilmiştir.
Yetim ve arkadaşları (2020), OECD ülkelerinde 2000-2017 dönemine ilişkin sağlık harcamalarını etkileyen faktörleri incelemek amacıyla panel veri analizini kullanmışlardır. Bulgular, sağlık harcamalarını en fazla etkileyen faktörlerin gelir ve eğitim düzeyi olduğunu, bu değişkenlerin sağlık harcamalarını pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Buna karşılık, enflasyon sağlık harcamalarını negatif yönde etkilemekte olup, işsizlik ve bağımlılık oranının sağlık harcamaları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.
Sağlık, yalnızca fizyolojik değil, aynı zamanda psikolojik iyi olma durumu olarak da tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, bir ekonomide olumsuz seyreden enflasyon göstergeleri, toplumun temel yapıtaşlarını oluşturan bireylerin hem fizyolojik hem de psikolojik sağlık durumlarını etkileyebilmektedir. Araştırmalar, enflasyon oranı ile sağlık statüsü arasında negatif bir ilişki bulunduğunu desteklemektedir (Şahin, 2018).
Bu çalışmalar, enflasyonun toplumun sağlık hizmetlerine erişimi üzerindeki etkilerini anlamak açısından önemli ipuçları sunmaktadır.

Erişim Sorunlarının Sağlık Sonuçlarına Etkisi

Sağlıklı bir toplum, esasen sağlıklı bireylerden oluşmaktadır. Bu nedenle, bireylerin ve dolayısıyla toplumların sağlıklı kalabilmesi için sağlık hizmetlerinin yeterli düzeyde sunulması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) sağlığı temel insan hakları kapsamında ele almakta ve tüm bireylerin sağlık hizmetlerine erişiminin sağlanması gerektiğini vurgulamaktadır (Karaş,2022). Hizmetlere erişimde yaşanan gecikmeler, hastalıkların erken teşhisini zorlaştırır; tedavi süreçlerinin etkinliğini azaltır ve komplikasyon riskini artırır. Erişim engelleri aynı zamanda koruyucu sağlık hizmetlerinin kullanımını da sınırladığı için toplum sağlığı düzeyini olumsuz etkiler. Özellikle bulaşıcı olmayan kronik hastalıkların yönetiminde düzenli kontrol ve erken müdahale kritik olduğundan, erişim engelleri bu hastalıkların yükünü artırarak sağlık sistemlerine ek maliyet getirir.
Ayrıca erişim eşitsizlikleri toplumsal adalet ilkesiyle çelişir. Sağlık hizmetlerinin adil biçimde sunulması, sosyal refah devletinin temel unsurlarındandır ve sağlık hakkının korunmasını gerektirir. Bu bağlamda erişilebilirlik sorunu hem sağlık hem de sosyal politika kapsamında değerlendirilmesi gereken bir konudur.

ENFLASYONUN SAĞLIK HİZMETLERİNİN ERİŞİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ: TEORİK ANALİZ

Enflasyon, ekonomik istikrarı tehdit eden ve toplumsal refahı olumsuz etkileyen önemli bir makroekonomik olgudur. Özellikle sağlık hizmetleri gibi temel ihtiyaçların finansmanı ve erişilebilirliği üzerinde derin etkiler yaratmaktadır. Sağlık hizmetlerinin erişilebilirliği, bir toplumun refah düzeyinin ve sosyal adaletin en temel göstergelerinden biridir. Bu bağlamda, enflasyonun sağlık hizmetlerine erişim üzerindeki etkilerinin anlaşılması, hem akademik hem de politika yapım süreçleri açısından kritik öneme sahiptir (Wagstaff ve van Doorslaer, 2000; WHO, 2010).

Türkiye, 2020'li yılların başından itibaren yüksek enflasyon oranlarıyla mücadele etmektedir. Aralık 2024 itibariyle yıllık enflasyon %44.38'e ulaşmış, sağlık enflasyonu ise %29.46 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024). Bu durum, Türkiye'nin sağlık sisteminin sürdürülebilirliği ve sağlık hizmetlerinin toplumun tüm kesimlerine eşit şekilde ulaşması konusunda ciddi endişeler doğurmaktadır.

Enflasyonun sağlık hizmetlerine erişim üzerindeki etkileri çok boyutludur. Bir yandan hanehalkı bütçelerini kısıtlayarak sağlık hizmetlerine olan talebi azaltmakta, diğer yandan sağlık hizmeti maliyetlerini artırarak arz tarafında daralmalar yaratmaktadır. Türkiye'de cepten yapılan harcamaların 442 milyar TL'ye ulaşması ve toplam sağlık harcamalarının %18.8'ini oluşturması, bu kırılganlığı somut bir şekilde göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı, enflasyonun sağlık hizmetlerinin erişilebilirliği üzerindeki etkilerini teorik bir çerçevede analiz etmek ve Türkiye özelinde güncel verileri kullanarak bu etkileri somutlaştırmaktır. Çalışma, talep ve arz yönlü mekanizmaları birleştiren bütünleşik bir teorik model sunmakta ve uluslararası karşılaştırmalar yoluyla Türkiye'nin durumunu konumlandırmaktadır.

Enflasyon Teorisi ve Sağlık Ekonomisi İlişkisi

Enflasyon, genel fiyat düzeyindeki sürekli artışı ifade etmekte ve ekonomik istikrarı tehdit eden önemli bir olgu olarak kabul edilmektedir. Friedman (1968), enflasyonun temelde parasal bir olgu olduğunu savunmuştur. Keynesyen yaklaşım ise talep enflasyonunun toplam talebin üretim kapasitesini aşması durumunda ortaya çıktığını ileri sürmektedir (Blanchard ve Galí, 2007). Fiyat artışlarının etki ettiği ve istikrarın bozulmasına yol açan alanlardan biri de sağlık sektörü olmaktadır.

Teorik olarak Grossman (1972) sağlık sermayesi modeli; enflasyonun reel geliri azaltarak bireylerin sağlık sermayesi yatırım kapasitelerini sınırladığı ortaya koymaktadır. Arrow (1963) belirsizlik yaklaşımı ise enflasyon dönemlerinde daha önemli hale gelmektedir. Baumol (1967) maliyet hastalığı hipotezi ise; sağlık enflasyonunu açıklamaktadır.

Enflasyonun ekonomi üzerindeki etkileri birçok yönden soruna yol açmaktadır. Satın alma gücünün azalması, gelir dağılımının bozulması ve ekonomik belirsizliğin artması başlıca sonuçlar arasında yer almaktadır (Fischer ve Modigliani, 1978). Bu etkilerin en belirgin olduğu alanların başında da sağlık sektörü gelmektedir. Arrow (1963), sağlık hizmetlerinin belirsizlik, asimetrik bilgi ve dışsallıklar nedeniyle piyasa başarısızlıklarına yol açtığını ortaya koymuştur. Grossman (1972), sağlığı bir sermaye varlığı olarak kavramsallaştırmış ve bireylerin sağlık hizmetlerine yatırım yaptıklarını ileri sürmüştür.

Sağlık hizmetlerinin finansmanı farklı ülkelerde farklı modeller aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Beveridge modeli, vergilerle finanse edilen; Bismarck modeli, sosyal güvenlik primleriyle finanse edilen sağlık sistemini öngörmektedir (Kutzin, 2013). Türkiye, 2003 yılında başlayan Sağlıkta Dönüşüm Programı ile genel sağlık sigortası modelini benimsemiştir (Tatar ve ark., 2011). Penchansky ve Thomas (1981), erişilebilirliği beş boyutta ele almıştır: bulunabilirlik, ulaşılabilirlik, karşılanabilirlik, kabul edilebilirlik ve uygunluk. Bu çok boyutlu yaklaşım, erişilebilirliğin sadece coğrafi mesafe ile sınırlı olmadığını vurgulamaktadır.

Wagstaff ve Van Doorslaer (2000), sağlık hizmetlerinde eşitlik konusunda kapsamlı bir çerçeve sunmuştur. Xu ve arkadaşları (2003), katastrofik sağlık harcamalarının özellikle düşük gelirli hanelerde ciddi finansal güçlüklere yol açtığını göstermiştir.

Enflasyon ve Sağlık Hizmetleri Erişilebilirliği İlişkisi

Enflasyonun ekonomilerde istikrarı bozan bir soun olması, sağlık hizmetlerine erişilebilirlik üzerinde de olumsuz etkide bulunmaktadır. Gottret ve Schieber (2006), makroekonomik istikrarsızlığın sağlık sistemlerinin finansmanını olumsuz etkilediğini göstermiştir. Wagstaff (2002), Asya krizinin sağlık hizmetlerine erişimi nasıl kısıtladığını analiz etmiştir. Cutler ve Meara (2001), tıbbi teknolojilerin maliyetlerinin artışının sağlık harcamalarının GSYİH içindeki payının büyümesinde önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. Hartwig (2008), emek-yoğun sağlık sektöründe sağlık hizmetlerinin göreli fiyatlarının artma eğiliminde olduğunu açıklamıştır. Bulgular, enflasyonun sağlık erişimini çok boyutlu etkilediğini göstermektedir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

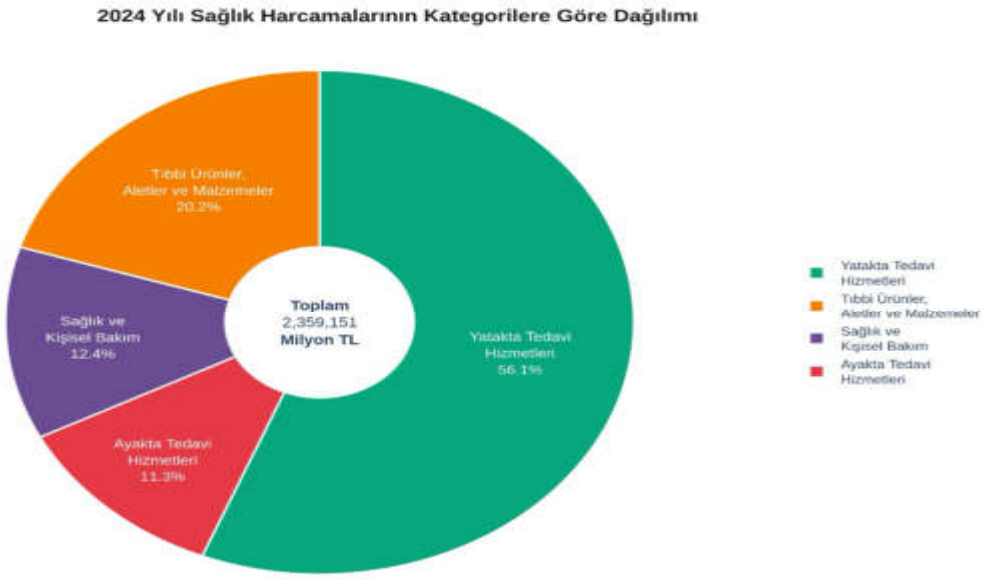
Sağlık harcamaları, bir ülke için ekonomik gelişmişlik düzeyinin belirlenmesi ve sosyal refah seviyesinin ne olduğuna dair önemli göstergelerden biridir. Gelişme yolundaki ülkelerde, nüfus artışı, demografik yaşlanma, kronik hastalıklarda artış yaşanması ve sağlık teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler sağlık harcamalarındaki artışların sürekli olmasına neden olmaktadır. Türkiye 2003 yılında başlattığı Sağlıkta Dönüşüm Programı ile sağlık alanında köklü değişimler başlatmış ve sağlık hizmetlerine erişimi artırmıştır. Bu dönüşüm süreci, sağlık harcamalarının büyüklüğünü ve kompozisyonunu doğrudan etkilemiştir. 2020 yılında başlayan COVİD-19 pandemi etkisi ile küresel anlamda sağlık sistemleri derinden etkilenmiş ve sağlık harcamalarında beklenmedik artışlar yaşanmıştır. Pandemi dönemi sağlık harcamalarının Türkiye açısından etkisinin bilimsel analizi, geleceğe yönelik sağlık politikalarının planlanması açısından son derece öneme sahiptir. Bu çalışmada, Türkiye'nin 2000-2024 yılları arası sağlık harcamalarının çok boyutlu değerlendirilmesi ve politika yapıcılar açısından kanıta dayalı öneriler sunulması planlanmaktadır.

Çalışmada 2000-2024 yılları arasındaki 25 yıllık sağlık harcaması verileri kullanılmıştır. Veriler beş kategoride sınıflandırılmıştır:

Toplam sağlık Harcamaları (Milyon TL)
Ayakta Tedavi Hizmetleri (Milyon TL)
Tıbbi Ürünler, Aletler ve Malzemeler (Milyon TL)
Yatakta Tedavi Hizmetleri (Milyon TL)
Sağlık ve Kişisel Bakım Harcamaları (% değişim)

Dönemsel analizler için üç ana dönem belirlenmiştir. 2000-2009 yılları arası erken dönem ve Sağlıkta Dönüşüm Programı başlangıcı, 2010-2019 yılları arası Olgunlaşma Dönemi ve 2020-2024 yılları arası Pandemi ve sonrası dönem şeklinde tanımlanmıştır.

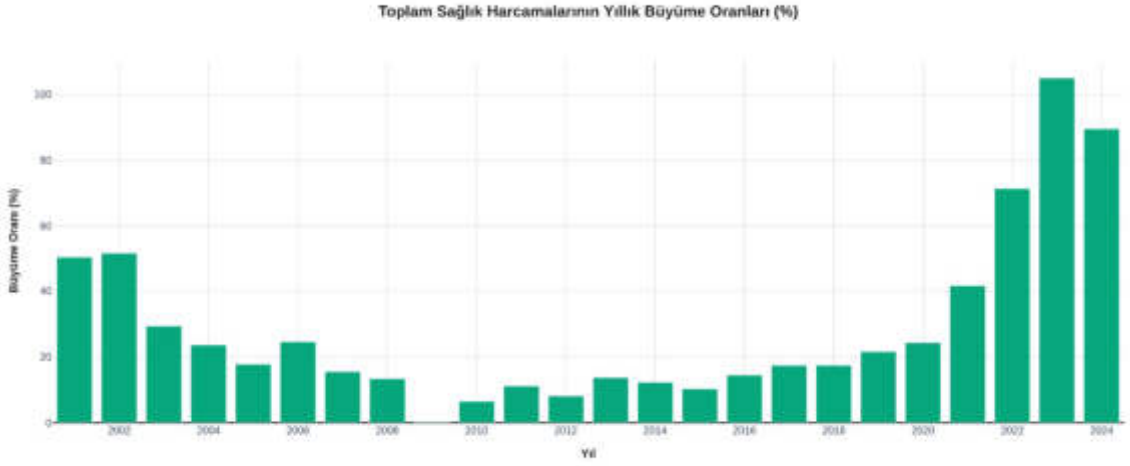
Grafik 1: 2024 Yılı Sağlık Harcamalarının Kategorilere Göre Dağılımı



Kaynak: TÜİK (2024) verileri ve İTO (2025) yardımıyla yazarlar tarafından çizilmiştir.

Grafik 1 2024 yılı harcama kompozisyonunu göstermektedir. Yatakta tedavi hizmetlerinin toplam harcamanın yarısından fazlasını oluşturduğu görülmektedir.

Grafik 2: Toplam Sağlık Harcamalarının Yıllık Büyüme Oranı



Kaynak: TÜİK (2004) verileri yardımıyla yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Grafik 2'de yıllık büyüme oranlarının temporal dağılımı yer almaktadır. 2023 ve 2024 yıllarında %105.04 ve % 89.61 gibi çok yüksek büyüme oranlarının yer aldığı görülmektedir.

Tablo 3: Sağlık Harcamalarının Dönemsel Karşılaştırması

Dönem	Başlangıç (Milyon TL)	Bitiş (Milyon TL)	Toplam Artış (%)	Yıllık Ort. Artış (%)
2000-2009	8,248	57,911	602.12	60.21
2010-2019	61,678	201,031	225.94	22.59
2020-2024	249,932	2,359,151	843.92	168.78

Kaynak: TÜİK (2024) ve TCMB (2024)

Tabloya göre pandemi dönemi diğer dönemlere kıyasla %843.92'lik artış ile önceki iki dönemin iki katından daha fazla artış göstermiştir.

Grafik 3: Toplam Sağlık Harcamalarının Yıllara Göre Değişimi



Kaynak: TÜİK (2024) verileriyle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Grafik 3 Türkiye'de sağlık harcamalarının yıllara göre değişimini göstermektedir. Pandemi döneminde sağlık harcamalarının 286 kat artması literatürdeki diğer ülke örneklerine kıyasla çok yüksek bir büyüme hızını işaret etmektedir. Bu büyümenin temel nedenleri arasında; Türkiye'de yaşanan yüksek enflasyonun nominal değerleri dramatik olarak yükseltmesi, sağlıkta dönüşüm programının harcamaları artırması, nüfusun artışı ve yaşlı nüfus oranının yükselmesi, tıbbi teknoloji ilerlemeleri ve maliyetlerin artması ile pandemide yaşanan yüksek artışlar yer alabilir.

Pandemi etkisi ve sağlık harcamalarındaki artış trendi politika yapıcıların üzerinde durması gereken ve mali sürdürülebilirlik açısından çeşitli önlemleri gerektiren bir durum olarak değerlendirilmektedir. Ayakta tedavi ve koruyucu sağlık hizmetlerine yatırım yapılması, hastane harcamalarının rasyonelleştirilmesi, ileri teknolojilerin seçiminde maliyet-fayda analizlerinin yapılması ve tıbbi ürünler kategorisinde mali kontrollerin yapılması son derece önemlidir. Bu kapsamda; enflasyon hedeflerinin tutturulması ve sağlık finansmanında reform yapılması son derece önemlidir. Sağlık koruma mekanizmalarının güçlendirilmesi ve cepten harcamaların azaltılması öncelikli meseleler arasında yer almalı ve beyin göçünü önleyici tedbirlerin alınması öncelikli meseleler arasında yer almaktadır.

SONUÇ

Politik ve ekonomik göstergelerde meydana gelen olumlu veya olumsuz değişimler, sağlık göstergelerinde de benzer yönde etkiler yaratmaktadır. Günümüzde, politik ve ekonomik göstergelerin önemi giderek anlaşılmış ve özellikle sağlık hizmetleri başta olmak üzere çeşitli alanlarla olan ilişkisi dikkat çekici bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu bağlamda, politik ve ekonomik göstergelerin temel sağlık göstergeleri üzerindeki ilişkisi ve etkisinin ölçülmesi büyük önem taşımaktadır (Şenol ve Gençtürk, 2021).

Erişim sorunlarının çözümlenmesi, çok boyutlu ve uzun vadeli politikalar gerektirmektedir:

- Birinci Basamak Sağlık Hizmetlerinin Güçlendirilmesi:

Aile hekimliği sisteminin kapasitesinin artırılması, koruyucu hizmetlerin yaygınlaştırılması ve yerel düzeyde sağlık merkezlerinin güçlendirilmesi erişimi artırır.

- Finansal Koruma Mekanizmalarının Genişletilmesi:

Cepten ödemelerin azaltılması, sigorta kapsamının genişletilmesi ve dezavantajlı gruplar için ücretsiz hizmet modelleri erişimi doğrudan iyileştirir.

- Kırsal ve Az Hizmet Alan Bölgelere Yönelik Yatırımlar:

Mobil sağlık ekipleri, gezici klinikler ve kırsal teşvik programları coğrafi eşitsizlikleri azaltır.

- Dijital Sağlık Uygulamalarının Yaygınlaştırılması:

Tele-tıp uygulamaları özellikle kronik hastalıkların takibinde ve yaşlı nüfusun yönetiminde önemli katkılar sunmaktadır.

- Kültürel Uyum Programları:

Dil hizmetleri, kültürlerarası sağlık arabuluculuğu ve göçmen dostu hizmet modelleri sosyal erişimi güçlendirir.

Sağlık hizmetlerinin erişilebilirliği, toplum sağlığını belirleyen en kritik unsurlardan biridir ve sağlık sistemlerinin hakkaniyet, etkinlik ve sürdürülebilirlik ilkeleri açısından merkezi bir konumda yer alır. Fiziksel, ekonomik, kurumsal ve kültürel boyutlarıyla erişim, yalnızca sağlık sektörünün değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik politikaların da şekillendirdiği çok yönlü bir yapıdır. Erişim engellerinin varlığı, bireysel sağlık sonuçlarını olumsuz etkilemesinin yanı sıra toplumda sağlık eşitsizliklerini derinleştirmekte ve uzun vadede sağlık sistemlerinin maliyet yükünü artırmaktadır.

Bu nedenle karar vericilerin sağlık hizmetlerine erişimi bütüncül bir yaklaşımla ele alması; dezavantajlı gruplara yönelik hedeflenmiş politikalar geliştirmesi; dijital teknolojilerin sunduğu fırsatları eşitsizlik yaratmadan kullanması önemlidir. Güçlü bir birinci basamak sistemi, kapsamlı bir finansal koruma ağı ve kültürel açıdan kapsayıcı sağlık hizmetleri erişilebilirliği artırmanın temel araçları arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak, erişilebilir bir sağlık sistemi, yalnızca sağlık çıktılarını iyileştirmekle kalmaz; sosyal adalet, eşitlik ve toplumsal refahın güçlendirilmesine de katkı sağlar. Bu nedenle sağlık hizmetlerine erişilebilirliğin artırılması, sürdürülebilir ve kapsayıcı bir sağlık sistemi tasarımının vazgeçilmez bir bileşenidir.

Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler

1. Enflasyon şoklarının sağlık hizmeti kullanımına etkisini inceleyen zamana bağlı ekonometrik modeller geliştirilmelidir.
2. Mikro veri kullanarak gelir grupları arasında enflasyonun farklı etkilerini ölçen çalışmalar yapılmalıdır.
3. Sağlık alanında enflasyonun etkilerini azaltan politikaların karşılaştırmalı ülke analizleri yapılmalıdır.
4. Göçmenler, engelliler ve kronik hastalar gibi kırılgan grupların enflasyon dönemlerinde karşılaştığı özel bariyerler daha derinlemesine araştırılmalıdır.

Enflasyonun sağlık hizmeti kalitesi üzerindeki etkisini analiz eden karma (mixed-method) çalışmalar tasarlanmalıdır.

KAYNAKÇA

Arrow, K. J. (1963). Uncertainty and the welfare economics of medical care. American Economic Review, 53(5), 941-973.

Bakkal, S. (2023). Türkiye'de yüksek enflasyon nedeniyle doğum oranlarının azalması ve sonuçları [Decline in birth rates due to high inflation in Türkiye and its consequences]. *Yönetim Bilimleri Dergisi / Journal of Administrative Sciences, 23*(56), 814–840. https://doi.org/10.35408/comuybd.1559881

Bano, A., et al. (2025). *Medical inflation and its impact on access to healthcare in India: A socio-legal analysis*. *International Journal for Multidisciplinary Research*.

Bao, W., et al. (2022). *Real estate prices, inflation, and health outcomes: Evidence from developed economies*. *Frontiers in Public Health*. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.XXXXX

Baumol, W. J. (1967). Macroeconomics of unbalanced growth: The anatomy of urban crisis. American Economic Review, 57(3), 415-426.

Blanchard, O., ve Galí, J. (2007). Real wage rigidities and the New Keynesian model. Journal of Money, Credit and Banking, 39(s1), 35-65.

Boachie, M. K., Mensah, I. O., Sobiesuo, P., Immurana, M., Iddrisu, A. A., ve Kyei-Brobbey, I. (2014). Determinants of public health expenditure in Ghana: A cointegration analysis. *Journal of Behavioural Economics, Finance, Entrepreneurship, Accounting and Transport, 2*(2), 35–40.

Cutler, D. M., ve Meara, E. (2001). Changes in the age distribution of mortality over the 20th century. NBER Working Paper No. 8556.

Çıraklı, Ü. (2019). Türkiye'de makroekonomik faktörler ile sağlık harcamaları ve Sağlık Bakanlığı bütçesi arasındaki ilişkinin ARDL sınır testi yaklaşımı ile incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 21*(2), 581–596.

Değirmenci, R. S., ve Yeşil, E. (2025). Maliye politikası uygulamalarının koruyucu sağlık hizmetleri üzerindeki etkisi: Türkiye-Avrupa Birliği ülkeleri üzerine bir değerlendirme [The impact of fiscal policy practices on preventive health services: An evaluation on Turkey and European Union countries]. *PJESS, 12*(1), 15–33. https://dergipark.org.tr/tr/pub/pjess

Dhoro, N. L., Chidoko, C., Sakuhuni, R. C., ve Gwaindepi, C. (2011). Economic determinants of public health care expenditure in Zimbabwe. *International Journal of Economic Research, 2*(6), 13–25.

Divyaparvathy, J. (2025). *The hidden cost of inflation: A threat to health and nutrition*. *Journal of Comprehensive Health*.

Ecevit, E., Çetin, M., ve Yücel, A. G. (2018). Türki Cumhuriyetlerinde sağlık harcamalarının belirleyicileri: Bir panel veri analizi. ***Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, 10***(19), 318–334.

Erkal, G., Akıncı, M., ve Yılmaz, Ö. (2015). Yoksulluk, gelir eşitsizliği ve ekonomik büyüme ilişkisi: Seçilmiş Doğu Avrupa ve Latin Amerika ülkeleri için ampirik bir analiz. *TİSK Akademi, 10*(19), 66–87.

Fischer, S., ve Modigliani, F. (1978). Towards an understanding of the real effects of inflation. Weltwirtschaftliches Archiv, 114(4), 810-833.

Friedman, M. (1968). The role of monetary policy. American Economic Review, 58(1), 1-17.

Gottret, P., ve Schieber, G. (2006). Health financing revisited: A practitioner's guide. World Bank Publications.

Grossman, M. (1972). On the concept of health capital and the demand for health. Journal of Political Economy, 80(2), 223-255.

Hartwig, J. (2008). What drives health care expenditure? Journal of Health Economics, 27(3), 603-623.

Healthy Public Policy (HPC). (2011). *Social environments and health: Concept paper*. Alberta Health Services.

Horton, R. (2009). The global financial crisis: An acute threat to health. *The Lancet, 373*, 355–356.

Ibikunle, J. A., et al. (2022). *Food inflation and child health in Africa: Evidence from countries with high misery index*. *Acta Economica*.

İTO (2025). Fiyat İndeksleri, Mart 2025. https://ito.org.tr/tr

Juškevičius, J., ve Balsienė, J. (2010). Human rights in healthcare: Some remarks on the limits of the right to healthcare. *Jurisprudencija, 4*(122), 95–110.

Kaplan, G. A. (2012). Economic crises: Some thoughts on why, when and where they (might) matter for health—A tale of three countries. *Social Science ve Medicine, 74*, 643–646.

Kara, O. (2024). Türkiye'de özel sağlık sigortası şirketlerinin prim toplama başarısında enflasyonun etkisi [The impact of inflation on the premium collection success of private health insurance companies in Türkiye]. *Gaziantep University Journal of Social Sciences, 23*(4), 1571–1586. http://dergipark.org.tr/tr/pub/jss

Karasoy, A., ve Demirtaş, G. (2018). Sağlık harcamalarının belirleyicileri üzerine bir uygulama: Çevre kirliliği ve yönetişimin etkilerinin incelenmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 7*(3), 1917–1939.

Karaş, E. (2022). Sağlık harcamalarına etki eden faktörlerin belirlenmesi: Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler örneği [Determining factors affecting health expenditures: A study on developed and developing countries]. *International Journal of Public Finance, 7*(2), 509–538. https://doi.org/10.30927/ijpf.1135323

Ko, H. (2016). Unmet healthcare needs and health status: Panel evidence from Korea. *Health Policy, 120*(6), 646–653.

Kontorovich, V. (2001). The Russian health crisis and the economy. *Communist and Post-Communist Studies, 34*, 221–240.

Konuk, T. (2025). Sağlık harcamalarının temel makro ekonomik belirleyicileri: G7 ülkeleri için panel veri analizi [Main macroeconomic determinants of health expenditures: Panel data analysis for G7 countries]. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi, 8*(3), 34–42. https://dergipark.org.tr/tr/pub/umbd

Kutzin, J. (2013). Health financing for universal coverage. Bulletin of the World Health Organization, 91(8), 602-611.

Larik, M. O., et al. (2023). *A rising endemic within a pandemic: Impact of inflation on mental health*. *JPMA: The Journal of the Pakistan Medical Association*.

Lee, H., ve Kim, S. (2023). Inflation and economic growth effects on health care spending in South Korea. *Asian Economic Policy Review, 18*(2), 210–225. https://doi.org/10.1111/aepr.12345

Levesque, J.-F., Harris, M. F., ve Russell, G. (2013). Patient-centred access to health care: Conceptualising access at the interface of health systems and populations. *International Journal for Equity in Health, 12*(1), 18. https://doi.org/10.1186/1475-9276-12-18

Louie, P., et al. (2023). *Inflation hardship, gender, and mental health*. *SSM – Population Health*.

Marşap, A., Akalp, G., ve Yeniman, E. (2010). Sağlık işletmelerinde insan kaynağının kurumsal bilgi güvenliği kültürü gelişimi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi, 3*(1), 1–34

Movsisyan, A., Wendel, F., Bethel, A., Coenen, M., Krajewska, J., Littlecott, H., Stöckl, H., Voss, S., Wollmershäuser, T., ve Rehfuess, E. (2024). *Inflation and health: A global scoping review*. *The Lancet Global Health, 12*(6), e1038–e1048. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(24)00133-5

Nolan, A., Barry, S., Burke, S., ve Thomas, S. (2014). *The impact of the financial crisis on the health system and health in Ireland*. Economic and Social Research Institute.

Norredam, M. L., Nielsen, A. S., ve Krasnik, A. (2007). Migrants' access to healthcare. *Danish Medical Bulletin, 54*(1), 48–49.

OECD. (2011). *Health at a glance 2011: OECD indicators*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/health_glance-2011-en

Özdemir, A. (2020). Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerindeki sağlık harcamalarının macroeconomic değişkenler üzerindeki etkileri. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 22*, 563–587.

Pakdaman, M., Geravandi, S., Askari, R., Askarishahi, M., ve Afzali, H. R. (2019). The effect of macroeconomic indicators on healthcare expenditure in Iran. *Journal of Education and Health Promotion, 8*(1), 1–6.

Penchansky, R., ve Thomas, J. W. (1981). The concept of access: Definition and relationship to consumer satisfaction. *Medical Care, 19*(2), 127–140.

Richardson, E., et al. (2023). *Population mortality impacts of the rising cost of living in Scotland: Scenario modelling study*. *BMJ Public Health*.

Sachs, J. D. (2012). Achieving universal health coverage in low-income settings. *The Lancet, 380*(9845), 944–947.

Samadi, A. H., ve Rad, E. (2013). Determinants of healthcare expenditure in Economic Cooperation Organization (ECO) countries: Evidence from panel cointegration tests. *International Journal of Health Policy and Management, 1*(1), 63–68.

Smith, P. C., Mossialos, E., Leatherman, S., ve Papanicolas, I. (Eds.). (2009). *Performance measurement for health system improvement: Experiences, challenges and prospects*. Cambridge University Press.

Şahin, D. (2018). Doğumda yaşam beklentisinin belirleyicilerinin analizi: APEC ülkeleri örneği. *Academic Review of Economics ve Administrative Sciences, 11*(1).

Şenol, O., ve Gençtürk, M. (2021). Üst-orta gelir grubu ülkelere ait temel sağlık göstergelerinin panel veri analiz yöntemini kullanarak politik ekonomik açıdan incelenmesi [Political economic investigation of the basic health indicators of upper-middle income countries using the panel data analysis method]. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi / Suleyman Demirel University Visionary Journal, 12*(32), 1176–1195.

Tangcharoensathien, V., Harnvoravongchai, P., Pitayarangsarit, S., ve Kasemsup, V. (2000). Health impacts of rapid economic changes in Thailand. *Social Science ve Medicine, 51*, 789–807.

Taşkaya, S. (2022). Sağlıkta dönüşüm programının verimlilik düzeyinin enflasyon oranı ile ilişkisinin değerlendirilmesi [Evaluation of the relationship between the efficiency level of the health transformation program and the inflation rate]. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi / Eurasian Journal of Researches in Social and Economics (ASEAD / EJRSE)*. https://www.asead.com

Taşkaya, S., ve Demirkıran, M. (2016). Enflasyon, gelir ve sağlık harcaması arasındaki nedensellik ilişkisi. *TAF Preventive Medicine Bulletin, 15*(2), 127–131.

Taşkaya, S., ve Demirkıran, M. (2017). Enflasyon, gelir ve sağlık harcaması arasındaki nedensellik ilişkisi [The causality relationship between inflation, income and health expenditure]. *TAF Preventive Medicine Bulletin.* https://doi.org/10.5455/pmb.1-1455400402

Taşkaya, S. (2020). Sağlıkta Dönüşüm Programının Verimlilik Düzeyinin Enflasyon Oranı İle İlişkisinin Değerlendirilmesi. *Avrasya Sosyal Ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, *7*(6), 102-115.

Tatar, M., Mollahaliloğlu, S., Şahin, B., Aydın, S., ve Maresso, A. (2011). Turkey: Health system review. Health Systems in Transition, 13(6), 1-186.

Tıraş, H. H., ve Türkmen, S. (2025). İşsizlik ve enflasyonun ortalama ömür ile ilişkisinin ekonometrik analizi: D-8 ülkelerinden kanıtlar [Econometric analysis of the relationship between unemployment, inflation, and life expectancy: Evidence from D-8 countries]. *Journal of Economics and Research, 6*(2), 31–48. https://doi.org/10.53280/jer.1721570

Turgut, M., Ağırbaş, İ., ve Uğurluoğlu Aldoğan, E. (2017). Relationship between health expenditure and inflation in Turkey. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 5*(50), 289–299.

TÜİK. (2024). Tüketici fiyat endeksi, Aralık 2024. Türkiye İstatistik Kurumu.

Uzor, K. J., et al. (2024). *The impact of inflation on medicine prices in Nigeria: A comparative analysis of public and private pharmacies*. *The Pan African Medical Journal*.

Wagstaff, A. (2002). Poverty and health sector inequalities. Bulletin of the World Health Organization, 80(2), 97-105.

Wagstaff, A., ve van Doorslaer, E. (2000). Equity in health care finance and delivery. In Handbook of health economics (Vol. 1B, pp. 1803-1862). Elsevier.

Waters, H., Saadah, F., ve Pradhan, M. (2003). The impact of the 1997–98 East Asian economic crisis on health and health care in Indonesia. *Health Policy and Planning, 18*(2), 172–181.

WHO. (2010). The world health report: Health systems financing. World Health Organization.

Williams, C., et al. (2016). *Effects of economic crises on population health outcomes in Latin America, 1981–2010: An ecological study*. *BMJ Open*. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-XXXXX

World Health Organization. (2023). *World health statistics 2023: Monitoring health for the SDGs, sustainable development goals*. WHO.

Xu, K., Evans, D. B., Kawabata, K., et al. (2003). Household catastrophic health expenditure. The Lancet, 362(9378), 111-117.

Xu, Y., Zhao, L., ve Wang, H. (2021). The long-term relationship between health expenditure and economic growth in China. *Health Economics Review, 11*(1), 5–19. https://doi.org/10.1186/s13561-021-00300-5

Yetim, B., İlgün, G., Çilhoroz, Y., Demirci, Ş., ve Konca, M. (2020). The socioeconomic determinants of health expenditure in OECD: An examination on panel data. *International Journal of Healthcare Management, 14*(4), 1265–1269.

CERVICAL CANCER IN PREGNANCY

ZEYNALOVA KHURAMAN
Azerbaijan Medical University

AXUNDOVA NATAVAN
Azerbaijan Medical University

VAHABOVA SHARIFA
Azerbaijan Medical University

BAGIROVA SHALALA
Azerbaijan Medical University

ISMAYILOVA ARZU
Azerbaijan Medical University

ISMAYILOVA SEVINJ
Azerbaijan Medical University

AHMEDOVA TURKAN
Azerbaijan Medical University

ABSTACT
Cervical cancer is one of the most common and challenging malignancies diagnosed during pregnancy, requiring a complex balance between effective oncological management and pregnancy preservation. This narrative review synthesizes current evidence and clinical experience regarding the management of cervical cancer in pregnant patients. While treatment should generally follow standard protocols for nonpregnant patients, emerging data suggest that pregnancy can often be safely maintained without compromising oncological outcomes. Nevertheless, robust prognostic data from larger patient cohorts are still needed. Individualized treatment approaches that incorporate the patient's preferences and values are crucial. Given the complexities involved, referral to specialized tertiary centers with expertise in the oncological and obstetric care of pregnant cancer patients is strongly recommended to ensure optimal outcomes for both mother and child.

Although the estimated incidence of cervical cancer during pregnancy is low, it remains the most common gynecological malignancy diagnosed during pregnancy. Managing cervical cancer in pregnancy presents unique challenges due to the dual imperative of safeguarding both maternal and fetal health. The cervix, as the primary site of the malignancy, plays a crucial role in maintaining pregnancy, complicating treatment options and outcomes. Historically, the management of cervical cancer in pregnant patients often involved the termination of pregnancy to prioritize oncological treatment. In recent decades, there has been a paradigm shift, with an increasing trend towards conservative approaches, including pregnancy-sparing surgery and neoadjuvant chemotherapy.[2] This review aims to synthesize the current knowledge on the management of cervical cancer during pregnancy, highlighting advancements in diagnostic approaches, therapeutic strategies, and multidisciplinary care models that optimize outcomes for both mother and child.

Material Methods

Approximately 30 % of patients are diagnosed with cervical cancer at reproductive age, with a maximum incidence around the age of 40. The general incidence of cancer during pregnancy, excluding postnatal diagnoses.

Result

Since oncological symptoms can masquerade as normal pregnancy-related physiological changes and malignancy is not likely to be considered in pregnant women, patients and physicians are more likely to attribute malignancy-related symptoms to the pregnancy itself. Neonatal morbidity and mortality are strongly correlated with prematurity. Several studies have documented an increased incidence of preterm delivery in pregnant cancer patients.

Conclusion

These findings underscore the importance of avoiding prematurity and providing comprehensive mental and social support to the families, especially when maternal death has occurred.

DEPREM MAĞDURLARINDA UMUT İLE PSİKOLOJİK İYİ OLUŞ ARASINDAKİ İLİŞKİ: AFET SONRASI RUH SAĞLIĞI PERSPEKTİFİ

Kübra KAYAOĞLU
Malatya Turgut Ozal University Faculty of Health Sciences, Department of Nursing
ORCID: 0000-0001-5170-3935

Rana CEVİZ
Malatya Turgut Ozal University Faculty of Health Sciences, Department of Nursing
ORCID: 0009-0004-8895-0189

ÖZET
Bu çalışmanın amacı, 6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye'de meydana gelen depreme tanıklık eden bireylerde umut düzeyi ile psikolojik iyi oluş düzeyi arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Çalışma, afet sonrası psikolojik uyum süreçlerini anlamaya ve ruh sağlığı müdahalelerinin içeriğini geliştirmeye katkı sağlamak amacıyla, umut ve psikolojik iyi oluşun birlikte değerlendirilmesini hedeflemektedir. Araştırmamız tanımlayıcı ve kesitsel bir tasarıma sahiptir. Araştırmanın evrenini, Türkiye'de 6 Şubat depremlerinden en çok etkilenen dört ilden biri olan Malatya'daki geçici barınma alanlarında yaşayan depremzedeler oluşturmaktadır. Basit tesadüfi örnekleme yöntemiyle 243 katılımcıya ulaşılmıştır. Veri toplama sürecinde Sosyodemografik Form, Sürekli umut ölçeği ve Psikolojik İyi Oluş Ölçeği kullanılmıştır. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistiklerin yanı sıra, regresyon analizi ve Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Tanımlayıcı istatistikler arasında sayı, yüzde, ortalama, medyan, standart sapma, minimum ve maksimum değerler yer almaktadır. Araştırmaya katılan depremzedelerin SUÖ toplam puan ortalaması 44.75±7.79, PİOÖ, toplam puan ortalaması ise 29.41±4.41 olarak bulunmuştur. Katılımcıların SUÖ ve PİOÖ, ölçeklerinden aldıkları puan ortalamaları arasındaki ilişki incelendiğinde; SUÖ toplam puanı ile PİOÖ, toplam puanı arasında pozitif ve güçlü bir ilişki saptanmıştır ($r=0.632$, $p<.001$). Yapılan regresyon analizi sonucunda ise SUÖ toplam puanının, PİOÖ, toplam puanı üzerinde %40 oranında ve pozitif yönde anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür ($R^2=0.400$; $B=1.117$; $p<.001$). Eğitim durumu, medeni durum ve yakın kaybı yaşama değişkenlerinin, umut ölçeğinin alt boyutlarında anlamlı farklılıklara yol açtığı belirlenmiştir. Umut düzeyi, afet sonrası psikolojik iyi oluşu destekleyen önemli bir koruyucu faktör olarak öne çıkmaktadır. Afet sonrası sunulan ruh sağlığı hizmetlerinde, umut ve psikolojik iyi oluşun birlikte hedeflenmesi, travma sonrası iyileşme sürecini hızlandırabilir ve toplumsal düzeyde iyileşmeyi destekleyebilir. Bu bağlamda, umut odaklı psikososyal müdahaleler, grup terapileri, problem çözme becerilerini geliştirmeye yönelik eğitim programları ve güvenli yaşam alanlarının oluşturulması önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Afet, deprem, depremzede, psikolojik iyi oluş, umut

HOPE AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING IN EARTHQUAKE SURVIVORS: A POST-DISASTER MENTAL HEALTH PERSPECTIVE

ABSTRACT
The aim of this study is to determine the relationship between the level of hope and psychological well-being among individuals who experienced the earthquake that occurred in Türkiye on February 6, 2023. The study aims to evaluate hope and psychological well-being together in order to understand post-disaster psychological adaptation processes and to contribute to the development of the content of mental health interventions.

This research is designed as a descriptive and cross-sectional study. The study population consisted of earthquake survivors residing in temporary shelter areas in Malatya, one of the four provinces most affected by the February 6 earthquakes in Türkiye. A total of 243 participants were reached through a simple random sampling method. During data collection, a Sociodemographic Form, the Dispositional Hope Scale (DHS), and the Psychological Well-Being Scale (PWBS) were used. In addition to descriptive statistics, regression analysis and Pearson correlation analysis were applied to analyze the data. Descriptive statistics included frequency, percentage, mean, median, standard deviation, minimum, and maximum values.

The mean total score of the participants on the DHS was found to be 44.75±7.79, while the mean total score on the PWBS was 29.41±4.41. When examining the relationship between participants' mean scores on the DHS and PWBS, a strong and positive correlation was identified between the total scores ($r=0.632$, $p<.001$). The regression analysis revealed that the DHS total score had a significant and positive effect on the PWBS total score, accounting for 40% of the variance ($R^2=0.400$; $B=1.117$; $p<.001$). It was also determined that variables such as education level, marital status, and experiencing the loss of a close one led to significant differences in the subdimensions of the hope scale.

The level of hope emerges as a significant protective factor supporting psychological well-being in the aftermath of a disaster. Targeting both hope and psychological well-being in post- disaster mental health services may accelerate recovery after trauma and support societal healing. In this context, hope-focused psychosocial interventions, group therapies, training programs aimed at improving problem-solving skills, and the establishment of safe living environments are recommended.

Keywords: Disaster, earthquake, earthquake victims, psychological well-being, hope.

KOAH YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKÂ TEMELLİ CHATBOTLARIN ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ: SİSTEMATİK DERLEME

Dr. Öğr. Üyesi Cansu KOŞAR ŞAHİN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü
ORCID: 0000-0003-2366-3977

Doç. Dr. Hatice CEYLAN
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu
ORCID: 0000-0001-6423-6010

ÖZET

Giriş ve Amaç : Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH), dünya genelinde insan sağlığını ciddi biçimde tehdit eden başlıca kronik solunum yolu hastalıklarından biridir. KOAH'ın etkin bir şekilde yönetilebilmesi; semptomların düzenli takibini, ilaç tedavisinin doğru uygulanmasını ve yaşam tarzı değişikliklerinin sürdürülmesini gerektirmektedir. Bu süreçte hemşireler, hasta eğitimi, tedaviye uyumun desteklenmesi, semptom yönetimi ve erken alevlenmelerin tanılanmasında kilit bir role sahiptir. Günümüzde yapay zekâ temelli sistemler, özellikle karar destek araçları ve hasta takibini kolaylaştıran dijital platformlar aracılığıyla, sağlık ekibi içerisinde özellikle hemşirelerin bakım süreçlerini güçlendirme potansiyeli taşımaktadır. Bu kapsamda, yapay zekâ tabanlı uygulamaların KOAH yönetimine entegrasyonu; bireyselleştirilmiş bakım, erken müdahale ve hasta katılımının artırılması açısından önemli bir yenilik olarak değerlendirilmektedir. Bu sistematik derleme, KOAH yönetiminde yapay zeka temelli chatbotların etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Gereç ve Yöntemler: Bu sistematik derleme PRISMA bildirgesine uygun olarak yürütülmüştür. 2015–2025 yılları arasında yayımlanmış, Türkçe veya İngilizce tam metin erişimi olan KOAH yönetiminde yapay zekâ temelli chatbotların etkinliğini değerlendiren makaleler Google Akademik, Science Direct, Scopus ve PubMed veri tabanlarından taranmıştır. Literatür seçimi ve veri çıkarımı iki araştırmacı tarafından bağımsız yapılmış; veriler, araştırmacılar tarafından geliştirilen bir araçla özetlenmiştir**.** Kanıt düzeyleri Melnyk ve Fineout-Overholt sınıflamasına göre belirlenmiştir.

Bulgular: Tam metnine ulaşılan dört makale incelenmiştir; bunlardan üçü kesitsel, biri tanımlayıcı tasarıma sahiptir. Üç kesitsel çalışmanın ikisinde en az 10 en fazla 44 chatbot yanıtı değerlendirilmiş, bir kesitsel çalışmada 240 KOAH hastasının yapay zeka temelli chatbotlarda tercih ettiği iletişim tarzları incelenmiş, bir tanımlayıcı araştırmada ise dört yaşlı KOAH hastasında ses tabanlı konuşma ajanlarının etkinliği değerlendirilmiştir. İki kesitsel araştırmanın bulgularına göre; Yapay zekâ temelli chatbotların yanıt doğrulukları ve içerik kaliteleri genel olarak tutarlılık göstermektedir. Diğer kesitsel araştırmada chatbot kullanan katılımcıların çoğu müzakereci ve bilgilendirici tarzı tercih ederken, paternalistik tarz, daha ileri evre KOAH hastalarında daha çok tercih edilmiştir. Tanımlayıcı araştırmada yaşlı KOAH hastaları ses tabanlı konuşma ajanını kabul edilebilir bulmuş ve günlük rutinlerine entegre etmeyi istemiştir.

Sonuç: İncelenen dört kesitsel çalışma, kanıt düzeyi VI olarak değerlendirilmiştir. Mevcut araştırma sayısının sınırlı olması ve özellikle randomize kontrollü çalışmaların yetersizliği, KOAH yönetiminde chatbotların etkinliğine ilişkin kanıtların henüz güçlü olmadığını göstermektedir. Bu nedenle, daha yüksek kanıt düzeyine sahip, geniş örneklemli ve uzun dönemli araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Chatbot, KOAH, kronik hastalık yönetimi, yapay zeka.

EXAMINING THE EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED CHATBOTS IN THE MANAGEMENT OF COPD: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

Introduction and Aim: Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is one of the leading chronic respiratory diseases that poses a serious threat to global human health. Effective management of COPD requires regular monitoring of symptoms, correct administration of pharmacological treatments, and adherence to lifestyle modifications. In this process, nurses play a pivotal role in patient education, supporting treatment adherence, symptom management, and early detection of exacerbations. Currently, artificial intelligence (AI)-based systems, particularly decision support tools and digital platforms facilitating patient monitoring, have the potential to enhance nursing care processes within the healthcare team. In this context, the integration of AI-based applications into COPD management is considered a significant innovation for personalized care, early intervention, and increased patient engagement. This systematic review aims to evaluate the effectiveness of AI-based chatbots in the management of COPD.

Materials and Methods: This systematic review was conducted in accordance with the PRISMA guidelines. Articles published between 2015 and 2025, in Turkish or English, with full-text access, that evaluated the effectiveness of AI-based chatbots in COPD management were searched in Google Scholar, Science Direct, Scopus, and PubMed databases. Literature selection and data extraction were performed independently by two researchers, and the data were summarized using a tool developed by the researchers. Evidence levels were determined according to the Melnyk and Fineout-Overholt classification.

Results: Four full-text articles were included, three of which employed cross-sectional designs and one a descriptive design. In two of the cross-sectional studies, 10 to 44 chatbot responses were evaluated, while in another cross-sectional study, the communication style preferences of 240 COPD patients using AI-based chatbots were analyzed. The descriptive study assessed the effectiveness of voice-based conversational agents in four elderly COPD patients. According to the findings of two cross-sectional studies, AI-based chatbots demonstrated overall consistency in response accuracy and content quality. In the other cross-sectional study, most participants preferred a consultative and informative communication style, while the paternalistic style was more commonly preferred among patients with advanced-stage COPD. In the descriptive study, elderly COPD patients found the voice-based conversational agent acceptable and expressed a desire to integrate it into their daily routines.

Conclusion: The four included studies were assessed as level VI evidence. The limited number of available studies and the lack of randomized controlled trials indicate that the evidence regarding the effectiveness of chatbots in COPD management is not yet robust. Therefore, there is a need for studies with higher levels of evidence, conducted on larger sample sizes, and incorporating long-term follow-up.

Keywords: Chatbot; nursing, COPD, chronic disease management, artificial intelligence.

GİRİŞ

Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH), hava yolları veya alveollerdeki bozukluklara bağlı gelişen, kronik solunumsal yakınmalarla seyreden ve geri dönüşü genellikle sınırlı olan kalıcı bir hava akımı kısıtlanmasıyla karakterize heterojen bir tablodur. Hastalarda sık görülen bulgular arasında nefes darlığı, kronik öksürük ve balgam üretimi bulunur. GOLD raporlarında ilk kez tanımlanan “GETomics” kavramı ise hastalığın ortaya çıkışındaki çok yönlü süreci açıklamaya yönelik yeni bir yaklaşım sunmaktadır.

Bu kavram; G (Gen – genetik özellikler), E (Environment – çevresel etkenler) ve T (Time – zaman) olmak üzere üç temel unsuru içerir. GETomics bakış açısı, bireyin genetik yapısının çevresel maruziyetlerle zaman içinde etkileşime girerek KOAH gelişimine katkıda bulunduğunu ifade eder. Böylece KOAH'ın tek bir nedene bağlı olmayan, gen-çevre-zaman ilişkilerinin dinamik etkileri sonucunda ortaya çıkan bir hastalık olduğunun altı çizilmektedir (GOLD 2023).

Dünya çapında morbidite ve mortalite açısından önde gelen kronik hastalıklardan biri olan KOAH, özellikle ileri yaş gruplarında önemli bir sağlık yükü oluşturmaktadır (Pozza ve ark., 2025). Yetişkin nüfusta prevalansının %10–20 arasında değiştiği ve her yıl yaklaşık 3 milyon ölümden sorumlu olduğu bildirilmektedir. GBD (Küresel hastalık yükü) 2021 verileri de bu durumu doğrulamakta ve KOAH'ın dünya genelinde yaklaşık 210–215 milyon bireyi etkilediğini ortaya koymaktadır (Adeloye ve ark., 2022; Vos ve ark, 2024; Wang ve ark., 2025). Türkiye'de KOAH prevalansı, kullanılan tanı yöntemleri ve çalışma popülasyonlarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Türkiye'de yapılan bir saha uygulaması çalışmasında spirometriye dayalı KOAH prevalansının %5,3 olduğu bildirilmiştir (TÜSEB, 2024). Türkiye'de yapılan ulusal ve bölgesel çalışmalarda, KOAH (COPD) prevalansının % 9,1 ile % 19,1 arasında değiştiği bildirilmiştir (Candemir, 2021). KOAH, tedavi giderleri nedeniyle hem birey hem de sağlık sistemi açısından ciddi ekonomik yük oluşturmaktadır (Harb, Laz, Rabea & Abdelrahim, 2021). Bu yük, Türkiye'de hastalığın ileri dönemlerinde daha belirgin olup, yıllık ekonomik maliyetin yaklaşık 4,7 milyar TL olduğu tahmin edilmektedir (Kahraman & Tülek, 2025).

KOAH, ilerleyici hava yolu obstrüksiyonu, sık alevlenmeler ve fonksiyonel kapasitede azalma ile karakterizedir. Bu durum, hastaların yaşam kalitesini olumsuz etkilerken sürekli izlem ve öz-yönetim gerektiren bir klinik süreç ortaya çıkarmaktadır. KOAH'ın uzun süreli ve dalgalı seyri, karmaşık ve süreğen bakım gerektirmesi dijital sağlık çözümlerine olan ihtiyacı artırmıştır. Özellikle hastalık yönetimi, davranışsal destek, hasta eğitimi gibi alanlarda mobil uygulamalar, akıllı inhaler sistemleri, ve tele-rehabilitasyonun etkinliği gösterilmiştir (D'Ancona ve ark., 2024). Bu teknolojiler içinde, YZ tabanlı chatbotlar öne çıkan araçlardan biri haline gelmiş olup hemşirelik bakımının etkinliğini artırma potansiyeline sahiptir (Chen ve ark., 2025). Bu teknolojiler, hasta ve sağlık profesyoneli arasındaki etkileşimi güçlendirerek tedaviye uyum, alevlenme farkındalığı ve öz-bakım davranışlarını desteklemektedir (Hwang, 2025).

Konuşma tabanlı yapay zeka sistemleri, bu teknolojiler arasında özellikle dikkat çekmektedir. Chatbotlar, doğal dil işleme algoritmaları aracılığıyla kullanıcılarla diyalog kurabilen dijital asistanlardır. Kolay ve sürekli erişilebilir olmaları ve kişiselleştirilmiş bilgi sunmaları gibi pek çok açısından önemli avantajlar sağlamaktadırlar (Chen ve ark., 2024; Si ve ark., 2025). KOAH hastalarında chatbotlar, semptom izleme, ilaç hatırlatmaları, inhaler tekniği eğitimi, egzersiz motivasyonu ve alevlenme riskine yönelik erken uyarı gibi çok çeşitli alanlarda umut vadetmektedir (Merç ve ark., 2026).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, YZ tabanlı chatbotların kronik hastalık yönetiminde hasta memnuniyetini ve öz-yeterlilik düzeyini artırdığını göstermektedir. Hwang (2025) tarafından yürütülen bir çalışmada, konuşma tabanlı yapay zekâ asistanlarının kronik hastalarda öz-bakım farkındalığını ve tedaviye bağlılığı güçlendirdiği saptanmıştır. Benzer şekilde, Jang ve arkadaşları (2021), KOAH hastalarına yönelik kişiselleştirilmiş sohbet ara yüzlerinin hasta bağlılığı üzerinde olumlu etkiler yarattığını ve rehber tabanlı bilgi aktarımını kolaylaştırdığını belirtmiştir. Bununla birlikte, mevcut kanıtların çoğu küçük örneklemde veya kısa süreli çalışmalara dayanmaktadır (Chen ve ark., 2025).

Chatbotların klinik etkinliği kadar, kullanıcı kabulü, etik güvenlik ve sağlık verilerinin gizliliği de tartışılan önemli konulardır. Özellikle yaşlı KOAH hastalarında teknolojiye adaptasyon, dijital okuryazarlık düzeyi ve kullanıcı ara yüzlerinin sadeleştirilmesi gibi faktörler, chatbotların etkin kullanımını belirleyen temel unsurlardır (Si ve ark., 2025). Ayrıca yapay zekâ modellerindeki sınırlı şeffaflık ve algoritmik önyargı olasılığı, sağlık eşitsizliklerini artırma potansiyeli nedeniyle dikkatle ele alınmalıdır (Hwang, 2025).
Bu bağlamda, yapay zekâ temelli chatbotların KOAH yönetiminde etkinliğini değerlendirmek, yalnızca klinik sonuçlar açısından değil; kullanıcı deneyimi, güvenlik, erişilebilirlik ve sağlık sistemlerine entegrasyon boyutları açısından da önemlidir (Pozza ve ark., 2025). Bu sistematik derleme, chatbot temelli yaklaşımların KOAH yönetiminde hangi yönleriyle etkili olduğunu ve gelecekteki çalışmalarda odaklanılması gereken öncelikleri ortaya koymayı amaçlamaktadır.

YÖNTEM

Bu sistematik derlemenin oluşturulma süreci ve raporlamasında PRISMA Bildirgesi (The Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-analysis) kullanılmıştır (Page ve ark., 2021).

Araştırma Sorusunun Belirlenmesi

Araştırma sorusu belirlenirken PICO(S) yöntemi kullanılmıştır. (Eriksen ve Frandsen, 2018)
Araştırma sorusu: “Yapay zeka temelli chatbotların KOAH yönetiminde etkisi var mıdır?”
P (Population): KOAH tanısı almış yetişkin bireyler
I (Intervention): Yapay zekâ temelli chatbotların kullanımı
C(Comparison): Karşılaştırma grubu olma durumuna bakılmaksızın tanımlayıcı ve kesitsel araştırmalar
O (Outcome): KOAH yönetimine ilişkin hasta sonuçları (fizyolojik ve/veya psikolojik) ya da chatbot performansına ilişkin ölçülebilir sonuçlar
S (Study Design): Kesitsel, tanımlayıcı, deneysel veya yarı deneysel araştırma tasarımına sahip çalışmalar.

Tarama Stratejisi

Araştırma, konu ile ilgili yayınların veri tabanlarında Türkçe ve İngilizce anahtar kelimeler kullanılarak taranması ile elde edilmiştir. Anahtar kelimeler oluşturulurken araştırma soruları temel alınmıştır. İngilizce anahtar kelimeler için MeSH (Medical Subjects Headings) ve İngilizce anahtar kelimelerin Türkçe karşılığını oluşturmak için Türkiye Bilim Terimleri (TBT) içeriğinden yararlanılmıştır. Bu amaçla 01.10.2025-19.10.2025 tarihleri arasında GOOGLE AKADEMİK, SCIENCE DIRECT, SCOPUS ve PUBMED veri tabanlarında tarama yapılmıştır. Literatür taramasında “KOAH, kronik hastalık yönetimi, yapay zeka, chatbot” ve İngilizce karşılıkları olan “COPD, chronic disease management, artificial intelligence, chatbot, nursing” kelimeleri “ve, veya, and, or” bağlaçları kullanılarak farklı kombinasyonlar şeklinde uygulanmıştır. Makale seçim süreci Şekil 1’de gösterilmiştir. Yanlılık riskini azaltmak için literatür tarama, makale seçimi ve makalelerin değerlendirilmesi süreçleri iki araştırmacı tarafından bağımsız yapılmıştır.

Dahil Edilme Kriterleri

- 2015-2025 yılları arasında yayınlanmış olması
- Araştırmanın yayın dilinin Türkçe veya İngilizce olması
- Araştırmanın tam metnine ulaşılması
- KOAH yönetiminde yapay zekâ temelli chatbotların etkinliğinin değerlendirilmiş olması

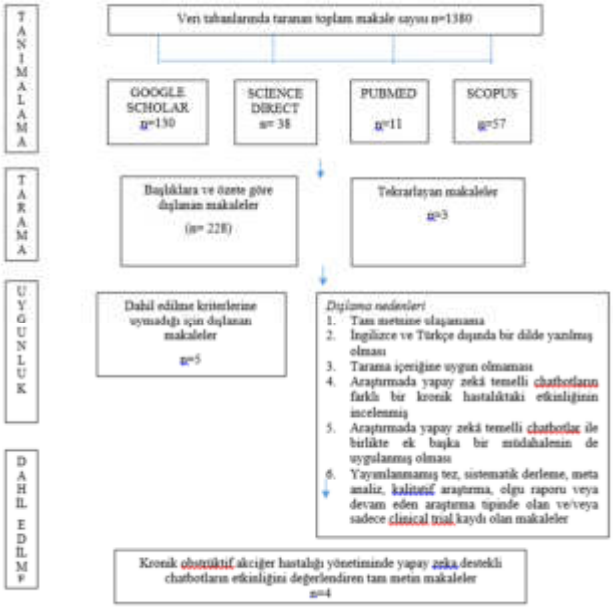
Dışlama Kriterleri

- Tam metnine ulaşamama
- İngilizce ve Türkçe dışında bir dilde yazılmış olması
- Araştırmada yapay zekâ temelli chatbotların farklı bir kronik hastalıktaki etkinliğinin incelenmiş olması
- Araştırmada yapay zekâ temelli chatbotlar ile birlikte ek başka bir müdahalenin de uygulanmış olması
- Kongre bildirisi, yayımlanmamış tez, sistematik derleme, meta analiz, kalitatif araştırma, olgu raporu veya devam eden araştırma tipinde olan ve sadece clinicaltrials. gov'da kaydı olan araştırmalar bu sistematik derlemenin kapsamına alınmamıştır.

Araştırma Verilerinin Sunumu

Araştırma verilerinin özetlenmesi ve sunulmasında araştırmacılar tarafından literatüre göre oluşturulan bir veri çekme aracı kullanılmıştır (Büchter, Weise ve Pieper, 2020; Cleres, Rassouli, Brutsche, Kowatsch & Barata, 2021; Gross ve ark., 2021; Merç, Şahbaz Pirinçci ve Cihan, 2025; Yin, Riaz, Sanchez, Mustafa ve Sedeh, 2025). Bu veri çekme aracı kullanılarak araştırmaların yazar/ları, yayınlanma yılı, araştırma tasarımı, müdahale/veri toplama yönetimi, ölçüm/değerlendirme, bulgular ve sonuç kısımlarına ilişkin verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. (Tablo 1).

Araştırmaların Kalitesinin Değerlendirilmesi Sistematik derlemeye dahil olan tüm araştırmaların kalitesi Joanna Briggs Institute tarafından kesitsel araştırmalar için yayınlanan sekiz maddeli kontrol listesine göre incelenmiştir (JBI, 2020). Melnyk ve Fineout-Overholt'un (2011) hemşirelik ve sağlık alanında belirttiği kanıt düzeyi sınıflaması kullanılarak her bir araştırma için kanıt düzeyi sınıflaması yapılmıştır. Araştırmaların kanıt düzeyleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. PRISMA Akış şeması

BULGULAR

Sistematik derlemede incelenen dört çalışma (üç kesitsel, biri tanımlayıcı) Tablo 1'de özetlenmiştir. Kesitsel çalışmalardan ikisinde 10–44 chatbot yanıtı değerlendirilmiş, bir çalışmada 240 KOAH hastasının yapay zekâ temelli chatbotlarda tercih ettiği iletişim tarzları incelenmiş, tanımlayıcı çalışmada ise dört yaşlı KOAH hastasında ses tabanlı konuşma ajanlarının etkinliği değerlendirilmiştir. Tüm çalışmaların kanıt düzeyi VI olup, Joanna Briggs Institute kesitsel araştırmalar kontrol listesine göre araştırmaların kalite puanları 6–8 arasında yer almıştır.

Yapay zekâ temelli chatbotların yanıt doğrulukları ve tekrarlanabilirliği genel olarak olumlu bulunmuştur. Yin ve ark.'nın (2025) çalışmasında ChatGPT, KOAH ile ilgili sorulara yaklaşık %20 tam doğru, %80 kısmen doğru yanıt verirken, yanıtların tekrarlanabilirliği %93 olarak belirlenmiştir. Merç ve ark.'nın (2025) çalışmasında ChatGPT, Gemini ve DeepSeek karşılaştırılmış; yanıtlar genel olarak doğru olmakla birlikte, bazı sorularda DeepSeek daha iyi okunabilirlik sağlamış ve Gemini bazı sorularda daha akademik yanıtlar üretmiştir. Bu çalışmada hem doğruluk hem okunabilirlik değerlendirmesi birlikte ele alınmıştır. Genel olarak, üç yapay zeka chatbotunun da sorulara benzer kalitede yanıtlar verdiği belirtilmiştir.

Kullanıcı deneyimi ve kabul edilebilirlik açısından, Cleres ve ark. (2021) ses tabanlı ajanları yaşlı KOAH hastalarının günlük rutinlerine kolayca entegre ettiklerini ve kabul edilebilir bulduklarını rapor etmiştir. Gross ve ark. (2021) ise hastaların farklı etkileşim tarzlarını tercih ettiğini ve kişiselleştirilmiş etkileşimlerin uyumu artırabileceğini göstermiştir; Yaş, hastalık süresi ve teknolojiye yatkınlık, etkileşim kalitesini etkileyen belirleyici faktörler olarak öne çıkmıştır.

Genel olarak, sistematik inceleme kapsamındaki çalışmalar, KOAH yönetiminde yapay zekâ tabanlı chatbot ajanlarının destekleyici bir rol oynayabileceğini göstermektedir. YZ tabanlı araçlar, hem doğruluk hem de kullanıcı deneyimi açısından olumlu geri bildirimler almış, okunabilirlik ve etkileşim kalitesi genel olarak yüksek bulunmuştur (Yin ve ark., 2025; Merç ve ark., 2025; Cleres ve ark., 2021; Gross ve ark., 2021). Bulgular, dijital müdahalelerin KOAH hasta eğitimi, izlemi ve özyönetiminin desteklenmesinde klinik uygulamalara tamamlayıcı araçlar olarak entegre edilebileceğini, ancak bu müdahalelerin sağlık profesyonelleri tarafından doğrulanmasının kritik önem taşıdığını göstermektedir.

Tablo 1. Sistematik Derlemede Yer Alan Araştırmaların Özellikleri

Yazar ve yıl	Amaç	Araştırmanın tasarımı	Müdahale/Veri toplama yönetimi	Ölçüm /Değerlendirme	Bulgular	Sonuç	Kanıt düzeyi/ JBI
Yin, Riaz, Sanchez, Mustafa ve Sedeh, 2025	ChatGPT (4) AI chatbot'unun, KOAH hastalarının sıkça sorduğu sorulara verdiği yanıtların doğruluk ve tekrarlanabilirliğini n değerlendirilmesi	Kesitsel	- 44 hasta odaklı KOAH sorusu seçildi ve uzman hekimlerce doğrulandı. - Her soru ChatGPT'ye üç kez farklı hesaplarla soruldu. - İki veya daha fazla kez tekrar eden çoğunluk yanıtları belirlendi ve iki hekim tarafından yapılandırılmış bir rubrikle değerlendirildi; anlaşmazlık durumunda üçüncü hekimle konsensüs sağlandı.	Yanıtlar üç kategoride sınıflandırıldı: 1. Doğru (pratik rehberlere uygun tam yanıt) 2. Kısmen doğru (bazı bilgiler eksik ama temel noktalar doğru) 3. Yanlış (yanıltıcı veya yanlış bilgi) Ayrıca yanıtların tekrarlanabilirliği ölçüldü.	- Ortalama doğruluk skoru: 0.61 ± 0.14 - Tam doğru: %20.5 (9/44) - Kısmen doğru: %79.5 (35/44) - Yanlış: %0 - Yanıtların tekrarlanabilirliği: %93.2 (41/44)	-ChatGPT, KOAH ile ilgili sorulara tutarlı yanıtlar verebilmiştir, ancak tek başına hasta eğitimi aracı olarak yeterli değildir. -Yanıtların eksik ve basitleştirilmiş olması potansiyel yanlış bilgi riskine işaret etmektedir. -ChatGPT, KOAH yönetiminde tamamlayıcı bir araç olarak kullanılabilir, ancak mutlaka sağlık profesyonelleri tarafından doğrulanmalıdır.	VI/6
Cleres, Rassouli, Brutsche, Kowatsch & Barata, 2021	KOAH hastalarında uzaktan hasta izlemede (Remote Patient Monitoring, RPM) yapay zeka temelli ses tabanlı konuşan ajanların (Voice-based Conversational Agents, VCA) potansiyelinin araştırılması ve yaşlı hastalar için uygunluğunun değerlendirilmesi	Tanımlayıcı	-"Lena" adındaki VCA sistemi hastalara tanıtılmış ve kullanımı sağlanmıştır. -Lena, hastaların günlük sağlık durumlarını belirlemek için 10 semptom ile ilgili soru sormuştur. -Katılımcılar, sistemle etkileşim kurarak geri bildirim sağlamış ve sistemin kabul edilebilirliği değerlendirmiştir.	-Katılımcıların sistemin kabul edilebilirliği ve sistemi günlük rutinlerine entegre etme konusundaki istekliliği aşağıdaki parametrelere ilişkin sorularla değerlendirilmiştir. • Algılanan Kullanım Kolaylığı • Algılanan Eğlence • Kullanım Niyeti • Algılanan Kullanışlılık / Faydalanabilirlik • Göreli Avantaj • Teknolojiye Yatkınlık / Teknolojiye İlgi	-Katılımcıların tümü sistemi günlük olarak kullanabileceklerini düşündüğünü belirtmiştir. -Hastalar sistemi kabul edilebilir bulmuş ve günlük rutinlerine entegre etmeyi istemiştir. -Sistem, özellikle eller serbest kullanım gibi özellikleriyle yaşlı hastalar için çekici bulunmuştur. -Ses tabanlı konuşan ajanlar, COPD hastalarında uzaktan hasta izlemi için uygulanabilir ve kabul edilebilir bir araçtır. -Özellikle yaşlı kullanıcılar için tasarımın basit, güvenli ve günlük kullanıma uygun olması, sistemin benimsenmesini artırmıştır.	-Bu çalışmada, ses tabanlı konuşma aracının (Lena) KOAH yönetiminde uzaktan hasta izlemi için uygulanabilir ve kabul edilebilir bir dijital çözüm olduğu saptanmıştır. -Sistemin uzun vadeli etkinliği ve klinik uygulamalara entegrasyonu değerlendirilmelidir.	VI/6

Gross ve ark., 2021	**KOAH hastalarının, sağlık hizmeti sunan yapay zekâ destekli konuşma ajanlarıyla etkileşimlerinde tercih ettikleri iletişim tarzlarını belirlemek ve bu tercihleri etkileyen faktörleri incelemek.**	**Kesitsel**	**-1. Çalışma: 117 KOAH hastasına anket uygulanarak dört farklı etkileşim tarzına (paternalistik, bilgilendirici, yorumlayıcı, müzakereci) yönelik tercihleri sorgulanmıştır.** **-2. Çalışma: 123 KOAH hastası çevrimiçi ortamda iki etkileşim tarzı (paternalistik ve müzakereci) ile etkileşime sokularak deneysel senaryolar üzerinden geri bildirim vermeleri istenmiştir.** **-Sosyodemografik ve hastalıkla ilişkili değişkenler moderatör olarak değerlendirililmiştir.**	**-Sosyodemografik veriler Hastalığa ilişkin veriler (GOLD evre vb.)** **- Etkileşimle ilişkili veriler: değişime isteklilik, ilişki kalitesi, etkileşimi sürdürme niyeti ve çalışma işbirliği**	**-Çalışma 1'de katılımcıların çoğu müzakereci (n=50) ve bilgilendirici (n=34) tarzı tercih etti.** **-Paternalistik tarz, daha ileri evre KOAH (GOLD 3/4) hastalarında daha çok tercih edildi.** **-Çalışma 2'de, genç katılımcılar ve daha yeni tanı alan bireyler, müzakereci tarzda çalışan konuşma ajanlarıyla daha yüksek etkileşim kalitesi bildirdi.** **-Yaş ve hastalık süresi, tercih edilen etkileşim tarzı ile etkileşim kalitesi arasındaki ilişkiyi anlamlı biçimde etkiledi.**	**Yaş ve hastalık deneyimi, hastaların konuşma ajanları ile hangi iletişim tarzını tercih edeceğini ve etkileşim kalitesini belirleyen önemli faktörlerdir.** **Bulgular, kişiselleştirilmiş sağlık hizmeti sunan konuşma ajanlarının tasarımında hasta özelliklerine uygun etkileşim biçimleri oluşturmanın, uzun dönem bağlılık ve sağlık davranışlarını artırabileceğini göstermektedir.**	**VI/8**
Merç, Şahbaz Pirinçci ve Cihan, 2025	Bu çalışmanın amacı, **ChatGPT, Gemini ve DeepSeek'in KOAH ile ilgili sağladığı bilgilerin okunabilirliğini ve doğruluğunu** değerlendirmektir.	Kesitsel	KOAH ile ilgili en sık sorulan 10 soru, üç yapay zeka chatbotu (ChatGPT-4 Turbo, Gemini 2.0 Flash, DeepSeek R1) kullanılarak İngilizce yanıtlanmıştır.	-Yanıtların okunabilirliği, Flesch-Kincaid Grade Level (FKGL) ile değerlendirilmiştir. -Bilgi kalitesi, beş fizyoterapist tarafından rehberler doğrultusunda analiz edilmiştir. -Yanıtlar, "açıklama gerektirmeyen mükemmel yanıt"tan "önemli açıklama gerektiren yetersiz yanıt"a kadar 4 puanlı bir sistemle derecelendirilmiştir.	-Genel olarak, üç yapay zeka chatbotu da sorulara benzer kalitede yanıtlar vermiştir. Ancak Gemini soru 4 için istatistiksel olarak daha yüksek kalite yanıt sağlamıştır ($p < 0,05$). -Yanıtların okunabilirliği açısından, DeepSeek, 5, 8, 9 ve 10. sorularda; ChatGPT ve Gemini'e kıyasla daha iyi performans göstermiştir. -Gemini, daha fazla soruda daha karmaşık ve akademik düzeyde yanıtlar üretmiştir.	-ChatGPT, Gemini ve DeepSeek, KOAH ile ilgili sık sorulan hasta sorularına kanıta dayalı yanıtlar sağladı. -DeepSeek, birçok soruda daha iyi okunabilirlik performansı gösterdi. -YZ tabanlı chatbotlar, gelecekte KOAH hasta eğitimi ve hastalık yönetimi için değerli bir klinik araç olarak kullanılabilir.	VI/6

SONUÇ

Bu sistematik derlemede incelenen dört çalışma, KOAH yönetiminde yapay zekâ temelli chatbotların potansiyel katkılarını ortaya koymakla birlikte, mevcut kanıtların büyük ölçüde kesitsel tasarımlara dayanması ve tüm çalışmaların kanıt düzeyinin VI olarak değerlendirilmesi, bu alandaki bilimsel temelin henüz başlangıç aşamasında olduğunu göstermektedir. Çalışmalarda dijital araçların yanıt doğruluğu, kullanıcı memnuniyeti ve etkileşim kalitesi yönünden olumlu sonuçlar elde edilmiş olsa da, bu bulguların genellenebilirliği sınırlıdır. Örneklem büyüklüklerinin küçük olması, uzun dönemli etkilerin değerlendirilmemesi ve klinik sonuç ölçütlerinin yeterince kullanılmaması, chatbotların KOAH hastalarının öz yönetim becerileri, alevlenme yönetimi, tedavi uyumu veya yaşam kalitesi üzerindeki gerçek etkilerini ortaya koymayı güçleştirmektedir.

Hemşirelik disiplini açısından, yapay zekâ temelli chatbotlar KOAH yönetiminde hasta eğitimi, öz yönetim becerilerinin güçlendirilmesi ve semptom takibinin sürekliliğinin sağlanması gibi bakım süreçlerinin çeşitli yönlerini destekleme potansiyeline sahiptir. Bu tür dijital yaklaşımlar, hemşireler ve sağlık ekibi üyelerinin hastaların günlük klinik durumlarını daha sistematik ve zamanında izlemelerine, riskli durumların erken belirlenmesine ve multidisipliner bakım planlarının etkin ve bütüncül biçimde yapılandırılmasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, mevcut literatürün sınırlı olması, chatbotların hasta bakımına entegrasyonuna ilişkin kanıtların henüz yeterince güçlü olmadığını göstermektedir.

Bu nedenle, gelecekte yapılacak araştırmaların randomize kontrollü tasarımlar kullanması, farklı chatbot türlerini karşılaştırması, gerçek yaşam koşullarında uzun dönemli kullanım etkilerini incelemesi ve klinik sonuçlara yönelik ölçümler içermesi önemlidir. Ayrıca kullanıcı profili, yaş, dijital okuryazarlık, hastalık şiddeti gibi faktörlerin, chatbot etkinliği üzerindeki aracılık edici rolünü ortaya koyan daha kapsamlı analizlere ihtiyaç vardır. Teknolojinin sürekli gelişmesi göz önünde bulundurulduğunda, yapay zekâ tabanlı araçların KOAH bakımına entegrasyonu umut verici görülmekle birlikte, bu entegrasyonun güvenli, etik ve hasta güvenliğini önceleyen bir çerçevede gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak, mevcut çalışmalar chatbotların bakım yönetiminin pek çok alanında destekleyici bir rol üstlenebileceğini işaret etse de, klinik uygulamalarda yaygın kullanım için daha yüksek kalitede, güçlü metodolojiye sahip bilimsel kanıtların oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Literatürde KOAH yönetiminde yapay zekâ temelli chatbotlara ilişkin araştırmaların sınırlı olması, sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Dahil edilen çalışmaların tamamı kesitsel veya tanımlayıcı tasarıma sahip olup kanıt düzeyi VI'dır; bu durum elde edilen bulguların gücünü azaltmaktadır.

Tarama süreci belirli veri tabanları, belirli diller ve 2015–2025 yılları ile sınırlandırılmıştır. Bu nedenle, farklı veri tabanlarında yer alan, diğer dillerde yayımlanan veya bu tarih aralığı dışında kalan potansiyel çalışmalar derlemeye dahil edilmemiş olabilir.

Dahil edilen çalışmalar arasında yöntemsel heterojenlik bulunmaktadır. Çalışmalarda kullanılan chatbotların özellikleri, ölçüm araçları, değerlendirme yöntemleri ve örneklem büyüklükleri birbirinden farklıdır. Bu, çalışmalar arasında karşılaştırma yapmayı güçleştirmiştir. Ayrıca çalışmaların çoğunun kısa süreli ve küçük örneklemli olması, chatbotların KOAH yönetimindeki uzun dönemli etkilerinin belirlenmesini güçleştirmektedir.

KAYNAKÇA

1. Adeloye, D., Chua, S., Lee, C., Basquill, C., Papana, A., Theodoratou, E., … Rudan, I. (2022). *Global and regional prevalence of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in 2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study.* The Lancet Respiratory Medicine, 10(5), 447–458. https://doi.org/10.1016/S2213-2600(21)00511-7

2. Büchter, R. B., Weise, A., & Pieper, D. (2020). *Development, testing and use of data extraction forms in systematic reviews: A review of methodological guidance.* BMC Medical Research Methodology, 20, 259. https://doi.org/10.1186/s12874-020-01143-3

3. Candemir, İ. (2021). *The narrative review of chronic obstructive pulmonary disease management in Turkey: Medical treatment, pulmonary rehabilitation and endobronchial volume reduction.* Journal of Thoracic Disease, 13(6), 3907–3917. https://doi.org/10.21037/jtd-20-2271

4. Chen, J., Zhu, L., Mou, W., et al. (2024). *Standardized testing and assessment guidelines for evaluating generative AI reliability.* IMetaOmics, 1, e7. https://doi.org/10.1002/imo2.7

5. Chen, Z., Hao, J., Sun, H., et al. (2025). *Applications of digital health technologies and artificial intelligence algorithms in COPD: Systematic review.* BMC Medical Informatics and Decision Making, 25, 77. https://doi.org/10.1186/s12911-025-02870-7

6. D'Ancona, G., Kostikas, K., & Chan, A. (2024, August 29). *Digital health, AI and smart inhalers in COPD management.* European Respiratory Society. https://www.ersnet.org/news-and-features/news/cme-online-digital-health-ai-and-smart-inhalers-in-copd-management/

7. Eriksen, M. B., & Frandsen, T. F. (2018). The impact of patient, intervention, comparison, outcome (PICO) as a search strategy tool on literature search quality: A systematic review. *Journal of the Medical Library Association, 106*(4), 420–431. https://doi.org/10.5195/jmla.2018.345

8. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. (2023). *Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD: 2023 report.* (Erişim tarihi: 06.05.2025). https://goldcopd.org/2023-gold-report-2/

9. Harb, H. S., Laz, N. M., Rabea, H., & Abdelrahim, M. E. (2021). *Prevalence and determinants of inhaler misuse among COPD patients using common inhaler devices.* International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 16, 1475–1486.

10. Hwang, M. (2025). *AI applications for chronic condition self-management: A conversational AI example.* Journal of Telemedicine and Telecare. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438887125005138

11. Jang, J. E., Kim, S., & Lee, H. Y. (2021). *Personalization of conversational agent–patient interaction styles in COPD patients.* Journal of Medical Internet Research, 23(5), e26643. https://www.jmir.org/2021/5/e26643/

12. Joanna Briggs Institute. (2020). *Checklist for analytical cross sectional studies.* JBI Critical Appraisal Tools. https://jbi.global/critical-appraisal-tools

13. Kahraman, B. Y., & Tülek, Z. (2025). *Değişen dünyada KOAH hastalarında pulmoner rehabilitasyon ve hemşirenin rolü.* Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 12(1), 167–175.

14. Melnyk, B. M., & Fineout-Overholt, E. (2011). *Making the case for evidence-based practice and cultivating a spirit of inquiry.* In B. M. Melnyk & E. Fineout-Overholt (Eds.), *Evidence-Based Practice in Nursing and Healthcare: A Guide to Best Practice* (2nd ed., pp. 3–24). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins.

15. Merç, P., Arslan, A., & Diri, B. (2026). *Evaluation of AI chatbots for patient education and self-management in COPD.* Heart & Lung. https://www.heartandlung.org/article/S0147-9563%2825%2900187-6

16. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., … Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews.* BMJ, 372, Article n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

17. Pozza, M., Navarin, N., Sakkalis, V., & Gabrielli, S. (2025). *AI methods and digital intervention strategies for predicting and managing COPD exacerbation: An umbrella review.* Preprints.org, 202510.0651. https://www.preprints.org/manuscript/202510.0651/v1/

18. Si, Y., Albarqouni, L., & Bohlmann, J. T. (2025). *Quality, safety, and disparities of AI chatbots in managing chronic disease.* GLO Discussion Paper Series, 1665. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/325473/1/GLO-DP-1665.pdf

19. TÜSEB (Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı). (2024). *Türkiye Ulusal Sağlık Hizmetleri Değerlendirme Raporu.* https://files.tuseb.gov.tr/tuhke/files/yayinlar/2024-11-29-08-21-14.pdf

20. Vos, T., Lim, S. S., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abbasi, M., Abbasifard, M., … Murray, C. J. L. (2024). *Global burden of chronic obstructive pulmonary disease and its attributable risk factors in 2021: An analysis of the Global Burden of Disease Study 2021.* Respiratory Research, 25, Article 2. https://doi.org/10.1186/s12931-024-03051-2

21. Wang, Z., Lin, J., Liang, L., et al. (2025). *Global, regional, and national burden of chronic obstructive pulmonary disease and its attributable risk factors from 1990 to 2021: An analysis for the Global Burden of Disease Study 2021.* Respiratory Research, 26, 2. https://doi.org/10.1186/s12931-024-03051-2

KOAH'LI HASTALARDA SEMPTOM YÖNETİMİ: SEMPTOM YÖNETİMİ BİLİMİ PERSPEKTİFİNDEN

Şerife ALICI
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlı Bilimleri Enstitüsü, İç Hastalıkları Hemşireliği
ORCID: 0009-0004-5863-4054

Prof. Dr. Hatice TEL AYDIN
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlı Bilimleri Enstitüsü, İç Hastalıkları Hemşireliği
ORCID: 0000-0002-1518-8080

ÖZET
Semptom yönetimi, özellikle kronik hastalık bakımında hemşirelik biliminin ve klinik uygulamalarının temel bir bileşenini oluşturmaktadır. Semptom yönetiminde uzun yıllar tekil semptomlara odaklanılmıştır. Ancak artan kanıtlar, hastaların sıklıkla birden fazla eş zamanlı ve birbiriyle ilişkili semptom yaşadığını, bunların kümelenerek hastalığın yükünü artırdığını göstermektedir. Bu anlayış semptom biliminin küme temelli bir bakış açısına doğru ilerlemesini sağlamış, semptomların etkileşimli doğasını, ortak mekanizmalarını, bunların hastanın işlevselliği ve yaşam kalitesi üzerindeki kümülatif etkilerini ele almanın gerekliliğini ortaya koymuştur. Mevcut hemşirelik modelleri semptom deneyimini, etkileyen faktörleri ve sağlık sonuçlarını açıklamak için kavramsal bir temel sağlamaktadır. Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH), semptom kümeleme biliminin özellikle klinik açıdan önemli olduğu bir sağlık sorunudur. KOAH'lı bireyler genellikle nefes darlığı, öksürük, balgam, yorgunluk, anksiyete, depresyon ve uyku bozuklukları yakınmaları yaşamaktadırlar. Bu semptomlar sıklıkla birlikte ortaya çıkmakta ve toplu olarak günlük işlevsellik, duygusal refah ve tedaviye uyum üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Ortaya çıkan kanıtlar, entegre davranış stratejileri, yapılandırılmış egzersiz programları, psikolojik destek ve uzaktan izleme gibi semptom kümelerine yönelik hemşirelik müdahalelerinin semptomların hafifletilmesini, hastalık öz yönetiminin güçlendirilmesini ve hastaneye tekrarlı yatışların azaltılmasını sağlayabileceğini göstermektedir. Bu makalede, semptom yönetimi ve semptom kümesi kavramları temel hemşirelik kavramları eşliğinde semptom yönetimi bilimi perspektifinden ele alınmış ve KOAH yönetiminde semptom kümesi değerlendirme yaklaşımını kullanmanın önemine vurgu yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: KOAH, semptom bilimi, semptom yönetimi, semptom kümesi, hemşirelik.

SYMPTOM MANAGEMENT IN PATIENTS WITH COPD: FROM THE PERSPECTIVE OF SYMPTOM MANAGEMENT SCIENCE

ABSTRACT
Symptom management is a fundamental component of nursing science and clinical practice, particularly in chronic disease care. For many years, symptom management focused on single symptoms. However, increasing evidence demonstrates that patients frequently experience multiple simultaneous and interrelated symptoms, which cluster and increase the burden of illness. This understanding has led to a shift in symptomology toward a cluster-based perspective, highlighting the need to address the interactive nature of symptoms, their shared mechanisms, and their cumulative impact on patient functioning and quality of life. Current nursing models provide a conceptual foundation for explaining symptom experience, influencing factors, and health outcomes.

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is a health problem in which symptom clustering is particularly clinically relevant. Individuals with COPD often experience shortness of breath, cough, sputum production, fatigue, anxiety, depression, and sleep disturbances. These symptoms frequently co-occur and, collectively, negatively impact daily functioning, emotional well-being, and treatment adherence. Emerging evidence suggests that nursing interventions targeting symptom clusters, such as integrated behavioral strategies, structured exercise programs, psychological support, and remote monitoring, can alleviate symptoms, enhance disease self-management, and reduce repeat hospitalizations. This article examines the concepts of symptom management and symptom clusters from a symptom management science perspective, drawing on core nursing concepts, and emphasizes the importance of using a symptom cluster assessment approach in COPD management.
Keywords: COPD, symptom science, symptom management, symptom cluster, nursing.

GİRİŞ

Semptomlar, sağlık bakımından hayati öneme sahip olan ve hastaların deneyimlediği normal işleyişteki değişimin algılanan göstergeleridir (Lenz vd., 1997). Semptomlar bir bakıma sağlık tehditlerinin kırmızı bayrakları olarak değerlendirilir (Mathew vd., 2021). Semptom yönetimi hemşirelik biliminin temel bir alanıdır ve Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Hemşirelik Araştırmaları Enstitüsü'nün öncelikli çalışma alanlarından biridir (Von Ah, 2022). Semptomların bir arada görüldüğü durumlar "semptom kümesi" olarak adlandırılmaktadır (Kim vd., 2005; Finamore vd., 2021). Semptomların tekil olarak ele alınması yerine, birlikte görüldüğü ve hastayı çok boyutlu etkilediği semptom kümeleri şeklinde değerlendirilmesi, hemşirelik uygulamaları açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Barsevick, 2016; Finamore vd., 2021).

Semptom bilimi bireylerin yaşadığı semptomların biyolojik, psikolojik ve sosyal süreçlerle etkileşimini anlamaya, bu semptomları tanımlamaya, ölçmeye ve yönetmeye yönelik sistematik bir araştırma alanıdır (Lenz vd., 1995). Bu bilim dalı, hemşirelik araştırmalarında bireyin semptom deneyimini merkeze alarak sağlık sonuçlarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Dodd vd., 2001). Semptom bilimi kapsam olarak semptomların nedenlerini, ortaya çıkış biçimlerini, bir arada görülen semptom kümelerini ve bu kümelerin bireyin yaşam kalitesi üzerindeki etkilerini incelemektedir (Miaskowski vd., 2017). Semptom biliminin temel mesajı semptomların yalnızca hastalığın göstergesi değil, aynı zamanda bireyin bütüncül sağlık durumunu yansıtan karmaşık bir olgu olduğudur (Gapstur, 2007). Semptom biliminin başlıca bileşenlerini; semptom deneyiminin tanımlanması, semptom kümelerinin belirlenmesi, biyobelirteçlerin araştırılması, semptom yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve bu yaklaşımların klinik uygulamaya entegrasyonu oluşturmaktadır (Lenz vd., 1995; Dodd vd., 2001; Miaskowski vd., 2017; Fei vd., 2022). Böylece semptom bilimi hasta merkezli bakımın güçlendirilmesine ve kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Gasptur, 2007).

Semptom bilimi ile semptom yönetimi kavramları birbirini tamamlayan ancak farklı odaklara sahip iki temel araştırma ve uygulama alanıdır (Lenz vd., 1995; Mathew vd., 2021). Semptom yönetimi kavramını kısaca tanımladıktan sonra ikisi arasındaki farkı açıklamak uygun olur. Semptom bilimi, semptom yönetimi uygulamalarına kuramsal bir temel oluşturarak bireylerin yaşadığı semptomların önlenmesi, hafifletilmesi ve etkilerinin azaltılması için kanıta dayalı stratejiler geliştirilmesini sağlamaktadır (Dodd vd., 2001). Dolayısıyla semptom bilimi ve semptom yönetimi arasında döngüsel bir ilişki bulunmaktadır (Gasptur, 2007). Semptom bilimi tek semptom odaklı yaklaşımlardan farklı olarak semptomların çok boyutlu, etkileşimli ve bireye özgü doğasını vurgulamaktadır (Kim vd., 2005).

Semptom bilimi, semptom kümeleri ve biyobelirteçlerle semptomların nedenlerini ve etkileşim mekanizmalarını derinlemesine anlamayı hedefleyerek kişiselleştirilmiş semptom yönetimi stratejilerinin geliştirilmesini desteklemektedir (Lenz vd., 1995; Dodd vd., 2001). Dolayısıyla semptom bilimi semptom yönetiminde tek boyutlu yaklaşımdan çoklu, dinamik ve bireyselleştirilmiş bakım anlayışına geçişin temelini oluşturmaktadır (Miaskowski vd., 2017).

Semptom kümesi, semptomların sıklıkla bir arada ve etkileşim içinde ortaya çıktığını, dolayısıyla bu semptomların bütüncül biçimde değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktır (Dodd vd., 2001; Kim vd., 2005). Tek bir semptoma odaklanmak yerine semptom kümeleriyle çalışmak, semptomların ortak biyolojik mekanizmalarını ve ortaklaşan patofizyolojik süreçlerini ortaya koyarak bu etkileşimlerin bireyin yaşam kalitesi üzerindeki birleşik etkilerini daha bütüncül biçimde anlamayı sağlamaktadır (Miaskowski vd., 2017). Bu yaklaşım, hem araştırma hem de klinik uygulamada daha gerçekçi ve kapsamlı bir değerlendirme sağlamakta ve çoklu semptomların aynı anda hedeflenmesine, daha etkili müdahale stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Dodd vd., 2001; Kim vd., 2005). Ayrıca semptom kümesi yaklaşımı, semptomlar arasındaki nedensel ilişkileri ve bu ilişkilerin biyobelirteçlerle bağlantılarını ortaya çıkararak kişiselleştirilmiş semptom yönetimi anlayışını güçlendirmektedir (Finamore vd., 2021). Böylece semptom kümesi temelli çalışmalar, hastalık deneyiminin karmaşık yapısını daha net ortaya koyarak hasta merkezli bakımın güçlendirilmesine katkı sağlayan önemli bir bilimsel dönüşüm sunmaktadır (Fei vd., 2022; Harris vd., 2022).

Kronik hastalıkların yönetiminde, hastaların çoklu semptomlar deneyimlemesi yaygın bir durumdur (Shofany, 2017). Çalışmalar kronik hastalığı olan bireylerde semptomların tek başına değil genellikle bir arada ve etkileşim içinde ortaya çıktığını göstermektedir (ALHosni vd., 2023; Harris vd., 2022; Finamore vd., 2021). Semptom kümesi yaklaşımı tekil semptomlara odaklanan geleneksel yönetim yaklaşımının ötesine geçilmesini gerektirmektedir. Birden çok semptomun bir arada bulunduğu semptom kümesi adı verilen oluşumların bireyin işlevselliğini daha olumsuz etkilediği ve yaşam kalitesini daha fazla düşürdüğü bildirilmektedir (Miaskowski vd., 2017; Fei vd., 2022). Dolayısıyla hemşirelik ve sağlık bakım hizmetlerinde kronik hastalığı olan bireylerde semptomların birlikte görülme biçimleri, etkileşimleri ve bu etkileşimlerin hasta sonuçlarına etkisi dikkate alınarak bütüncül bir yaklaşım geliştirilmelidir (Dodd vd., 2001; Kim vd., 2005). Bu bağlamda çoklu semptom yakınmalarının değerlendirilmesi ve yönetilmesi kronik hastalığı olan bireylerin bakımında kritik bir gündem maddesidir (Raasthoj vd., 2024). Semptom kümesi yaklaşımının klinik uygulamalara entegre edilmesi hastanın semptom yükünü azaltma, tedaviye uyumunu artırma ve yaşam kalitesini iyileştirme potansiyeli taşımaktadır (Fei vd., 2023; Houben-Wilke vd., 2024). Semptom kümeleri hastaların deneyimini, tedaviye uyumunu ve yaşam kalitesini doğrudan etkilemektedir (Dodd vd., 2001; Fei vd., 2022). Semptom kümesi araştırmaları hastalarda yenilikçi semptom yönetim müdahalelerini destekleyebilecek ampirik bir bilgi birikiminin büyümesini hızlandırma potansiyeline sahiptir (Miaskowski vd., 2017).

KOAH'lı hastalarda semptom kümesi yaklaşımı, semptomların bir arada nasıl kümelendiğini, birbirlerini nasıl etkilediğini ve toplam hastalık yükünü nasıl artırdığını ortaya koyduğu için tercih edilmektedir (Fei vd., 2022). Araştırmalar KOAH hastalarında sıklıkla görülen semptom kümelerinin solunum/enerji kümesi, anksiyete kümesi ve uyku bozukluklarını içeren kümeler olduğunu (Houben-Wilke vd., 2024), bu kümelerin yaşam kalitesi, fonksiyonel durum ve bakım ihtiyacı üzerinde sinerjik olumsuz etkiler yarattığını göstermektedir (Fei vd., 2022).

Güncel kılavuzlar ve semptom yükü çalışmalarının ışığında, semptom kümesi yaklaşımı KOAH yönetiminde semptomların toplam yükünü azaltmaya, tedavi hedeflerini önceliklendirmeye ve hem klinik sonuçları hem de hasta deneyimini iyileştirmeye yönelik pratik bir çerçeve sunmaktadır (Fei vd., 2022; Houben-Wilke vd., 2024; GOLD, 2025). Klinik ortamda hemşireler eş zamanlı olarak ortaya çıkan semptomlar hakkında bilgi sahib oldukları zaman diğer potansiyel ilişkili semptomları öngörebilmektedirler (Fei vd., 2022). Bu, sınırlı hasta-sağlık hizmeti sağlayıcı zamanının daha verimli kullanılmasını sağlamakta ve gözden kaçabilecek semptomları ortaya çıkarabilmektedir (Harris vd., 2022). Bununla birlikte, hemşirelerin bütüncül bir yaklaşımla semptom kümesini/kümelerini daha kolay belirleyebilmelerine ve hastalarının yaşam kalitesini iyileştirmek için etkili semptom yönetimi stratejileri veya öz yönetim müdahale programları geliştirebilmelerine rehberlik etmektedir(Fei vd., 2022; Houben-Wilke vd., 2024).

Semptom Yönetimi

Semptom yönetimi, hastaların yaşam kalitesini artırmak ve tedavi süreçlerini optimize etmek amacıyla semptomların tanınması, değerlendirilmesi ve uygun müdahalelerle kontrol altına alınmasını hedefleyen bir yaklaşımdır (Mathew vd., 2021; Von Ah, 2022; Tanrıkut ve Koç, 2023). Semptom yönetimi teorileri, hemşire araştırmacıların semptom deneyimi içindeki kavramsal ilişkileri organize etmelerine yardımcı olmaktadır (Salvetti vd., 2022). Semptom yönetimi sadece fiziksel belirtilerin değil aynı zamanda psikolojik ve sosyal etkilerin de dikkate alındığı bütüncül bir yaklaşımdır (Gapstur, 2007; Mathew vd., 2021). Özellikle hemşirelik alanında semptom yönetimi uygulamaları hastaların yaşam kalitesini artırmakta ve hastaneye yeniden başvuru oranlarını azaltmaktadır (Von Ah, 2022; Fei vd., 2022). Semptom yönetimi, kapsamlı bir semptom değerlendirmesi yapmayı gerektirmektedir ve bu nedenle güvenilir ve etkili semptom tanılama/değerlendirme araçlarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Jablonski vd., 2007).

Semptom yönetimi teorisi, ilk kez Lenz vd. (1995) tarafından tanımlanmış ve kullanılmıştır. Bu ilk tanımlamada teorinin, bireyin deneyimlediği semptomlar (tekil ya da çoklu semptomlar), semptom deneyiminin doğasını ortaya çıkaran veya etkileyen faktörler ve semptom deneyiminin sonuçları olmak üzere üç temel bileşenden oluştuğu görülmektedir. Semptom deneyimi algı, değerlendirme ve tepkiyi içerirken (Gomes vd., 2019),semptom yönetimi, biyomedikal ve öz kontrol stratejileri aracılığıyla olumsuz sonuçlarla başa çıkabilme yeteneğini içermektedir (Bender vd., 2018). Sonuçlar ise işlevsellik, yaşam kalitesi, maliyetler ve hastalık durumu dahil olmak üzere tüm hasta çıktılarını ifade etmektedir (Salvetti vd., 2022). Her bir bileşen diğerlerini etkilemekte ve diğerlerinden etkilenebilmektedir (Gomes vd., 2019). Semptom yönetimi teorisi daha sonra, University of California, San Francisco (UCSF) Hemşirelik Okulu'ndaki araştırmacılar tarafından güncellenip daha kapsamlı hale getirilmiş ve başlangıçta "UCSF Symptom Management Model" olarak adlandırılmıştır (Dodd vd., 2001). Güncellenen modelin amacı bireylerin semptom deneyimini anlamak, etkileyen faktörleri belirlemek ve semptomların yönetimini sistematik bir biçimde açıklamaktır (Miaskowski vd., 2004). Dodd vd. (2001), semptom yönetimi teorisinde tanımlanan bileşenlerin hemşirelik biliminin birey, çevre ve sağlık/hastalık gibi kavramları içinde yer aldığını bildirmiştir. Semptom yönetimi modeli altı varsayıma dayanmaktadır (Dodd vd., 2001);

1. Bireyin semptom deneyimini kendi algısı ve öz bildirimiyle ifade etmesi semptom değerlendirmesinde altın standartdır.
2. Model yalnızca semptom yaşayan bireylere değil, semptom gelişme riski taşıyan bireylere de uygulanabilmektedir. Bağlamsal faktörler dikkate alınarak müdahale stratejileri semptom ortaya çıkmadan önce başlatılabilmektedir.

3. Sözel iletişim kuramayan bireylerin de semptom deneyimleyebileceği varsayılmaktadır ve bu durumda müdahale sürecinde ebeveyn/bakım verenlerin gözleme dayalı yorumlarının doğru ve geçerli olduğu kabul edilmektedir.
4. Tüm rahatsız edici semptomların uygun biçimde değerlendirilmesi ve yönetilmesi gerekmektedir.
5. Bu model bireye, gruba, aileye veya çalışma ortamına yönelik olabilmektedir.
6. Semptom yönetimi süreci dinamik bir yapıya sahiptir. Bireyin sağlık-hastalık durumu, çevresel etkenler ve hemşirelik bakım alanlarının etkisiyle bireysel sonuçlar sürekli olarak değişime uğrayabilmektedir.

Silva ve arkadaşlarına göre, semptom yönetimi her dönemde hemşirelik uygulamalarının çekirdeğini oluşturmuş ve her zaman bakımın odak noktası olmaya devam etmiştir (Silva vd., 2021). Semptomlar, hastaların sağlık hizmeti aramasının en yaygın nedenidir. Semptomların değerlendirilmesi ve yönetimi hemşirelik uygulamasının bir özelliği olduğu için klinik, araştırma ve politika açısından oldukça önemlidir (Cashion vd., 2016; Silva vd., 2021). Hemşirelikte semptom bilimi, semptomların fizyolojik, davranışsal ve çevresel belirleyicilerini aydınlatma amacıyla geliştirilmiş ve bu özelliğiyle semptom yönetiminin hem araştırma hem de uygulama boyutunu güçlendirmiştir (Kurnat-Thoma vd., 2022). Sistematik derlemeler, randomize kontrollü çalışmalar ve kontrollü klinik çalışmalar semptom yönetimi teorisi ve semptom temelli yaklaşımlara yönelik verilerin hemşirelik bakımını yönlendirmede yaygın olarak kullanıldığını ve bakımın planlanmasında teorik çerçeve sunduğunu göstermektedir (Lin vd., 2019; Wei vd., 2024).

Güncel klinik araştırmalar, hemşire liderliğindeki sistematik semptom yönetimi müdahalelerinin hasta çıktılarını iyileştirmede somut etkileri olduğunu göstermektedir (Wei vd., 2024; Teggart vd., 2024). Hematolojik hastalık tanısı olan hastalara hemşire liderliğinde verilen semptom yönetimi programının hastaların yaşam kalitesi, yorgunluk ve anksiyete düzeylerinde iyileşme sağladığı gösterilmiştir (Pedersen vd., 2025). Kanser bakımında semptom odaklı yaklaşımların onkoloji hemşirelerinin semptom yönetimindeki vazgeçilmez rolünü ortaya koyduğu ve kanıta dayalı uygulamaların hasta bakımını optimize ettiği vurgulanmaktadır (Gobel, 2022). Kılavuzların uygulanmasına yönelik engeller ve kolaylaştırıcı faktörlere ilişkin kapsamlı incelemeler, klinikte semptom yönetiminin sürdürülebilir olması için kurumsal destek ve eğitimin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Teggart vd., 2024).

Semptom yönetim teorileri ve modelleri arasına etkileşim, zaman ve mekanizma kavramlarının eklenmesi semptom kümesinin bilimsel gelişiminde rol oyanayan önemli yapı taşları olmuştur (Barsevick, 2016). Semptom yönetimi bilimi, bireyin semptom deneyimini etkileyen biyolojik, psikolojik, sosyal ve çevresel faktörleri bütüncül biçimde inceleyen; semptomların değerlendirilmesi, mekanizmalarının açıklanması ve etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesine yönelik disiplinler arası bir araştırma alanıdır (Lenz vd., 1995). Semptom yönetimi bilimi geliştikçe semptom kümelemelerini tanımlamak için kullanılan teoriler ve modeller de genişlemiştir (Tanrıkut ve Koç, 2023). Hemşirelikte 1980'lere kadar semptom yönetiminde büyük ölçüde tekil semptomlara (örneğin sadece ağrıya veya yorgunluğa) odaklanılmıştır. Araştırmacılar bu yaklaşımın hastaların yaşadığı karmaşık semptom deneyimini yansıtmadığını fark etmişlerdir (Lenz vd., 1995; Lenz vd., 1997; Dodd vd., 2001; Miaskowski vd., 2004). Rahatsız Edici Semptomlar Teorisi ile birden fazla semptom arasında etkileşim ve/veya sinerji potansiyelini açıkça tanımlanmıştır. Teori, aynı faktörlerden bazılarının birçok farklı semptom deneyimini etkileyebileceğini öne sürerek turarlılıksağlamaya çalışmakta, dolayısıyla benzer müdahaleler birden fazla semptomu hafifletmede etkili olabilmektedir (Lenz vd., 1997).

Rahatsız Edici Semptomlar Teorisi, bireyin deneyimlediği semptomlar, semptom deneyiminin doğasını ortaya çıkaran veya etkileyen faktörler ve semptom deneyiminin sonuçları olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır (Weiss, 2019). Bireyin deneyimlediği semptomlar sağlık hizmetlerinde hayati öneme sahip olup modelin odak noktasıdır (Moore, 2022). Teorinin ilk tanımlanan kapsamında (Lenz vd., 1995) semptomlar tekil olarak değerlendirilse de güncellenen kapsamında semptomların tekil değil, küme olarak değerlendirilmesi gerektiği ve etkileyen faktörler arasında dinamik bir ilişki olduğu vurgulanmaktadır (Lenz vd., 1997). Bazı durumlarda bir semptom diğer bir semptoma yol açabilmekte veya diğer semptomları tetikleyebilmektedir (Weiss vd., 2023). Örneğin, aşırı yorgunluk bulantı, baş dönmesi ve konfüzyon ataklarını tetikleyebilmektedir (Lenz vd., 1997). Birden fazla semptom aynı anda veya toplam semptom yükü olarak birikimli şekilde deneyimlendiğinde genellikle tekil semptomların toplamından daha güçlü olmaktadır (Lenz ve Pugh, 2018). Semptomlar birbirlerinden farklı olsa da şiddet (yoğunluk), sıklık ve algılanan sıkıntı düzeyi (rahatsızlık derecesi) bakımından ortak boyutlara sahiptirler (Blakeman, 2019). Şiddet ya da yoğunluk, yaşanan semptomun gücünü veya miktarını ifade eder. Semptom şiddeti/yoğunluğu klinik araştırmalarda en sık ölçülen semptom boyutu olarak karşımıza çıkmaktadır (Moore, 2022). Semptomlar aynı zamanda değişken bir zaman boyutuyla da karakterize edilebilir (Weiss vd., 2023). Zaman boyutu bir semptomun meydana geldiği zaman aralığını yani sıklığını ifade etmektedir (Blakeman, 2019). Semptom deneyiminin sıkıntı boyutu bireyin bundan ne kadar rahatsız olduğunu ifade etmektedir (Moore, 2022). Yaşam kalitesine en fazla katkıda bulunan boyut sıkıntı boyutdur (Lenz vd., 1997). Yang ve Kang (2018), kalp yetmezliği hastalarında rahatsız edici semptomlar teorisine dayalı olarak öz bakımı değerlendirdikleri bir çalışmada semptom şiddetindeki artışın öz bakım üzerinde dolaylı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Rahatsız edici semptomlar teorisinde belirtilen semptom deneyiminin doğasını ortaya çıkaran veya etkileyen fizyolojik, psikolojik ve durumsal faktörler olmak üzere üç kategori yer almaktadır (Lenz vd., 1997). Bir semptomu etkileyen faktörler, başka bir semptomu etkileyen faktörlerden farklı olabilmektedir (Lenz ve Pugh, 2018). Birden fazla etkileyici faktörün birleşimi veya etkileşimi tek bir faktörden farklı olarak semptom deneyimini etkileyebilmektedir (Moore, 2022). Srivastava ve RM (2021), hemşirelerin fizyolojik, psikolojik ve durumsal faktörleri ve bunların etkileşimlerini değiştirerek rahatsız edici semptomların gelişmesini önlemek ve şiddetini azaltmak için erken müdahalede bulunabileceklerini ve bu yolla hastaların yaşam kalitesini arttırabileceklerini bildirmişlerdir.

Rahatsız edici semptomlar teorisindeki sonuç kavramı performansı ifade etmektedir (Gomes vd., 2019). Bu da semptom deneyiminin sonuçlarını temsil etmektedir (Blakeman, 2019). Teoride, semptom deneyiminin bireyin fiziksel, bilişsel ve sosyal rollerinde işlev görme veya performans yeteneği üzerinde etkili olabileceği öne sürülmektedir (Srivastava ve RM, 2021). Rol performansı, günlük yaşam aktiviteleri ve iş ile ilgili beklentiler de dahil olmak üzere kişisel bakım ve sosyal rolleri yerine getirme yeteneğini ifade etmektedir (Lenz vd., 1997). Yao vd. (2025), kalp yetmezliği hastaları ile yaptıkları bir çalışmada hastalarının öz bakım davranışlarının iyileştirilmesi ve öz yönetim becerilerinin geliştirilmesinin semptom kümeleri üzerinde iyileştirici ve yaşam kalitesini arttırıcı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Rahatsız edici semptomlar teorisinde fizyolojik, psikolojik ve durumsal faktörlerin birbirleriyle etkileşime girdiği ve bir semptomu veya semptom grubunu etkilediği açıklanmaktadır (Srivastava ve RM, 2021). Bu durumda daha çok ilgili faktörler, rahatsız edici semptomlar üzerindeki etkinin artmasına yol açmaktadır (Gomes vd., 2019). Semptomlar üzerindeki etki dört boyut açısından (rahatsızlık, kalite, şiddet, sıklık) ölçülebilmektedir (Srivastava ve RM, 2021); ayrıca bu boyutlar birbirlerinden de etkilenmektedir (Lenz vd., 1997).

Kalite, semptomların çeşitliliğini veya nasıl ortaya çıktıklarını temsil etmektedir ve patolojileri ayırt etmek veya sorunun ciddiyetini belirtmek için kullanılabilmektedir (Blakeman, 2019). Performans fizyolojik, psikolojik ve durumsal faktörler üzerinde karşılıklı bir etkiye sahiptir; yani rahatsız edici semptomlar fizyolojik, psikolojik ve durumsal faktörleri etkilemektedirler (Lenz vd., 1997).

Semptom Kümesi Bilimi

Son yıllarda semptomların tekil olarak değil, bir arada ve etkileşimli şekilde değerlendirilmesi gerektiği anlayışıyla semptom kümesi kavramı ön plana çıkmıştır (Harris vd., 2022). 20. yüzyıldan bu yana modern tıpta belirli semptom kalıplarının bir "sendrom" oluşturduğu veya bir hastalık durumunu karakterize ettiği kabul edilmiştir (Miaskowski vd., 2007). Semptomlara göre kümeleme hastaların sağlık durumu, bakım ihtiyacı ve tedavi tercihlerini belirlemeye yardımcı olmakta ve bakımın planlanmasına yol göstermektedir (Finamore vd., 2021). Semptom kümesi ilk olarak "birbiriyle ilişkili ancak aynı etiyolojiye sahip olması gerekmeyen üç veya daha fazla eşzamanlı semptom" olarak tanımlamıştır (Dodd vd., 2001). Tanım daha sonra "birbiriyle ilişkili ve diğer semptom kümelerinden nispeten bağımsız bir semptom kümesi oluşturan iki veya daha fazla eşzamanlı semptom" olarak revize edilmiştir (Kim vd., 2005). Genellikle hastalığa özgü semptomlar ortak bir altta yatan mekanizmadan kaynaklanmaktadır (Finamore vd., 2021).

Semptom kümesi bilimi, birbiriyle ilişkili semptomların birlikte değerlendirilmesini amaçlayan ve hasta bakımını daha bütüncül bir yaklaşımla ele alan bir araştırma alanıdır (Fei vd., 2022). Bir küme içindeki semptomlar ortak etiyoloji ve varyansa sahip olabilmekte veya ortak bir sonuçla ilişkili olabilmektedir (Miaskowski vd., 2017). Ayrıca semptom kümesi belirli semptomlara sahip hastaların farklı alt gruplarını veya fenotiplerini tanımlamak ve tedavi etmek için de kullanılabilmektedir (Barsevick, 2016). Bu yaklaşım, özellikle onkoloji, kardiyoloji ve psikiyatri gibi alanlarda hastaların deneyimlediği semptomların daha etkin yönetilmesine olanak tanımaktadır (Salvetti vd., 2022; Lin vd., 2025; Breland vd., 2015). Örneğin efor dispnesi, paroksismal nokturnal dispne ve konjestif kalp yetmezliği ile ilişkili yorgunluk semptomları, artmış pulmoner venöz basınç ve azalmış kardiyak outputtan kaynaklanmaktadır (Miaskowski vd., 2007). Bu semptom üçlüsü ile fizik muayenede görülen bulgular (örneğin, pedal ödem) ek laboratuvar analizleri ve tanısal testler yapmaya yönelik planlamalara yön verebilmektedir (Miaskowski vd., 2017). Fenotipik veriler toplandıktan ve değerlendirildikten sonra spesifik bir tanı (örneğin, konjestif kalp yetmezliği) konmakta ve sendrom veya tanıya özgü müdahaleler başlatılmaktadır (Harris vd., 2022).

Semptom kümesi bilimi, semptomların tekil olarak ele alınmasından ziyade aralarındaki etkileşimin anlaşılması yoluyla daha kapsamlı bir hasta değerlendirmesi sunmayı hedeflemektedir (Harris vd., 2022). Özellikle kronik hastalıklarla yaşayan bireylerde görülen birden fazla semptomun eşzamanlı etkisi hem hastaların yaşam kalitesi hem de tedaviye yanıtları açısından kritik öneme sahiptir (Miaskowski vd., 2017). Bu yaklaşım, geleneksel semptom yönetimi modellerinin ötesine geçerek daha hedefe yönelik ve kişiselleştirilmiş müdahale stratejileri geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Fei vd., 2022). Semptom kümeleri faktör analizi, küme analizi veya ağ analizi kullanılarak semptomların kümelenmesi ve hastaların önceden belirlenmiş semptom kümesiyle yaşadıkları deneyime göre alt gruplara ayrılarak (düşük, orta, yüksek) değerlendirilmesi olmak üzere iki farklı yolla oluşturulabilmektedir (Miaskowski vd., 2007).

Semptom kümesi bilimi bakış açısıyla yürütülen araştırmalarda birden fazla semptomun hasta sonuçları üzerindeki etkisini belirlemek ve değerlendirmek amacıyla iki farklı kavramsal yaklaşım kullanılabilmektedir (Miaskowski vd., 2007).

İlk yaklaşım, hastalarda semptom kümelerinin tanımlanmasını içermektedir. İkinci yaklaşım ise belirli bir semptom kümesiyle ilgili hasta deneyimlerine dayanarak hastalarınfarklı alt gruplarını tanımlamayı içermektedir (Harris vd., 2022). İkinci yaklaşımda bir sonraki adım belirli bir semptom kümesiyle farklı deneyimlere sahip bu hasta alt gruplarının önemli klinik sonuçlar açısından farklı olup olmadığını değerlendirmektir. Bu iki yaklaşım da semptom kümesi araştırmalarında eşit derecede değerli ve tamamlayıcı Kabul edilmektedir(Miaskowski vd., 2007).

İlk yaklaşımda, semptom kümelerinin tanımlanması bir semptom envanteri veya semptom değerlendirme aracının (örneğin: Memorial Semptom Değerlendirme Ölçeği) uygulanması ile başlamaktadır (Miaskowski vd., 2007). Semptom kümelerinin sayısı ve türlerini belirlemek için hastaların farklı semptomların varlığı veya yokluğu ya da çeşitli semptomların şiddeti hakkındaki değerlendirmeleri faktör analizi veya kümeleme analizi gibi istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmektedir (Fei vd., 2022). Bu istatistiksel analizlerin herhangi birine dayanarak bir veya daha fazla semptom kümesi deneysel olarak veya yeni baştan türetilmektedir. Semptom kümeleri küme içinde yer alan özel semptomlara göre adlandırılmaktadır (Miaskowski vd., 2017).

İkinci yaklaşımda, ilk adım belirli bir semptom kümesinin (örneğin: ağrı, yorgunluk, uyku bozukluğu, depresyon) tanımlanmasıdır (Fei vd., 2022). Burada semptom kümesi içindeki semptomların seçilme gerekçesi önceden belirtilmelidir (Miaskowski vd., 2017). Belirtilen semptom kümeleri semptomların ortak bir mekanizmayı paylaşması ve/veya hasta sonuçları üzerinde sinerjik etkilerinin olması ile bağlantılı olarak geliştirilebilir (Harris vd., 2022). Semptom kümesinin tanımlanmasının ardından hastaları bir semptom envanteri (örneğin: Memorial Semptom Değerlendirme Ölçeği) veya semptomu değerlendirmeye özgü bir ölçek (örneğin: ağrı için Görsel Analog Skala) kullanarak tanımlamak gerekmektedir (Miaskowski vd., 2007). Hastaların ölçek/lere verdikleri yanıtlar küme analizi kullanılarak analiz edilmektedir (Fei vd., 2022). Bu yöntem bir semptom kümesi ile ilgili hasta deneyimlerine dayalı olarak "hasta alt gruplarını" tanımlamak için kullanılabilmektedir (Miaskowski vd., 2017). Bu istatistiksel yaklaşım bir semptom kümesini şiddetli veya hafif şekilde yaşayabilecek hasta alt gruplarının tanımlanmasına imkan tanımaktadır (Harris vd., 2022). Örneğin, 12 hastadan oluşan örneklemde bir semptom kümesi ile ilgili farklı deneyimlere dayanarak üç farklı hasta alt grubu tanımlanabilir (Miaskowski vd., 2017). Bir alt grup semptom kümesindeki tüm semptomların “hafif” düzeyde olduğu şeklinde, başka bir hasta alt grubu semptom kümesindeki tüm semptomların “orta” düzeyde olduğu şeklinde, üçüncü hasta alt grubu semptom kümesindeki tüm semptomların “şiddetli” düzeyde olduğu şeklinde kategorize edilebilir (Miaskowski vd., 2007). Bu kavramsal yaklaşım daha şiddetli semptom deneyimleri açısından daha yüksek risk altında olan hasta alt gruplarının tanımlanmasına olanak tanımaktadır (Miaskowski vd., 2017).

Klinik çalışmalarda semptom kümelerinin belirlenmesi hangi semptomların birlikte seyretme eğiliminde olduğunu ve hangi çekirdek/tetikleyici semptomların diğerlerini etkileyebileceğini ortaya koyarak hedeflenmiş müdahale noktaları belirlemeye olanak sağlamıştır (Harris vd., 2022; Fei vd., 2023). KOAH (Fei vd., 2023) ve COVID (Floridia vd., 2024) gibi kronik/uzun süreli durumlarda yapılan güncel bazı çalışmalarda; solunum, yorgunluk ve psikolojik semptomları içeren kümelerin sağlıkla ilgili yaşam kalitesini ve işlevselliği sinerjik biçimde azalttığını ve bu kümelere yönelik müdahalelerin tekil semptom hedefli yaklaşımlardan daha yüksek klinik fayda sağlayabileceği bildirilmiştir. Semptom kümesi odaklı klinik uygulama araştırmaları hemşire liderliğinde yürütülen müdahalelerin hasta çıktılarında (örn: yaşam kalitesi, yorgunluk, anksiyete) iyileşme ile ilişkili olduğunu raporlamakta; bununla birlikte uygulamaya taşıma çabalarının sürdürülebilirliği için örgütsel destek, eğitim ve uygulama rehberleri gerektiği vurgulanmaktadır (Houben-Wilke vd., 2024; Teggart vd., 2024).

KOAH ve Semptom Kümeleri

KOAH, küresel mortalite ve morbiditenin başlıca nedenlerinden biri olup dünya genelinde yıllık ölümlerin yaklaşık %5'inden sorumludur (Dünya Sağlık Örgütü, 2024). KOAH prevalansı küresel nüfus yaşlandıkça ve risk faktörleri (örn: tütün, hava kirliliği, mesleki maruziyet) devam ettikçe artış göstermekte; bu durum hastalık yükünün önümüzdeki yıllarda daha da büyüyeceğine işaret etmektedir (Boers vd., 2023). Hastalığın ilerleyici doğası ve alevlenmelerin sık olması acil/hastane başvurularının ve yeniden yatışların artmasına neden olmakta ve sağlık hizmetleri üzerinde sürekli bir talep baskısı oluşturmaktadır (Avustralya Sağlık ve Refah Enstitüsü, 2024). Bu süreçte akut bakım ve hastane yatış giderleri, uzun süreli tedavi-bakım, izlem gereksinimi ve iş gücü kaybı hastalık maliyetini belirleyen başlıca faktörler olarak öne çıkmaktadır (Pham vd., 2024). KOAH'ın sağlık sistemine etkisi yalnızca doğrudan maliyetlerle sınırlı olmayıp hastalık nedeniyle ihtiyaç duyulan birincil bakım, uzaktan izleme ve entegre bakım modellerine yapılan yatırımların da hastalıkla ilişkili maliyeti artırdığı vurgulamaktadır (GOLD, 2025). Entegre hastalık yönetimi programları ve hemşire merkezli bakım paketlerinin akut sağlık hizmeti kullanımını azalttığı, yatış sürelerini kısalttığı ve maliyet etkinlik sağladığı gösterilmiştir (Licskai vd., 2024). Sonuç olarak, KOAH hem bireysel hem de sistem düzeyinde sürdürülebilir bakım modelleri ve erken müdahale stratejileri gerektiren, sağlık sistemi planlamasında öncelikli bir hastalık olmaya devam etmektedir (Boers vd., 2023).

KOAH, özellikle komorbid hastalığı olan bireyler üzerine yüksek semptom yükü yüklemektedir (Zhang vd., 2021). KOAH'lı bireyler tipik olarak dispne, hırıltılı solunum, balgam, öksürük, göğüste sıkışma hissi, yorgunluk, aktivite kısıtlılığından yakınmakta (GOLD, 2025) ve alevlenme adı verilen solunum semptomlarında artışla karakterize akut olaylar yaşayabilmektedirler (Yu vd., 2025). KOAH bakımında tarihsel olarak tekil semptom yönetiminin ön planda olduğu görülmektedir. Bunun birkaç nedeni vardır; öncelikle klinik rehberler ve tedavi yaklaşımları çoğunlukla dispne, öksürük veya alevlenmeler gibi bireysel ve acil odaklı semptomları hedefleyecek şekilde geliştirilmiştir (Bollmeier ve Hartmann, 2020; Chatreewatanakul vd., 2022). Ayrıca klinik araştırmaların çoğu spesifik semptomları veya belirli fizyolojik hedefleri ölçmeye odaklandığı için (örn: hava akımı, alevlenme oranı), uygulamada da müdahaleler bu tekil sonuç odaklı yapı içinde ilerlemiştir (Miaskowski vd., 2017; Matsiu, 2022). Bunun yanında sağlık hizmeti sunumunun disiplinlere ayrılmış yapısı ve ölçüm araçlarındaki sınırlılıklar semptomların çok boyutlu ve eşzamanlı doğasını yakalamayı zorlaştırmış; uygulamada semptomlar genellikle ayrık problemler olarak ele alınmıştır (Harris vd., 2022).

Son yıllarda KOAH alanındaki ampirik çalışmalar semptomların sıkça eşzamanlı kümeler oluşturduğunu ve bu kümelerin bireyin işlevselliği ile yaşam kalitesi üzerinde sinerjik bir olumsuz etki yarattığını göstermiştir (Breland vd., 2015; Lim vd., 2017; Jenkin vd., 2019; Yang vd., 2020; Hao vd., 2021; Fei vd., 2022; Jun vd., 2023; Fei vd., 2023; Houben-Wilke vd., 2024; Yu vd., 2025). KOAH hastaları birden fazla semptomla mücadele etttiği için semptom kümelerinin belirlenmesi klinik olarak olumlu hasta sonuçları oluşturabilmektedir (Jenkins vd., 2019). Büyük kesitsel ve kümeleme analizleri KOAH'da dispne, yorgunluk, anksiyete gibi çekirdek kümelerin sık görüldüğünü, bu kümelerin sağlıkla ilgili yaşam kalitesini bağımsız semptomlardan daha güçlü şekilde öngördüğünü bildirmiştir (Houben-Wilke vd., 2024) Lim vd. (2017), KOAH'lı hastalarda semptom kümeleri temelinde yaklaşım ve müdahalelerin her bir semptom için bağımsız müdahalelere göre yaşam kalitesini arttırmada daha etkili olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. KOAH semptom kümelerini anlamak, semptom yönetimini başarılı kılabilmekte ve bu da KOAH hastalarının yaşam kalitesini artırabilmektedir (Houben-Wilke vd., 2024).

Fei vd. (2023), KOAH hastalarında solunumla ve öksürük-uykusuzlukla ilişkili semptom kümelerinin yaşam kalitesi üzerinde doğrudan olumsuz bir etkisi olduğu, psikolojik semptom kümesinin ise yaşam kalitesi üzerinde doğrudan ve dolaylı olumsuz bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Bu bilgiler doğrultusunda KOAH'ta semptom yükünü azaltmak için aynı anda birden fazla semptomu hedefleyen kombinasyon müdahaleleri (örn: davranışsal tedavi+egzersiz+anksiyete yönetimi) geliştirme olanağı sağlamakta ve böylece tekil semptom odaklı müdahalelere göre daha büyük ve çok boyutlu hasta yararı elde edilmesi mümkün görünmektedir (Jun vd., 2024).

Houben-Wilke vd. (2024), KOAH'lı bireylerde semptom yükünün şiddetini değerlendirdikleri çalışmada görsel analog skala kullanılarak üç farklı semptom kümesi tanılamış ve semptom yükü yüksek şiddette olan kümede dispne, öksürük, yorgunluk, uykusuzluk, depresyonun anlamlı olarak daha fazla yaşandığını bildirmişlerdir. KOAH ile ilişkili fiziksel ve psikolojik semptomların, yaygın olarak ortaya çıkan komorbid durumların değerlendirilmesi ve birbiriyle etkileşimlerinin ortaya çıkarılması bireylerde yaşam kalitesini arttırmaktadır (Jablonski vd., 2007). Semptom kümelerini tanımlamak hastalığın erken teşhis ve tedavisinde yardımcı olabilmektedir (Jenkins vd., 2019). Sanchez-Morillo vd. (2015), KOAH hastalarında mobil sağlık sistemiyle günlük semptom takipleri uygulayarak alevlenme ataklarını ortalama 4,5 gün erken tespit etmişler ve böylece semptom kümelerini belirleyerek tekrar yatış oranlarını azaltmışlardır.

KOAH'ta en belirgin semptom kümesi solunum semptomlarını içermektedir (Lim vd., 2017). Bunlar arasında dispne, öksürük ve balgam öne çıkmaktadır (Yang vd., 2022). Bu semptomlar genellikle aynı dönemde şiddetlenmekte ve birbiriyle ilişkili şekilde hastanın fonksiyonel kapasitesini kısıtlamaktadır (Fei vd., 2022). Yang vd. (2022), KOAH hastalarında Memorial Semptom Değerlendirme Ölçeği kullanarak solunum ve duygusal olmak üzere iki semptom kümesi tanımlamış, hastalarda komorbidite ve dispne şiddetindeki artışın duygusal küme semptom şiddetinde artışa ve inhaler tedaviye uyum göstermeyen hastalarda solunum kümesi semptom şiddetinde artışa yol açtıklarını ifade etmişlerdir. Dispne, hastanın günlük yaşam aktivitelerini sınırlarken, öksürük ve balgam uyku kalitesini ve sosyal yaşantıyı olumsuz etkilemektedir (GOLD, 2025). Wu vd. (2022), uyku bozukluğunun öksürükle kümelendiğini ve bu semptomların birlikte görülmesinin hastaların yaşam kalitesini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir.

KOAH hastalarında sık görülen bir diğer küme psikolojik semptomlardır (Breland vd., 2015). KOAH'lı hastalar arasında depresyon sıklığı %10-57 arasında değişirken (Xie vd., 2023), anksiyete yaygınlığı %7-50 arasında görülmektedir (Rahi 2023). Yohannes vd. (2022), KOAH hastalarında göğüs sıkışmasının akut anksiyete ile, öksürük ve güçsüzlüğün ise depresif semptomlarla (üzüntü ve haz eksikliği) bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Nefes darlığı, bireyde ölüm korkusunu tetikleyerek anksiyete düzeyini arttırmaktadır (Breland vd., 2015). Uzun süreli fiziksel sınırlılıklar ve sosyal izolasyon ise depresif belirtileri yoğunlaştırmaktadır (GOLD, 2025).

KOAH hastalarının büyük bir kısmında yorgunluk, uyku kalitesinde bozulma ve enerji eksikliği birlikte görülmektedir (Jun vd., 2023). Bu küme, bireyin kendine bakım kapasitesini düşürmekte ve genel yaşam doyumunu azaltmaktadır (Hao vd., 2021). Uyku kalitesinin düşmesi hastanın gündüz işlerdeki performansını etkilerken sürekli yorgunluk fiziksel aktiviteyi sınırlamaktadır (Houben-Wilke vd., 2024). Hao vd. (2021), KOAH hastalarında uyku kalitesinin yaşam kalitesini etkileyen önemli bir faktör olduğu belirlemiş ve uyku kalitesinde azalmanın semptomlarda kötüleşmeye ve ölüme yol açabileceğini bildirmişlerdir.

Xu vd. (2024), solunum-uyku semptom kümesinin KOAH hastalarında hem hastanede yatış süresi hem de maliyet arasında pozitif bir korelasyon olduğu sonucuna ulaşmışlar, semptomların patogenezinin ve müdahale yollarının hemşirelik bakış açısıyla derinlemesine incelenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. KOAH'ta semptom kümesi temelli yaklaşımlar kümelenmiş semptomları hedefleyen çok bileşenli müdahaleler geliştirme, hemşire liderliğinde entegre bakım ile uygulamaya dönüştürmeye ve randomize kontrollü/çok merkezli çalışmalara ihtiyaç devam etmektedir (Fei vd., 2023; Houben-Wilke vd., 2024).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, semptom yönetimi hemşirelik biliminin temel bir alanıdır ve mevcut kanıtlar, kronik hastalıklarda semptomların sıklıkla bir arada bulunduğunu ve etkileşime girdiğini göstermektedir. Bu nedenle, semptomları tek tek ele almak yerine semptom kümesi perspektifinden değerlendirmek, klinik sonuçları iyileştirmek için kritik öneme sahiptir. Özellikle, KOAH'lı bireylerde dispne, yorgunluk, öksürük, balgam, anksiyete, depresyon ve uyku bozuklukları gibi semptomların bir arada bulunması, yaşam kalitesinin azalması, sınırlı fonksiyonel kapasite, tedaviye uyumsuzluk ve sağlık hizmetlerini kullanma talebindeki artışla ilişkilidir.

Semptom yönetimi ve semptom kümesi biliminin teorik temellerini hemşirelik perspektifinden açıklayarak, KOAH'a özgü semptom kümelerini tanımak ve yönetmek hastalara nitelikli bakım vermek açısından önemlidir. Mevcut kanıtlar, semptom kümelerini hedefleyen bütüncül, kişiselleştirilmiş ve hemşire liderliğindeki müdahalelerin hasta sonuçlarını iyileştirmede etkili olduğunu göstermektedir. Gelecekteki araştırmaların, semptom kümesi temelli müdahalelerin standartlaştırılmasına, klinik uygulamaya entegrasyonunun güçlendirilmesine ve gelişmiş analitik yöntemler kullanılarak semptom dinamikleri hakkında daha kapsamlı bir anlayış geliştirilmesine odaklanması önerilmektedir. Bu bağlamda semptom kümesi yaklaşımının yaygınlaştırılması KOAH'lı bireylere yönelik bakım kalitesinin artırılmasına ve hasta merkezli sağlık hizmetlerinin güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

ALHosni, F., Al Qadire, M., Omari, O. A., Al Raqaishi, H., & Khalaf, A. (2023). Symptom prevalence, severity, distress and management among patients with chronic diseases. *BMC Nursing*, *22*(1), 155. https://doi.org/10.1186/s12912-023-01296-8

Australian Institute of Health and Welfare (AIHW). (2024). *Chronic respiratory conditions: COPD* (Report). https://www.aihw.gov.au/reports/chronic-respiratory-conditions/copd

Barsevick A. (2016). Defining the Symptom Cluster: How Far Have We Come?. *Seminars in Oncology Nursing*, *32*(4), 334–350. https://doi.org/10.1016/j.soncn.2016.08.001

Bender, M. S., Janson, S. L., Franck, L. S., & Lee, K. A. (2018). Theory of symptom management. *Middle Range Theory for Nursing*, *4*, 147-77. https://doi.org/10.1891/9780826159922.0008

Blakeman J. R. (2019). An integrative review of the theory of unpleasant symptoms. *Journal of Advanced Nursing*, *75*(5), 946–961. https://doi.org/10.1111/jan.13906

Breland, J. Y., Hundt, N. E., Barrera, T. L., Mignogna, J., Petersen, N. J., Stanley, M. A., & Cully, J. A. (2015). Identification of Anxiety Symptom Clusters in Patients with COPD: Implications for Assessment and Treatment. *International Journal of Behavioral Medicine*, *22*(5), 590–596. https://doi.org/10.1007/s12529-014-9450-2

Boers, E., Barrett, M., Su, J. G., Benjafield, A. V., Sinha, S., Kaye, L., Zar, H. J., Vuong, V., Tellez, D., Gondalia, R., Rice, M. B., Nunez, C. M., Wedzicha, J. A., & Malhotra, A. (2023). Global Burden of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Through 2050. *JAMA*, *6*(12), e2346598. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.46598

Bollmeier, S. G., & Hartmann, A. P. (2020). Management of chronic obstructive pulmonary disease: A review focusing on exacerbations. *American Journal of Health-System Pharmacy (AJHP), 77*(4), 259–268. https://doi.org/10.1093/ajhp/zxz306

Cashion, A. K., Gill, J., Hawes, R., Henderson, W. A., & Saligan, L. (2016). National Institutes of Health Symptom Science Model sheds light on patient symptoms. *Nursing Outlook*, *64*(5), 499–506. https://doi.org/10.1016/j.outlook.2016.05.008

Chatreewatanakul, B., Othaganont, P., & Hickman, R. L. (2022). Early symptom recognition and symptom management among exacerbation COPD patients: A qualitative study. *Applied Nursing Research*, *63*, 151522. https://doi.org/10.1016/j.apnr.2021.151522

Dodd, M., Janson, S., Facione, N., Faucett, J., Froelicher, E. S., Humphreys, J., Lee, K., Miaskowski, C., Puntillo, K., Rankin, S., & Taylor, D. (2001). Advancing the science of symptom management. *Journal of Advanced Nursing*, *33*(5), 668–676. https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2001.01697.x

Fei, F., Koffman, J., Zhang, X., & Gao, W. (2022). Chronic Obstructive Pulmonary Disease Symptom Cluster Composition, Associated Factors, and Methodologies: A Systematic Review. *Western Journal of Nursing Research*, *44*(4), 395–415. https://doi.org/10.1177/0193945921995773

Fei, F., J Siegert, R., Zhang, X., Gao, W., & Koffman, J. (2023). Symptom clusters, associated factors and health-related quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A structural equation modelling analysis. *Journal of Clinical Nursing*, *32*(1-2), 298–310. https://doi.org/10.1111/jocn.16234

Floridia, M., Giuliano, M., Weimer, L. E., Ciardi, M. R., Agostoni, P., Palange, P., Rovere Querini, P., Zucco, S., Tosato, M., Lo Forte, A., Bonfanti, P., Lacedonia, D., Barisione, E., Figliozzi, S., Andreozzi, P., Damiano, C., Pricci, F., Onder, G., & I. S. S. Long-COVID Study Group (2024). Symptom profile, case and symptom clustering, clinical and demographic characteristics of a multicentre cohort of 1297 patients evaluated for Long-COVID. *BMC Medicine*, *22*(1), 532. https://doi.org/10.1186/s12916-024-03746-9

Finamore, P., Spruit, M. A., Schols, J. M. G. A., Antonelli Incalzi, R., Wouters, E. F. M., & Janssen, D. J. A. (2021). Clustering of patients with end-stage chronic diseases by symptoms: a new approach to identify health needs. *Aging Clinical and Experimental Research*, *33*(2), 407–417. https://doi.org/10.1007/s40520-020-01549-5

Gapstur R. L. (2007). Symptom burden: a concept analysis and implications for oncology nurses. *Oncology Nursing Forum*, *34*(3), 673–680. https://doi.org/10.1188/07.ONF.673-680

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD: 2025 report. 2025. Available from: https://goldcopd.org/2025-gold-report/.

Gobel B. H. (2022). Symptom Management: Introduction. *Seminars in Oncology Nursing*, *38*(1), 151250. https://doi.org/10.1016/j.soncn.2022.151250

Gomes, G. L. L., Oliveira, F. M. R. L. D., Barbosa, K. T. F., Medeiros, A. C. T. D., Fernandes, M. D. G. M., & Nobrega, M. M. L. D. (2019). Theory of unpleasant symptoms: critical analysis. *Texto & Contexto-Enfermagem*, *28*, e20170222. https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2017-0222

Harris, C. S., Dodd, M., Kober, K. M., Dhruva, A. A., Hammer, M. J., Conley, Y. P., & Miaskowski, C. A. (2022). Advances in Conceptual and Methodological Issues in Symptom Cluster Research: A 20-Year Perspective. *ANS. Advances in Nursing Science*, *45*(4), 309–322. https://doi.org/10.1097/ANS.0000000000000423

Houben-Wilke, S., Deng, Q., Janssen, D. J. A., Franssen, F. M. E., & Spruit, M. A. (2024). Symptom burden and its associations with clinical characteristics in patients with COPD: a clustering approach. *ERJ Open Research*, *10*(4), 01052-2023. https://doi.org/10.1183/23120541.01052-2023

Jablonski, A., Gift, A., & Cook, K. E. (2007). Symptom assessment of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Western Journal of Nursing Research*, *29*(7), 845–863. https://doi.org/10.1177/0193945906296547

Jenkins, B. A., Athilingam, P., & Jenkins, R. A. (2019). Symptom clusters in chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review. *Applied Nursing Research : ANR*, *45*, 23–29. https://doi.org/10.1016/j.apnr.2018.11.003

Jun, J., Park, C., Fritschi, C., Balserak, B., Martyn-Nemeth, P., Kuna, S., & Kapella, M. (2023). Symptom Cluster Profiles in Adults with Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Insomnia. *Western Journal of Nursing Research*, *45*(9), 789–799. https://doi.org/10.1177/01939459231184709

Jun, J., Park, C., Fritschi, C., Balserak, B., Martyn-Nemeth, P., Kuna, S., & Kapella, M. (2024). Behavioral interventions and symptom cluster change in adults with chronic obstructive pulmonary disease and insomnia. *Heart & Lung : The Journal of Critical Care*, *64*, 6–13. https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2023.11.001

Kim, H. J., McGuire, D. B., Tulman, L., & Barsevick, A. M. (2005). Symptom clusters: concept analysis and clinical implications for cancer nursing. *Cancer Nursing*, *28*(4), 270–284. https://doi.org/10.1097/00002820-200507000-00005

Kurnat-Thoma, E. L., Graves, L. Y., & Billones, R. R. (2022). A Concept Development for the Symptom Science Model 2.0. *Nursing Research*, *71*(6), E48–E60. https://doi.org/10.1097/NNR.0000000000000605

Lenz, E. R., Suppe, F., Gift, A. G., Pugh, L. C., & Milligan, R. A. (1995). Collaborative development of middle-range nursing theories: toward a theory of unpleasant symptoms. *ANS. Advances in Nursing Science*, *17*(3), 1–13. https://doi.org/10.1097/00012272-199503000-00003

Lenz, E. R., Pugh, L. C., Milligan, R. A., Gift, A., & Suppe, F. (1997). The middle-range theory of unpleasant symptoms: an update. *ANS. Advances in Nursing Science*, *19*(3), 14–27. https://doi.org/10.1097/00012272-199703000-00003

Lenz E.R. & Pugh L.C. *Theory of unpleasant symptoms.* In: Smith MJ, Liehr PR (eds). *Middle Range Theory for Nursing* (4th ed.). Springer; 2018.

Licskai, C., Hussey, A., Rowley, V., Ferrone, M., Lu, Z., Zhang, K., Terebessy, E., Scarffe, A., Sibbald, S., Faulds, C., O'Callahan, T., & To, T. (2024). Quantifying sustained health system benefits of primary care-based integrated disease management for COPD: a 6-year interrupted time series study. *Thorax*, *79*(8), 725–734. https://doi.org/10.1136/thorax-2023-221211

Lim, K. E., Kim, S. R., Kim, H. K., & Kim, S. R. (2017). Symptom Clusters and Quality of Life in Subjects With COPD. *Respiratory Care*, *62*(9), 1203–1211. https://doi.org/10.4187/respcare.05374

Lin, C. Y., Tsai, M. F., Chao, L. F., Wu, J. R., Tsai, P. F., Wang, C. L., & Huang, T. Y. (2025). Prediction of Mortality From Symptom Cluster Patterns Among Patients Hospitalized With Decompensated Heart Failure: A Multi-Institutional Database Study. *The Journal of cardiovascular nursing*, Advance online publication. https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000001207

Lin, L. Y., Lee, B. O., & Wang, R. H. (2019). Effects of a Symptom Management Program for Patients With Type 2 Diabetes: Implications for Evidence-Based Practice. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, *16*(6), 433–443. https://doi.org/10.1111/wvn.12400

Mathew, A., Doorenbos, A. Z., & Vincent, C. (2021). Symptom Management Theory: Analysis, Evaluation, and Implications for Caring for Adults With Cancer. *ANS. Advances in Nursing Science*, *44*(3), E93–E112. https://doi.org/10.1097/ANS.0000000000000347

Matsui M. (2022). Nurses' symptom management and views on death and caring for heart failure and chronic obstructive pulmonary disease. *International Journal of Palliative Nursing*, *28*(5), 214–221. https://doi.org/10.12968/ijpn.2022.28.5.214

Miaskowski, C., Dodd, M., & Lee, K. (2004). Symptom clusters: the new frontier in symptom management research. *Journal of the National Cancer Institute. Monographs*, (32), 17–21. https://doi.org/10.1093/jncimonographs/lgh023

Miaskowski, C., Aouizerat, B. E., Dodd, M., & Cooper, B. (2007). Conceptual issues in symptom clusters research and their implications for quality-of-life assessment in patients with cancer. *Journal of the National Cancer Institute. Monographs*, (37), 39–46. https://doi.org/10.1093/jncimonographs/lgm003

Miaskowski, C., Barsevick, A., Berger, A., Casagrande, R., Grady, P. A., Jacobsen, P., Kutner, J., Patrick, D., Zimmerman, L., Xiao, C., Matocha, M., & Marden, S. (2017). Advancing Symptom Science Through Symptom Cluster Research: Expert Panel Proceedings and Recommendations. *Journal of the National Cancer Institute*, *109*(4), djw253. https://doi.org/10.1093/jnci/djw253

Moore A. K. (2022). The Holistic Theory of Unpleasant Symptoms. *Journal of Holistic Nursing : Official Journal of the American Holistic Nurses' Association*, *40*(2), 193–202. https://doi.org/10.1177/08980101211031706

Hao, G., Qiu, Q., Hou, L., & Gu, F. (2021). The Effect of Symptom Clusters and Sleep Disorder on Quality of Life among Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Healthcare Engineering*, *2021*, 1692480. https://doi.org/10.1155/2021/1692480

Pham, H. Q., Pham, K. H. T., Ha, G. H., Pham, T. T., Nguyen, H. T., Nguyen, T. H. T., & Oh, J. K. (2024). Economic Burden of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*, *87*(3), 234–251. https://doi.org/10.4046/trd.2023.0100

Pedersen, M., Larsen, M. T., Kornblit, B. T., Dahl, E. O., Lomborg, K., Tolver, A., & Jarden, M. (2025). Effects of nurse-led symptom management in chronic myeloid malignancies: a randomized trial. *Supportive Care in Cancer : Official Journal of The Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, *33*(3), 196. https://doi.org/10.1007/s00520-025-09230-1

Raasthoj, I., Jarbol, D. E., Rasmussen, S., Carstensen, T. B. W., & Rosendal, M. (2024). Is development and persistence of multiple physical symptoms associated with coping? A longitudinal study over a decade. *General Hospital Psychiatry*, *91*, 96–105. https://doi.org/10.1016/j.genhosppsych.2024.10.005

Rahi, M. S., Thilagar, B., Balaji, S., Prabhakaran, S. Y., Mudgal, M., Rajoo, S., Yella, P. R., Satija, P., Zagorulko, A., & Gunasekaran, K. (2023). The Impact of Anxiety and Depression in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Advances in Respiratory Medicine*, *91*(2), 123–134. https://doi.org/10.3390/arm91020011

Salvetti, M. G., & Sanches, M. B. (2022). Symptom cluster: management and advanced practices in oncology nursing. *Revista da Escola de Enfermagem da U S P*, *56*(spe), e20210452. https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2021-0452en

Sanchez-Morillo, D., Fernandez-Granero, M. A., & Jiménez, A. L. (2015). Detecting COPD exacerbations early using daily telemonitoring of symptoms and k-means clustering: a pilot study. *Medical & Biological Engineering & Computing*, *53*(5), 441–451. https://doi.org/10.1007/s11517-015-1252-4

Shofany C. (2017). Quality of life among chronic disease patients. *Nurse Care Open Acces J., 4*(2), 385-394. https://doi.org/10.15406/ncoaj.2017.04.00103

Silva, L. A. G. P. D., Lopes, V. J., & Merces, N. N. A. D. (2021). Symptom management theory applied to nursing care: scoping review. *Revista Brasileira de Enfermagem*, *74*(3), e20201004. https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-1004

Srivastava, S. P., & RM, N. T. (2021). Insight into the theory of unpleasant symptoms. *International Organization of Scientific Research Journal of Nursing and Health Science*, *10*(3), 23-26. https://doi.org/10.9790/1959-1003012326

Tanrıkut, R., & Koc, A. (2023). Son 10 Yılda Hemşirelik Alanında Semptom Yönetimi Konulu Yüksek Lisans ve Doktora Tezlerin Retrospektif İncelenmesi. *Medical Research Reports*, *6*(3), 164-182. https://doi.org/10.55517/mrr.1182383

Teggart, K., Silva, A., Lopez, C. J., Bryant-Lukosius, D., Neil-Sztramko, S. E., & Ganann, R. (2024). Symptom Management Guideline Implementation Among Nurses in Cancer-Specific Outpatient Settings: A Scoping Review of Barriers, Facilitators, and Implementation Strategies. *Cancer Nursing*, https://doi.org/10.1097/NCC.0000000000001414

Von Ah, D., Cooley, M. E., Bailey, D. E., Hammer, M., Tamez, P. A., Wickersham, K. E., Kennedy Sheldon, L., Armstrong, T., & Saligan, L. (2022). Oncology Nursing Symptom Science: Overview of the NINR, ONS, and NCI Symptom Science Colloquium. *Oncology Nursing Forum*, *49*(2), 105–112. https://doi.org/10.1188/22.ONF.105-112.

Yang, I. S., & Kang, Y. (2018). Self-care model based on the theory of unpleasant symptoms in patients with heart failure. *Applied nursing research : ANR*, *43*, 10–17. https://doi.org/10.1016/j.apnr.2018.06.005

Yang, Z., Cui, M., Zhang, X., Bai, J., Tang, L., Tan, G., & Jiang, Y. (2020). Identification of Symptom Clusters and Their Influencing Factors in Subgroups of Chinese Patients With Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Pain and Symptom Management*, *60*(3), 559–567. https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2020.03.037

Yao, Q., Luo, J., Song, B., Yang, J., Yuan, X., Li, X., Tian, W., Wang, T., Zhu, B., & Yang, Z. (2025). The Effect of Heart Failure Symptom Clusters on Quality of Life: The Moderating Effect of Self-Care Behaviours. *Journal of Clinical Nursing*, *34*(7), 2766–2778. https://doi.org/10.1111/jocn.17475

Yohannes, A. M., Murri, M. B., Hanania, N. A., Regan, E. A., Iyer, A., Bhatt, S. P., Kim, V., Kinney, G. L., Wise, R. A., Eakin, M. N., Hoth, K. F., & COPDGene Investigators (2022). Depressive and anxiety symptoms in patients with COPD: A network analysis. *Respiratory Medicine*, *198*, 106865. https://doi.org/10.1016/j.rmed.2022.106865

Yu, C., Xu, M., Pang, X., Zhang, Y., Cao, X., Xu, Y., Huang, S., Zhao, H., & Chen, C. (2025). Symptom Network and Subgroup Analysis in Patients with Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, *20*, 181–192. https://doi.org/10.2147/COPD.S498792

Zhang, H., Wu, F., Yi, H., Xu, D., Jiang, N., Li, Y., Li, M., & Wang, K. (2021). Gender Differences in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Symptom Clusters. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, *16*, 1101–1107. https://doi.org/10.2147/COPD.S302877

Weiss, S. J., Franck, L. S., Leutwyler, H., Dawson-Rose, C. S., Wallhagen, M. I., Staveski, S. L., & Miaskowski, C. A. (2023). Theory of symptom management. *Middle Range Theory for Nursing*, 125-141. https://doi.org/10.1891/9780826159922.0008

Wu, M., Zan, T., Zhao, Q., Ge, S., Li, K., & Li, J. (2020). Symptom Clusters and Health-related Quality of Life in Chinese patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Western Journal of Nursing Research*, *42*(6), 437–445. https://doi.org/10.1177/0193945919866475

World Health Organization. (2024, November 6). *Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) — Fact sheet*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd)

Xie, H., Jiang, Y., Liu, L., Peng, H., Li, J., & Chen, Z. (2023). Global prevalence and risk factors of depression in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review and meta-analysis from 2000 to 2022. *Journal of Psychosomatic Research*, *175*, 111537. https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2023.111537

Xu, M., Yu, C., Lin, X., Shi, J., Pang, X., Chen, Z., Zhao, H., & Chen, C. (2024). Identification of symptom clusters and change trajectories in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Heliyon*, *10*(13), e33745. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33745

FETAL PROGRAMLANMA PERSPEKTİFLERİNDEN KANSER GELİŞİMİ

Sude KILIÇ
İstanbul Okan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik
ORCID: 0009-0002-1453-9835

Fatma MERT BİBEROĞLU
Bahçeşehir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik
ORCID: 0000-0002-5625-3387

ÖZET

Fetal beslenme yetersizliği, fetüsün büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyerek düşük doğum ağırlığı, prematüre doğum ve çeşitli neonatal komplikasyonlara yol açabilmektedir. Prenatal dönemde farklı çevresel ve beslenmeye bağlı faktörlere maruz kalınması, yaşamın ilerleyen dönemlerinde kanser gelişimine yönelik duyarlılığı artıran önemli bir biyolojik tetikleyici olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, Barker hipotezi olarak bilinen fetal programlama yaklaşımıyla uyumlu olup, insülin benzeri büyüme faktörleri, timosin beta-4 ve epigenetik düzenleyicilerin prenatal dönemde kanser aracılık rolleri giderek daha fazla araştırılmaktadır. Fetal dönemdeki malnütrisyon; metabolik, kardiyovasküler ve endokrin bozukluklara zemin hazırlayan kalıcı epigenetik değişikliklere yol açarak yaşam boyu hastalık riskini artırmaktadır. Düşük doğum ağırlığı, 2500 gramın altındaki doğum ağırlığını tanımlamakta olup bazı pediatrik kanser türleriyle ilişkilendirilen önemli bir belirteç olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca yüksek doğum ağırlığı olan 4000 gramın üzerinde doğan bebeklerin de yüksek insülin seviyeleri ve fetal büyüme ile ilişkili diğer hormonların etkisi, hücresel büyüme ve çoğalma süreçlerini etkileyebilmektedir. Bunun da malignite gelişimi riskini artırabildiği bilinmektedir.

Bu araştırmanın amacı fetal programlama mekanizmalarının çocukluk çağı kanserleri ile ilişkisini değerlendirmek ve maternal beslenme durumunun bu süreçteki belirleyici rolünü ortaya koymaktır. Araştırma kapsamında maternal obezite, vitamin yetersizlikleri, doğum ağırlığı anomalileri ve prenatal metabolik ortamın çocukluk çağı maligniteleri (lösemi, beyin tümörleri, nöroblastom, Wilms tümörü ve lenfomalar) üzerindeki etkileri incelenmektedir.

Yöntem olarak güncel literatür taraması, epidemiyolojik veriler ve fetal epigenetik mekanizmalara ilişkin çalışmalar sistematik biçimde değerlendirilmiştir. Muhtemel sonuçlar, düşük veya yüksek doğum ağırlığının insülin metabolizması ve IGF-1 biyoaktivitesi üzerinden tümör gelişimiyle ilişkili olabileceğini; maternal malnütrisyonun ise epigenetik yeniden programlama yoluyla çocukluk çağı kanser riskini artırabileceğini göstermektedir. Ayrıca maternal obezitenin kronik inflamasyon ve hormonal düzensizlikler yoluyla fetal hücresel proliferasyon süreçlerini etkileyebileceği öngörülmektedir.

Bu kapsamda çalışma, gebelik döneminde optimal beslenme, sağlıklı kilo yönetimi ve mikro besin yeterliliğinin hem fetal gelişim hem de uzun dönem kanser riskinin azaltılması açısından kritik önem taşıdığını vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fetal Programlama, Kanser, Maternal Beslenme, IGF-I.

CANCER PROGRESSION FROM FETAL PROGRAMMING PERSPECTIVES

ABSTRACT

IFetal undernutrition adversely affects fetal growth and development, leading to low birth weight, preterm birth, and various neonatal complications. Exposure to diverse environmental and nutritional factors during the prenatal period is considered a significant biological trigger that may increase susceptibility to cancer later in life. This concept aligns with the fetal programming framework, also known as the Barker hypothesis, which suggests that insulin-like growth factors, thymosin beta-4, and epigenetic regulators may play mediating roles in cancer-related pathways during early human development. Malnutrition during the fetal period induces persistent epigenetic alterations that predispose individuals to metabolic, cardiovascular, and endocrine disorders, thereby elevating lifelong disease risk. Low birth weight, defined as less than 2500 grams, is regarded as an important indicator associated with several pediatric cancer types. Conversely, infants born with high birth weight (above 4000 grams) may experience increased insulin levels and heightened activity of growth-related hormones, influencing cellular proliferation processes and potentially raising the risk of malignancy.

The aim of this study is to evaluate the relationship between fetal programming mechanisms and the development of childhood cancers, and to elucidate the critical role of maternal nutritional status in this process. The investigation examines the effects of maternal obesity, vitamin deficiencies, birth weight abnormalities, and the prenatal metabolic environment on childhood malignancies, including leukemia, brain tumors, neuroblastoma, Wilms tumor, and lymphomas. A systematic assessment of recent literature, epidemiological data, and studies on fetal epigenetic mechanisms was conducted as the methodological approach.

The anticipated findings suggest that both low and high birth weight may contribute to tumor development through alterations in insulin metabolism and IGF-1 bioactivity. Furthermore, maternal malnutrition may increase childhood cancer risk via epigenetic reprogramming, while maternal obesity may influence fetal cellular proliferation through chronic inflammation and hormonal dysregulation. Overall, the study underscores the critical importance of optimal maternal nutrition, healthy weight management, and adequate micronutrient intake during pregnancy in supporting fetal development and reducing long-term cancer risk.

Keywords: Fetal Programming, Cancer, Maternal Nutrition, IGF-I.

NATURAL CONVECTION HEAT TRANSFER AROUND A HEATED OBSTACLE

Yasmine LKADI
Laboratory of Engineering and Materials (LIMAT), Faculty of Sciences Ben M'Sik, Hassan II University of Casablanca

M'Barka MOURABIT
Laboratory of Engineering and Materials (LIMAT), Faculty of Sciences Ben M'Sik, Hassan II University of Casablanca

Abstract
This study presents a numerical investigation of natural convection heat transfer in a square cavity containing a centrally located heated block maintained at a constant temperature T_C. The vertical walls of the cavity are adiabatic, while the top and bottom walls are partially cooled and maintained at a lower temperature T_F, such that T_F<T_C. The governing equations are solved using the finite volume method. The focus is placed on examining the influence of the heated block on the flow structure and thermal transfer within the cavity. The control parameters are set as a Prandtl number Pr=0,72 and a Rayleigh number ranging from 10^4 to 10^6. The results are presented in the form of isotherms and streamlines.
Keywords: Natural convection, square cavity, heated block effect.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

FRAUD DETECTION IN HEALTHCARE INSURANCE CLAIMS USING SUPERVISED MACHINE LEARNING MODELS

Ergia Lativolia Putri Subiyantari
Gujarat University

Abstract
Detecting fraudulent claims is a significant challenge in the healthcare insurance industry. With the rising number of claims, identifying fraudulent ones becomes increasingly difficult, making it crucial to prevent substantial financial losses. This study aims to develop a machine learning model for detecting fraudulent health insurance claims using the Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) methodology, which involves data preprocessing, data splitting, algorithm selection, and model evaluation using metrics like F2 Score and recall. The study tested three algorithms: XGBoost, Random Forest, and Logistic Regression. XGBoost emerged as the best-performing algorithm. After tuning, it achieved an F2 Score of 80.06% and recall of 88.89%, showing its effectiveness in detecting actual fraudulent claims. While precision was lower, the trade-off is acceptable in fraud detection, where capturing true fraud cases is more important, even if some legitimate claims are incorrectly flagged as fraud. In health insurance, it is better to flag more suspicious claims than to miss fraudulent ones, which could lead to significant financial losses. The comparison between baseline (no model), XGBoost before tuning, and XGBoost after tuning revealed a significant improvement. The baseline model provided random predictions with 50% accuracy. XGBoost before tuning had recall of 67.88% and F2 Score of 66.80%. After tuning, recall increased to 88.89% and F2 Score to 80.10%, demonstrating that tuning significantly improved the model's ability to detect fraudulent claims and reduce financial risk.
Keywords: fraud detection, health insurance, XGBoost, machine learning, F2 score, recall

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

VOLATILITY OF RICE PRICE DYNAMICS IN KEBBI STATE, NIGERIA

Musa Abdulrahman
College of Advance and Legal Studies Yauri

Prof. Babayemi, A.W
Kebbi State University of Science and Technology, Aliero, Nigeria, Faculty of Science, Department of Mathematics

Dr. G. I. Onwuka
Kebbi State University of Science and Technology, Aliero, Nigeria, Faculty of Science, Department of Mathematics

Sumayya Jibril
College of Advance and Legal Studies Yauri

ABSTRACT
This study examines rice price volatility in Kebbi State, Nigeria, focusing on WACOT, LABANA, and RAYHAN using data from January 2010 to February 2024. Statistical and econometric methods, including descriptive analysis, unit root tests, and GARCH-type models, are employed to assess volatility dynamics. Descriptive statistics show WACOT has the highest mean price (19,961.8) and standard deviation (12,653.8), indicating the greatest volatility. LABANA follows with a mean of 19,229.9 and standard deviation of 12,199.0, while RAYHAN exhibits the lowest mean (3,733.3) and standard deviation (12,002.7). Skewness and kurtosis suggest WACOT and LABANA have a higher likelihood of extreme price fluctuations. Graphical analysis highlights volatility spikes from late 2023 to early 2024. Correlograms and unit root tests confirm non-stationarity, necessitating first differencing. Post-differencing analysis establishes stationarity with stable mean and variance. GARCH-type models identify FIGARCH (1,d,1) as optimal for WACOT and LABANA, while ARFIMA (1,1,1) is best for RAYHAN. The FIGARCH model for WACOT shows the highest volatility persistence ($\alpha + \beta = 0.996$) and moderate negative asymmetry ($\Upsilon = -0.252$). LABANA's FIGARCH model exhibits strong asymmetry ($\Upsilon = -0.607$) and persistent volatility ($\alpha + \beta = 0.951$). RAYHAN's ARFIMA model reveals long memory effects ($\alpha + \beta = 0.917$) and moderate asymmetry ($\Upsilon = -0.324$). WACOT has the highest volatility, while LABANA shows the strongest asymmetry. The findings emphasize the need for effective risk management strategies in Kebbi State's rice market. This study provides critical insights for policymakers and stakeholders seeking to mitigate price volatility risks.
Keywords: Volatility dynamics, Stationarity, Rice prices, Unit root tests, FIGARCH and ARFIMA models

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

TWO SAMPLE MULTIVARIATE BEHRENS FISHER PROBLEM FOR HIGH DIMENSIONAL DATA

Dr. G. I. Onwuka
Kebbi State University of Science and Technology, Aliero, Nigeria, Faculty of Science, Department of Mathematics

Prof. Babayemi A. W.
Kebbi State University of Science and Technology, Aliero, Nigeria, Faculty of Science, Department of Mathematics

Usman Layya Muhammad
Kebbi State Polytechnic Dakingari

Sufiyanu Muhammad Dakin gari
Kebbi State Polytechnic Dakingari

ABSTRACT
This study examines the Two-Sample Multivariate Behrens-Fisher Problem in high-dimensional data using simulation in R via the SHT package. The study evaluates the performance of four hypothesis testing methods. Lopes and Wainwright (LW), Hyodo and Nishiyama (HN), Bai and Saranadasa (BS), and Srivastava (S), across different sample size scenarios. The methods are assessed based on their ability to control Type I error rates and maintain statistical power. Results indicate that all four methods effectively control Type I error, with observed rates closely aligning with the nominal significance level ($\alpha = 0.05$). However, HN and BS demonstrate superior power, particularly in larger sample sizes, making them more effective in detecting true effects. In contrast, LW and S are more conservative in power estimation, which may be beneficial in scenarios requiring stricter Type I error control. Based on these findings, researchers should select methods based on their study objectives, balancing error control and power. The study contributes to knowledge by providing a comparative evaluation of hypothesis testing methods, offering practical guidance for statistical decision-making in high-dimensional data analysis. Further research could explore methodological advancements, robustness testing, Bayesian approaches, and real-world applications to refine statistical inference techniques.
Keywords: High-dimensional data, Hypothesis testing, Type I error, Statistical power, Sample size, Srivastava, Wainwright, Bai and Saranadasa, Hyodo and Nishiyama

APPLICATION OF STATISTICAL QUALITY CONTROL ON HIGHLAND TEA MIX, NIGERIA BEVERAGE PRODUCTION COMPANY LIMITED

Alexander DOMGANG
Department of Statistics,Federal University of Technology

ABSTRACT
This study applies Statistical Quality Control (SQC) techniques—including Shewhart charts, CUSUM charts, and process capability analysis—to evaluate the quality conformance of Highland Tea Mix produced by Nigeria Beverage Production Company (NBPC) Limited. Using secondary data on six key components of the green tea mix, the analysis revealed that only moisture content (mean: 4.1%, Cp: 0.063) and total ash (mean: 5.7%, Cp: 1.00) fall within acceptable specification limits, indicating statistical control. However, water extract (Cp: 0.34), water-soluble ash (Cp: 0.58), acid-soluble ash (Cp: ∞), and crude fibre (Cp: 0.463) did not meet quality standards. The findings suggest that only two of the six components are capable of consistent production aligned with ISO benchmarks. This analysis provides NBPC with actionable insight to enhance the blending ratios and overall quality assurance of its green tea products.
Keywords: Statistical Quality Control, Process Capability, Highland Tea Mix, ISO Specification Compliance

EINSTEIN-MAXWELL-SCALAR BLACK HOLE: THERMODYNAMIC PROPERTIES WITH LOGARITHMICALLY CORRECTED BARROW'S FRACTALISED ENTROPY

Ritabrata Biswas
Department of Mathematics, The University of Burdwan

ABSTRACT
The thermodynamics of black holes (BHs) within the Einstein–Maxwell–Scalar (EMS) framework, incorporating Barrow's fractalised entropy (SB) and its logarithmic correction (SBLC) to analyze quantum gravity effects are investigated in this article. A static, spherically symmetric BH solution is obtained by coupling the scalar field nonminimally to the electromagnetic field through a scalar-dependent function. The thermodynamic properties including temperature, specific heat and Gibbs free energy are derived and explored in the context of Barrow-modified entropy. Phase transitions and critical behavior are followed by analyzing P–V criticality and the influence of scalar and electric charges on stability. Furthermore, the Joule–Thomson (JT) expansion is examined to understand the inversion behavior and thermodynamic responses under adiabatic expansion. Geometrothermodynamic Ricci is also studied. Our findings suggest the presence of thermodynamic instabilities, remnants and nontrivial critical phenomena, providing new insights into BH thermodynamics, information loss paradox, a probable explanation towards the formation of dark energy and dark matter etc. in modified gravity scenario with quantum corrections.
Keywords: Einstein–Maxwell–Scalar theory, Fractalised entropy of black holes, Logarithmic corrections to entropy, Phase transitions in Black Hole thermodynamics, P–V criticality in Black Hole thermodynamics, Joule–Thomson expansion in Black Hole thermodynamics.

ISLAH ÇELİKLERİNE BOR VE TİTANYUM İLAVESİYLE SU ALMA KABİLİYETLERİNİN ARTIRILMASI

Caner TUNA
Özkan Çelik Sanayi A.Ş.
ORCID: 0000-0001-7385-5227

Gürkan GÜMÜŞ
Özkan Çelik Sanayi A.Ş.
ORCID: 0009-0000-8171-4627

Hakan ERÇAY
Özkan Çelik Sanayi A.Ş.
ORCID: 0000-0002-3858-4246

Doç. Dr. Tuncay DİKİCİ
Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Kaynak Teknolojisi
ORCID: 0000-0002-7004-9788

ÖZET

Islah çelikleri, yüksek mukavemet, tokluk ve aşınma direnci gerektiren makine, otomotiv, savunma ve ağır sanayi gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılan malzemelerdir. Bu çelikler, özellikle su verme ve temperleme işlemleri ile hedeflenen mikroyapıya ulaştırılarak kullanım şartlarına uygun özellikler kazanırlar. Ancak ıslah çeliklerinin sertleşebilirliği, alaşım elementlerinin türü ve miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Günümüzde bor ve titanyum ilaveli ıslah çelikleri; mil, aks, dişli, krank, bağlantı elemanları, otomotiv şasi bileşenleri, savunma sanayi parçaları ve yüksek yük altındaki makine elemanlarında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Yüksek sertleşebilirlik gerektiren kesici ve aşınmaya maruz elemanlarda da tercih edilmektedir. Bor, çok düşük miktarlarda ilave edilmesine rağmen çeliklerin sertleşebilirliğini ciddi seviyede artıran elementlerden biridir. Borun etkisi, ferrit dönüşümünü geciktirmesi ve östenit tane sınırlarında difüzyon kontrollü dönüşüm bileşenlerinin oluşumunu engellemesi ile açıklanabilir. Titanyum ise borun sertleşebilirlik artırıcı etkisini tamamlayıcı bir role sahip olduğu ifade edilebilir. Titanyum, çelik içerisinde TiN ve TiC gibi kararlı bileşikler oluşturarak borun istenmeyen şekilde nitrür veya karbür oluşturup etkinliğini kaybetmesini engeller. Ayrıca titanyum, tane inceltici etkisiyle östenit tane büyümesini sınırlayarak hem mekanik özellikleri hem de sertleşme kabiliyetini olumlu yönde etkiler. Bu çalışmada, ıslah çeliklerine bor ve titanyum ilavesiyle su alma kabiliyetinin artırılması ve mekanik özelliklerin artırılması hedeflenmiştir. Öncelikle uygun kimyasal bileşim belirlenerek deoksidasyon ve vakumda gaz giderme işlemleri uygulanıp sürekli döküm makinesinde bor ve titanyum ilaveli 42CrMo4 kalitesinin üretimi sağlanmıştır. Sıcak haddeleme yöntemi kullanılarak hammaddeden yuvarlak mamul üretimi gerçekleştirilmiş ve bu yuvarlak mamuller ısıl işlem hattında ıslah işlemine tabi tutulmuştur. Numunelerde yapılan testler sonucunda bor içermeyen 42CrMo4 kalitesine göre akma dayanımı 2% artmış, çekme dayanımı 5% artmış ve uzama değişmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Islah çeliği, bor, titanyum, mekanik özellikler

INCREASING THE HARDENABILITY OF QUENCHED AND TEMPERED STEELS BY ADDING BORON AND TITANIUM

ABSTRACT

Quenched and tempered steels are materials widely used in sectors such as machinery, automotive, defense, and heavy industry, where high strength, toughness, and wear resistance are required. These steels acquire properties suitable for their intended applications by achieving the desired microstructure through quenching and tempering processes. However, the hardenability of quenched and tempered steels is directly related to the type and amount of alloying elements. Today, boron and titanium-added quenched and tempered steels are widely used in shafts, axles, gears, cranks, fasteners, automotive chassis components, defense industry parts, and machine elements under high loads. Boron is also preferred in cutting tools and wear-prone components that require high hardenability. Boron is one of the elements that significantly increases the hardenability of steels, even when added in very small quantities. The effect of boron can be explained by its delaying of the ferrite transformation and its inhibition of the formation of diffusion-controlled transformation components at the austenite grain boundaries. Titanium can be said to play a complementary role to boron's hardenability-enhancing effect. Titanium prevents boron from forming unwanted nitrides or carbides and losing its effectiveness by forming stable compounds such as TiN and TiC within the steel. Furthermore, titanium positively affects both mechanical properties and hardenability by limiting austenite grain growth through its grain refining effect. This study also aimed to increase the hardenability capacity and mechanical properties of alloy steels by adding boron and titanium. First, the appropriate chemical composition was determined, and deoxidation and vacuum degassing processes were applied to produce 42CrMo4 grade steel with boron and titanium additions in a continuous casting machine. Round products were produced from the raw material using the hot rolling method, and these round products were subjected to heat treatment in the heat treatment line. As a result of the tests conducted on the samples, yield strength increased by 2%, tensile strength increased by 5%, and elongation remained unchanged compared to the boron-free 42CrMo4 grade.

Keywords: Quenched and tempered steels, boron, titanium, mechanical properties

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

YÜKSEK NİKEL ALAŞIMLI ÇELİKLERDE ISIL İŞLEMİN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Gürkan GÜMÜŞ
Özkan Çelik Sanayi A.Ş.
ORCID: 0009-0000-8171-4627

Nurdan GÜNDOĞAN
Özkan Çelik Sanayi A.Ş.
ORCID: 0000-0002-9961-8374

Hakan ERÇAY
Özkan Çelik Sanayi A.Ş
ORCID: 0000-0002-3858-4246

Doç. Dr. Tuncay DİKİCİ
Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Kaynak Teknolojisi
ORCID: 0000-0002-7004-9788

ÖZET
30NiCrMo12, yüksek nikel içeriğiyle hem ıslah hem de sementasyon uygulamalarında üstün performans sergileyen bir düşük-orta alaşımlı makine imalat çeliğidir. Ferrit fazını sertleştiren nikel elementi, çeliğin dayanımını ve tokluğunu olumlu yönde etkilemekte; bu etkisi silisyum ve mangana göre daha düşük olsa da sertleşebilirlik ve su verme derinliği üzerinde belirgin bir iyileştirme sağlamaktadır. Nikelin sertleşebilirliğe katkısı kromdan daha azdır; ancak sertleşebilirlik derinliğini artırma bakımından en etkin alaşım elementi olması nedeniyle Ni-Cr, Ni-Mo ve Ni-Cr-Mo alaşımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca nikel, çeliğin termal şok direncini artırdığı için ani ısıl yüklemelere maruz kalan uçak motoru ve savunma sanayii parçalarında tercih edilmektedir. Bu çalışmada, %2,5 ve üzeri Ni içeren 30NiCrMo12 çeliğinde nikelin mekanik özelliklere, dönüşüm davranışına ve sertleşebilirliğe etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Çeliğin kimyasal analizine bağlı olarak A1 ve A3 kritik sıcaklıkları belirlenmiş, ıslah prosesi A3 sıcaklığının 30–50°C üzerindeki östenitleme rejiminde uygulanmıştır. Su verme işlemi sonrası elde edilen sertlik değerleri doğrultusunda uygun temperleme sıcaklıkları seçilmiş ve temperleme sonrasında mekanik testler ile metalografik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca soğuk kesilebilirlik tavlaması A1 sıcaklığının 20–30°C altında uygulanmış, tavlama sonrası mamul sertliği ölçülerek işlenebilirlik üzerindeki etkiler değerlendirilmiştir. Islah ve sementasyon çeliği davranışının belirlenmesi amacıyla Jominy sertleşebilirlik testi gerçekleştirilmiş ve nikelin sertleşme derinliğini artırıcı etkisi doğrulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, yüksek Ni içerikli 30NiCrMo12 çeliğinin uygun ısıl işlem parametreleriyle hem yüksek dayanım hem de yüksek tokluk sağlayabildiğini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: 30NiCrMo12, nikel alaşımlı çelik, ıslah prosesi, sertleşebilirlik, jominy testi, temperleme

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH-NICKEL ALLOYED STEELS

ABSTRACT

30NiCrMo12 is a low-to-medium alloyed engineering steel that delivers superior performance in both quenching-and-tempering (QT) and case-hardening applications due to its high nickel content. Nickel, as a ferrite-strengthening alloying element, positively influences both the strength and toughness of steel; although this effect is lower compared to silicon and manganese, it provides a significant improvement in hardenability and through-hardening depth. While nickel's contribution to hardenability is less than that of chromium, it remains the most effective alloying element in increasing hardening depth, which is why it is widely used in Ni-Cr, Ni-Mo, and Ni-Cr-Mo alloyed steels. Moreover, nickel enhances the thermal shock resistance of steel, making high-nickel steels suitable for components exposed to sudden thermal loads, such as aircraft engine parts and defense applications. In this study, the effects of nickel on the mechanical properties, transformation behavior, and hardenability of 30NiCrMo12 steel containing more than 2.5% Ni were experimentally investigated. Based on the chemical analysis, the A1 and A3 critical transformation temperatures of the steel were determined, and the quenching-and-tempering process was applied by austenitizing the material at 30–50°C above the A3 temperature. Following quenching, tempering temperatures were selected according to the obtained hardness values, and mechanical tests and metallographic examinations were performed after tempering. Additionally, cold-shearability annealing was applied at 20–30°C below the A1 temperature, and the resulting hardness was measured to evaluate its influence on machinability. To characterize the behavior of the steel as a QT and case-hardening grade, the Jominy end-quench test was conducted, confirming the positive effect of nickel on increasing hardening depth. The results demonstrate that high-nickel 30NiCrMo12 steel can achieve both high strength and high toughness when appropriate heat-treatment parameters are applied.

Keywords: 30NiCrMo12, nickel-alloyed steel, quenching and tempering, hardenability, Jominy test, tempering

ERİYİK BİRİKTİRME YÖNTEMİ KULLANILARAK ÜRETİLEN PETG NUMUNELERİN MEKANİK VE BOYUTSAL ANALİZİ

Taha Yasin YASAV
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
ORCID: 0009-0000-4522-0574

Dr. Öğr. Üyesi Enes ASLAN
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
ORCID: 0000-0002-1849-2715

ÖZET

Son zamanlarda eklemeli imalat sistemleri birçok profesyonel ve profesyonel olmayan kullanıcı tarafından tercih edilmektedir. Eklemeli İmalat (AM) teknolojilerinin en büyük avantajlardan bir tanesi hızlı prototipleme uygulamalarıdır. Hızlı prototipleme sayesinde, günümüzde karmaşık geometriye sahip parçalar üretilebilmektedir. Eklemeli imalat teknolojileri ağırlıklı olarak havacılık, otomotiv, biyomedikal, savunma ve enerji gibi önemli endüstrilere yönelik parça üretiminde kullanılmaktadır. AM, birçok farklı üretim yöntemini içinde barındırmaktadır; Stereolitografi (SLA), Seçici Lazer Sinterleme (SLS), Eriyik Biriktirme Modellemesi (FDM), Doğrudan Metal Lazer Sinterleme (DMLS), Doğrudan Enerji Biriktirme (DED). FDM (Fused Deposition Modeling) sistemi ise kullanım kolaylığı, ekonomik olması ve hammaddeye kolay erişim sağlanması gibi sebeplerden dolayı en çok tercih edilen ve kullanılan üretim sistemlerinden biridir. Bu çalışmada kullanılan tüm numuneler FDM yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Bu çalışmada öncelikli olarak granül haldeki PETG (polietilen tereftalat glikol) polimer malzeme, ekstrüder makinası ile PETG filament haline getirilmiştir. Üretilen PETG filament ile çekme testi numunesi (ISO – 527 standardına göre), boyutlandırma analizi numunesi ise silindirik (10mm çap, 20mm uzunluk) olarak tasarlanmıştır. Hazırlanan tasarımlar, çekme mukavemeti ve boyutlandırma analizi için farklı dolgunluklarda (%25, %50, %75 ve %100) ve her dolgunluktan üçer adet olarak üretilmiştir. Elde edilen PETG filamentten, mukavemet testleri için kullanılacak her standarttan toplamda 48 adet numune üretilmiştir. Numuneler, FDM sistemi ile üretilmiştir.

Üretilen çekme testi numuneleri, çekme cihazında test edilmiştir. Yapılan çekme testleri doğrultusunda %25 dolgunluktaki numunelerin ortalama gerilme dayanımı 23,22 MPa olarak saptanmıştır, %50 dolgunluktaki numunelerin gerilme dayanımı ise 27,46 MPa olarak saptanmıştır, %75 dolgunluktaki numunelerin ortalama gerilim dayanımı 34,57 MPa belirlenmiştir ve %100 dolgunluktaki numunelerin ortalama gerilim dayanımı ise 48,72 MPa olarak belirlenmiştir. Çekme testlerinden elde edilen sonuç, numunenin üretim dolgunluğu ile gerilim dayanımının doğru orantılı olduğunu göstermektedir, üretim dolgunluğu arttıkça gerilme dayanımında artış tespit edilmiştir.

Üretilen silindirik numuneler dijital kumpas ile ölçülerek, tasarlanan numunelerdeki ölçüler ile karşılaştırılmış ve hata payları yüzde olarak hesaplanmıştır. Silindirik numune ölçüleri; 10mm çap, 20mm uzunluk olacak şekilde tasarlanmıştır fakat üretim sonrasında numunelerin çap ölçümlerinde farklılıklar saptanmıştır. Örneğin, %25 dolgunlukta üretilen numunelerin çap ölçülerinde %1,03'lük bir hata payı tespit edilmiştir. Numuneler tasarlanan ölçülerden %1,03'lük hata payı ile daha küçük ölçülmüştür. Dolgunluğu %25 olan numunelerde istenilen 20mm uzunluk ölçülerinde ise %0,26'lik bir hata payı oluşmuştur.

Tüm ölçümler incelendiğinde, kullanılan FDM sisteminin yazıcının yatay eksendeki hata payının dikey eksendeki hata payına oranla daha fazla oluğu anlaşılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Eklemeli İmalat, Mukavemet ve boyutlandırma, Eriyik Biriktirme Modellemesi, PETG Filament.

MECHANICAL AND DIMENSIONAL ANALYSIS OF PETG SAMPLES PRODUCED USING THE FUSED DEPOSITION METHOD

ABSTRACT

Additive manufacturing systems have recently become popular among both professional and non-professional users. One of the greatest advantages of Additive Manufacturing (AM) technologies is rapid prototyping applications. Thanks to rapid prototyping, it is now possible to produce parts with complex geometries. Additive manufacturing technologies are primarily used for part production in important industries such as aerospace, automotive, biomedical, defense, and energy. AM encompasses many different production methods: Stereolithography (SLA), Selective Laser Sintering (SLS), Fused Deposition Modeling (FDM), Direct Metal Laser Sintering (DMLS), and Direct Energy Deposition (DED). The FDM (Fused Deposition Modeling) system is one of the most preferred and widely used production systems due to its ease of use, cost-effectiveness, and easy access to raw materials. All samples used in this study were obtained using the FDM method.

In this study, the PETG (polyethylene terephthalate glycol) polymer material in granular form was primarily converted into PETG filament using an extruder machine. The tensile test sample (according to the ISO 527 standard) and the dimensional analysis sample were designed using the produced PETG filament as a cylindrical sample (10 mm diameter, 20 mm length). The prepared designs were produced at different fill levels (25%, 50%, 75%, and 100%) and three specimens from each fill level for tensile strength and dimensional analysis. A total of 48 specimens from each standard were produced from the PETG filament obtained for use in strength tests. The samples were produced using an FDM system.

The tensile test samples produced were tested in a tensile testing machine. Based on the tensile tests performed, the average tensile strength of the samples with 25% infill was determined to be 23.22 MPa, the tensile strength of the samples with 50% infill was determined to be 27.46 MPa, the average tensile strength of the samples with 75% infill was determined to be 34.57 MPa, and the average tensile strength of the samples with 100% infill was determined to be 48.72 MPa. The results obtained from the tensile tests show that the tensile strength is directly proportional to the production density of the sample; an increase in tensile strength was observed as the production density increased.

The cylindrical specimens produced were measured with a digital caliper, compared with the dimensions of the designed specimens, and the error margins were calculated as percentages. The cylindrical specimen dimensions were designed to be 10 mm in diameter and 20 mm in length, but differences were detected in the diameter measurements of the specimens after production. For example, a margin of error of 1.03% was detected in the diameter measurements of the specimens produced at 25% infill. The specimens were measured to be smaller than the designed dimensions by a margin of error of 1.03%. In specimens with 25% infill, a margin of error of 0.26% occurred in the desired 20mm length measurements. Upon reviewing all measurements, it was understood that the error margin of the FDM system used in the printer's horizontal axis was greater than that in the vertical axis.

Keywords: Additive Manufacturing, Strength and Dimensioning, Fused Deposition Modeling, PETG Filament.

GİRİŞ

Katmanlı imalat teknolojilerinin son yıllarda hızla gelişmesi, polimer malzemelerin hem akademik hem de endüstriyel alanda daha geniş bir kullanım alanına kavuşmasını sağlamıştır. Özellikle FDM (Fused Deposition Modeling) yöntemi, düşük maliyeti, yüksek uygulanabilirliği ve tasarım serbestisi nedeniyle mühendislik uygulamalarında yaygınlaşmaktadır. FDM sürecinin performansını belirleyen en önemli unsur ise baskıda kullanılan filament malzemesinin özellikleridir. Bu bağlamda, kopolimer yapısı sayesinde yüksek darbe dayanımı, kimyasal direnç ve boyutsal kararlılık sunan PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol), 3D baskı süreçlerinde giderek daha sık tercih edilen bir termoplastik olarak öne çıkmaktadır [1] – [3].

Polimer esaslı malzemelerin mekanik özelliklerinin yalnızca malzeme türü ile değil; aynı zamanda üretim şekli, yazıcı parametreleri, filament kalitesi ve test standartları ile de önemli ölçüde değiştiği bilinmektedir. Literatürde, PETG'nin FDM baskı ile üretildiği numunelerde katman oryantasyonu, baskı hızları ve doluluk oranlarının çekme dayanımını anlamlı biçimde etkilediğini ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır [4] – [7]. Dolayısıyla FDM ile üretilmiş petek yapılı polimer numunelerin mekanik karakterizasyonu, kullanılan filamentin kimyasal bütünlüğü ve üretim safhasındaki değişkenlerle doğrudan ilişkilidir. Saf granül haldeki polimerden filament üretimi, bu bağlamda mekanik testlerin doğruluğunu artıran ve ticari filamentlerde görülebilen katkı maddelerinin etkisinden arındırılmış daha kontrollü sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.

PETG gibi amorf yapıya sahip mühendislik polimerlerinin granül formdan filament formuna dönüştürülmesi esnasında termal kararlılık, homojenlik ve viskozite davranışları büyük önem taşımaktadır. Ekstrüderlerde uygulanan sıcaklık profili ve soğutma koşulları filamentin çap tutarlılığını doğrudan etkilemektedir. Literatürde, FDM filamentlerinin üretiminde çap toleransındaki küçük sapmaların dahi baskı sürecinin stabilitesini ve nihai ürünün mekanik performansını değiştirdiği ifade edilmektedir. Bu durum, katkısız saf PETG'den üretilmiş filamentler ile yapılan deneysel çalışmaların değerini artırmakta; elde edilen verilerin ticari filamentlerle kıyaslanabilirliğini de mümkün kılmaktadır.

Mekanik karakterizasyon çalışmalarında kullanılan ISO ve ASTM standartları, polimerlerin karşılaştırılabilirlik açısından ortak bir protokol altında test edilmesini amaçlamaktadır. ISO 527 standardı, plastik malzemelerde çekme deneylerinin prensiplerini, numune geometrilerini ve test hızlarını tanımlar; ancak çalışma alanına göre belirli modifikasyonlar literatürde yaygın olarak görülmektedir [8]. Katmanlı imalatla üretilen plastik numuneler üzerine yapılan araştırmalar, ISO 527'nin FDM parçalarının anizotropik doğasını değerlendirmede sıklıkla tercih edildiğini göstermektedir. Özellikle dolgu yoğunluğu, desen yönelimi ve katman kalınlığı gibi parametrelerin çekme ve eğilme dayanımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır [9].

Bu nedenle FDM üretimi ile oluşturulan PETG numunelerin ISO 527'ye uygun hazırlanması ve test edilmesi, literatürde yer alan mekanik özelliklerle karşılaştırılabilir bilimsel çıktılar elde edilmesi açısından önem taşımaktadır.

Numune tasarımlarının CAD tabanlı yazılımlar aracılığıyla oluşturulması ve baskıya uygun şekilde dilimlenmesi, FDM teknolojisinin ayrılmaz bir parçasıdır. Literatürde, dilimleme yazılımlarının (slicer) belirlediği parametrelerin (doluluk oranı, katman yüksekliği, baskı sıcaklığı vb.) mekanik dayanım üzerinde belirleyici olduğu ortaya konmuştur [10]. Bu nedenle deneysel çalışmalarda parametrelerin sabit tutulması ve yalnızca malzeme kaynağı ya da baskı yönelimi gibi değişkenlerin analiz edilmesi, bilimsel yöntem açısından gereklidir. PETG baskılar üzerine yapılan çalışmalar, doluluk oranının özellikle çekme dayanımı üzerinde doğrudan etkili olduğunu, %100 dolulukta numunelerin (veya yüksek doluluk) daha iyi mekanik performans sergilediğini göstermektedir [4], [8].

Son yıllarda yapılan araştırmalar, FDM ile üretilmiş PETG numunelerde yüksek tekrarlanabilirlik sağlanabilmesi için filament üretim sürecinin optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Saf PETG'den üretilen filamentlerin katkısız yapısı sayesinde daha tutarlı mekanik sonuçlar verdiği; katkılı veya geri dönüştürülmüş PETG filamentlerde ise termal geçmiş nedeniyle mekanik özelliklerde belirgin düşüşler görülebildiği raporlanmıştır; özellikle dolgu oranı yoğunluğu, baskı oryantasyonu ve baskı parametrelerinin mekanik sonuçlara etkisi vurgulanmıştır [14]. Ayrıca, 3D-baskı sonrası numunelerin mekanik test sonuçları, uygun parametreler seçildiklerinde enjeksiyon kalıplı parçalarla rekabet edebilir düzeyde olabilmektedir [11], [12]. Bu doğrultuda, granül PETG kullanılarak laboratuvar ortamında filament üretilmesi ve bu filament ile baskı alınması, literatürde giderek daha fazla önem kazanan bir araştırma eğilimidir.

Bu çalışma kapsamında granül halde bulunan katkısız PETG polimeri, "FilaBot" (ABD) marka bir ekstrüder ile filament haline getirilmiş; ISO - 527 standardına uygun olarak "AutoCAD" (ABD) ortamında tasarlanan numuneler "Orca-Flashforge" (ÇİN) dilimleme programı ile işlenmiş ve "Flashforge Adventurer 5M Pro" (ÇİN) model FDM yazıcı kullanılarak basılmıştır. Ardından numuneler çekme testine tabi tutularak mekanik özellikleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır [13]. Böylece, saf PETG filament üretiminin mekanik performans üzerindeki etkisi araştırılarak, katmanlı imalat literatürüne yeni bir bakış açısı sunulması amaçlanmaktadır [6], [11].

MATERYAL VE METOT

Yerli filament üreticisi olan "FILAMEON" (TÜRKİYE) firmasından temin edilen ve Şekil 1.'de görünen granül haldeki PETG polimer malzeme, "FilaBot" (ABD) markalı ekstrüder makinası kullanılarak PETG filament halinde dönüştürülmüştür. Şekil 2.'de gözüktüğü üzere ekstrüder makinasının sıcaklığı 183° derece olacak şekilde ayarlanmıştır. (Tablo 1)



Şekil 1: Granül PETG polimer malzeme.

Üretim Parametreleri	Değerler
PETG Erime Sıcaklığı (FILAMEON Katalog Değeri)	180° - 250°
Ekstrüder Üretim Sıcaklığı	183°
FDM Sistemin İlk Katman Namlu Sıcaklığı	255°
FDM Sistemin Sonraki Katman Namlu Sıcaklığı	250°
FDM Sistemin İlk Katman Tabla Sıcaklığı	85°
FDM Sistemin Sonraki Katman Tabla Sıcaklığı	80°
FDM Sistemin Üretim Duvar Sayısı	3
FDM Sistemin Üretim İç Dolgunluk Türü	Rectilinear
ALŞA Makinesi L_0 İlk Boy	110mm
ALŞA Makinesi Test Hızı	5mm/dk
ALŞA Makinesi Ön Yük Hızı	10mm/dk

Tablo 1: Üretim parametrelerini gösteren tablo.

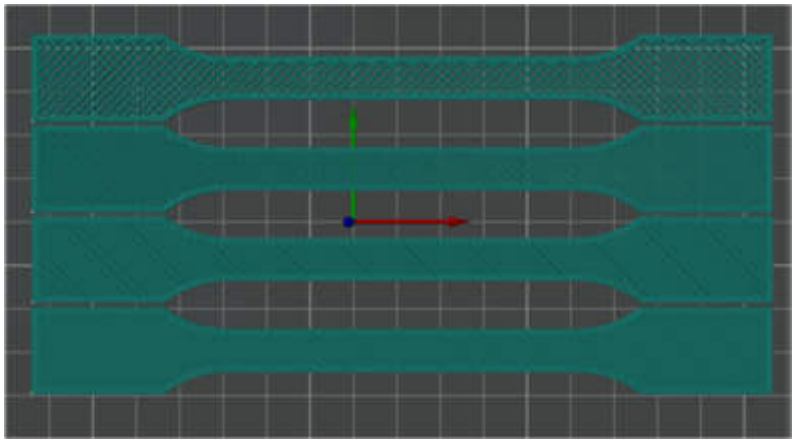


Şekil 2: Ekstrüder makinesinin sıcaklık değeri ve "FilaBot" (ABD) markalı Ekstrüder makinesi ve üretilen PETG filament.



Şekil 3: Flashforge Adventurer 5M Pro FDM Sistemi.

Üretilen PETG filamentin mekanik dayanımlarını incelemek numune boyutları ISO-527 standardına göre yapılmıştır, boyutlandırma analizini yapabilmek için ise silindirik (10mm çap, 20mm uzunluk) numune tasarımları, katı modelleme programı olan "AutoCAD" (ABD) yazılımı ile tasarlanmıştır. Tasarımlar, 4 farklı dolgunlukta (%25, %50, %75 ve %100) olacak şekilde oluşturulmuştur (Şekil 3). Elde edilen tasarımlar "Orca - Flashforge" (ÇİN) uygulaması ile dilimlendirilmiş ve "Flashforge Adventurer 5M Pro" (ÇİN) markalı FDM sistemi ile üretilmiştir. (Şekil 3)



Şekil 4: Sırasıyla %25, %50, %75 ve %100 dolgunlukta, ISO – 527 numuneleri.

Tasarımlar numunelerin üretimi için gerekli düzenlemeler Orca yazılı uygulaması ile yapılmıştır. Üretilecek olan numuneler üç duvarlı olacak şekilde tasarlanmış, iç dolgu olarak rectilinear olarak adlandırılan doğrusal desen seçilmiş, namlu sıcaklığı, başlangıç katmanı olarak 255° ve devam eden baskı süreci için 250° (Tablo 1) olarak düzenlenmiş, FDM sistemin tabla sıcaklığı ilk katman 85° olacak şekilde ve ilk katmandan sonrası için 80° olarak ayarlanmıştır (Tablo 1). FDM sistemin yazma hızı değiştirilmemiş, sistemin varsayılan hızı (300mm/s) kullanılmıştır.
Her dolgunluktan (%25, %50, %75 ve %100) 3 adet olacak şekilde 12 adet ISO – 527 standardına uygun numune ve 12 adet silindirik numune (10mm çap, 20mm uzunluk) üretilmiştir (Şekil 5 ve Şekil 6). Çekme testleri Alşa marka çekme test cihazında gerçekleştirilmiştir. Çekme testi parametreleri tablo 1 de verilmiştir.



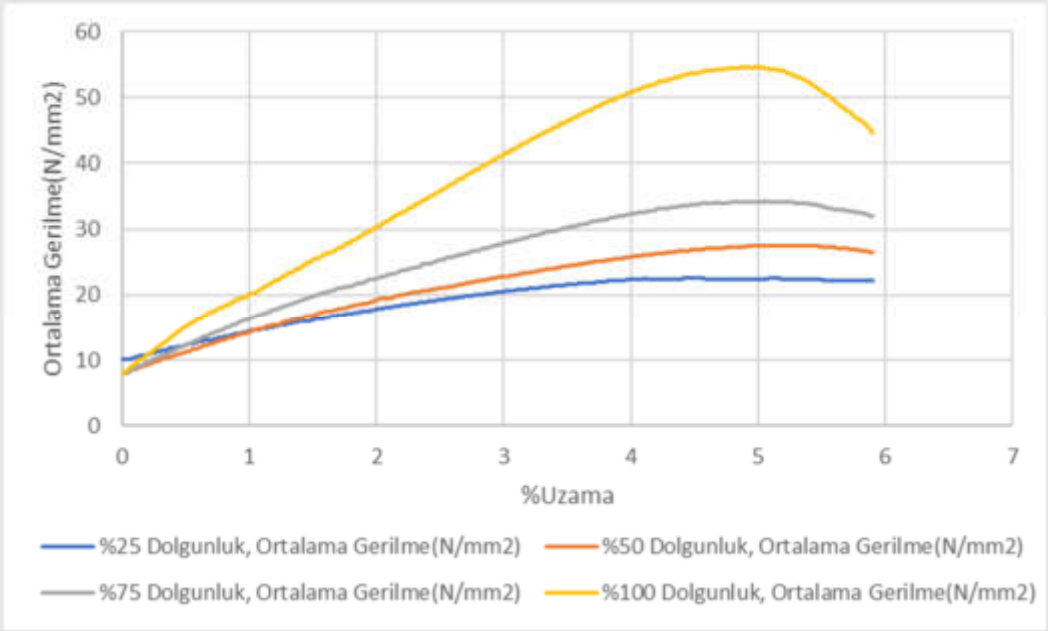
Şekil 5: ISO – 527 numuneleri.



Şekil 6: Silindirik numuneleri.

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen testlerin ve ölçümlerin sonuçları mekanik açıdan ve boyutsal farklılıkları açısından değerlendirildiğinde meydana çıkan sonuçlar aşağıdaki şekilde sunulmuştur. Öncelikle numunelere yapılan çekme testleri sonuçları ve sonrasında boyut analizi sonuçları verilmiştir.



Şekil 7: Farklı dolgunluklarda ki numunelerin gerilme-uzama grafiği

Yapılan çekme testleri doğrultusunda %25 dolgunluktaki numunelerin ortalama gerilme dayanımı 23,22 MPa olarak saptanmıştır. %50 dolgunluktaki numunelerin gerilme dayanımı ise 27,46 MPa olarak saptanmıştır. %75 dolgunluktaki numunelerin ortalama gerilim dayanımı 34,57 MPa belirlenmiştir. %100 dolgunluktaki numunelerin ortalama gerilim dayanımı ise 48,72 MPa olarak bulunmuştur. Tüm numunelerin test sonuçları Şekil 8'de belirtilmiştir. Çekme testlerinden elde edilen sonuç, numunenin üretim dolgunluğu ile gerilim dayanımının doğru orantılı olduğunu göstermektedir, üretim dolgunluğu arttıkça gerilme dayanımında artış tespit edilmiştir. Bu sonuçların literatür de ki çalışmalara benzerlik gösterdiği söylenebilir. [4].

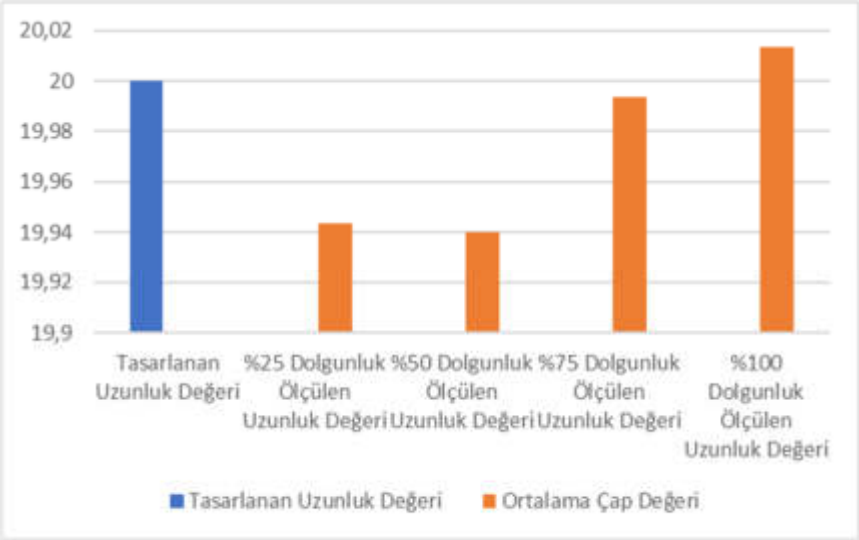


Şekil 8: %25 Dolgunluktaki numunenin çap ölçümü.

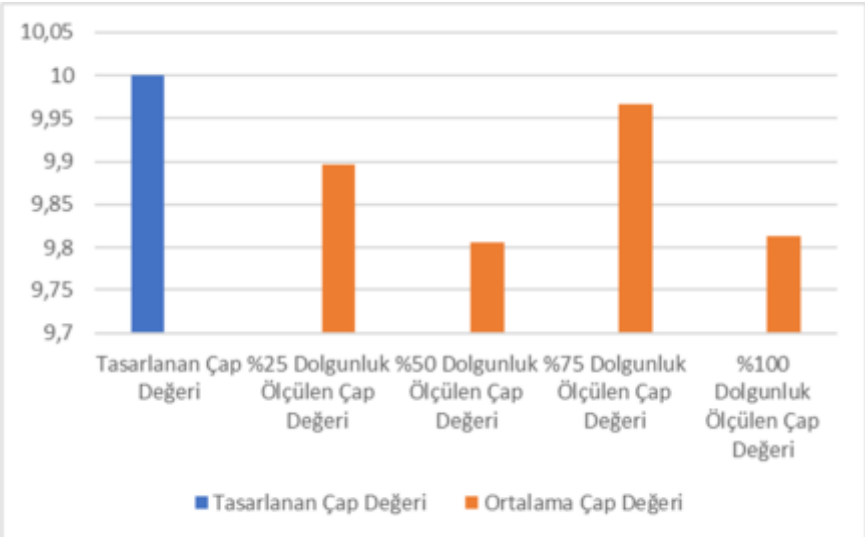


Şekil 9: %25 Dolgunluktaki numunenin uzunluk ölçümü.

Üretilen silindirik numuneler dijital kumpas ile ölçülerek (Şekil 8 ve Şekil 9), tasarlanan numunelerdeki ölçüler ile karşılaştırılmış ve hata payları yüzdesel olarak hesaplanmıştır. Silindirik numune ölçüleri; 10 mm çap, 20 mm uzunluk olacak şekilde tasarlanmıştır fakat üretim sonrasında numunelerin çap ölçümlerinde farklılıklar saptanmıştır. %25 dolgunlukta üretilen numunelerin çap ölçülerinde %1,03'lük bir hata payı tespit edilmiştir. Numuneler tasarlanan ölçülerden %1,03'lük hata payı ile daha küçük ölçülmüştür. Dolgunluğu %25 olan numunelerde istenilen 20 mm uzunluk ölçülerinde ise %0,26'lik bir hata payı oluşmuştur. Dolgunluğu %50 olan numunelerde ise çap ölçümlerinde %1,86'lık hata payı gözlenmektedir, numuneler teoride istenilen ölçülerden %1,86 daha küçük ölçülmüştür. Uzunluk ölçümlerinde ise %0,30'luk hata payı bulunmaktadır. Numunelerin dikey eksendeki ölçümleri tasarlanan ölçülerden daha küçük ölçülmüştür. %75 dolgunluktaki numunelerin hata payları ise yatay çap ölçümünde %0,46 hesaplanmıştır, uzunlukta ise %0,17'lik bir hata payı gözlemlenmiştir. Doluluk oranı %100 olan numunelerde ise çap ölçümü hata payı %1,87, uzunluk ölçümü hata payı ise %0,47 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 10: Uzunluk ölçüm grafiği.



Şekil 11: Çap ölçüm grafiği.

Şekil 10 ve 11 ölçülen ve tasarlanan çap ve uzunluk değerlerini göstermektedir. Dolgunluk değeri arttıkça uzunluk değerinde artış görülürken aynı trend çap ölçüm değerlerinde gözlenmemektedir. Tasarlanan değere en yakın çap değerin %75 dolulukta olan numuneler göstermiştir. Tüm numuneler göz önüne alındığından bütün geometrik farklılıkların %2 altında olduğu görülmüştür. Farklı dolgu oranlarında farklı çap değerlerinin elde edilmesinin nedeni PETG malzemenin üretim sonrasında büzülmeye uğramasından kaynaklı olduğu söylenebilir.

Bu çalışma kapsamında granül hâlde temin edilen katkısız PETG polimeri, laboratuvar koşullarında ekstrüder kullanılarak filament formuna dönüştürülmüş; elde edilen bu filament ile ISO - 527 standardına uygun çekme numuneleri ve kesit doğruluğunu incelenmek üzere silindirik numuneler üretilmiştir. FDM üretim süreçlerinde doluluk oranının (%25, %50, %75 ve %100) mekanik dayanım ve boyutsal doğruluk üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Yapılan çekme testleri sonucunda doluluk oranının mekanik performans üzerinde belirleyici bir parametre olduğu açıkça görülmüştür. Doluluk oranı arttıkça numunenin iç yapısındaki boşluk miktarı azalmış, katman bağlanma alanı artmış ve buna bağlı olarak çekme dayanımları doğrusal biçimde yükselmiştir. Deneysel sonuçlar, %25 dolulukta ortalama 23,22 MPa olan çekme dayanımının, %50 dolulukta 27,46 MPa'a, %75 dolulukta 34,57 MPa'a ve tam doluluk olan %100 durumunda 48,72 MPa'a ulaştığını göstermiştir. Bu bulgular, FDM ile üretilen polimer yapılar için baskı yoğunluğunun mekanik mukavemetin temel belirleyicilerinden biri olduğunu doğrulamaktadır. Bu durum, doğru üretim parametreleri kullanıldığında FDM yönteminin mühendislik uygulamalarında yapısal yük taşıma açısından daha güvenilir hale gelebildiğini göstermektedir.

Boyutsal doğruluk analizleri ise FDM sürecinin geometrik hassasiyetine ilişkin bilgiler sağlamıştır. Silindirik numunelerde teorik ölçülere kıyasla hem çap hem de uzunluk yönlerinde farklı oranlarda sapmalar tespit edilmiştir. Çap ölçümlerindeki hata oranlarının %0,46 ile %1,87 arasında değiştiği, uzunluk ölçülerinde ise %0,17 ile %0,47 arasında daha düşük sapmalar bulunduğu belirlenmiştir. Çap yönlü hata paylarının daha yüksek olması, baskı sırasında malzeme akışının ve oda içi soğutma davranışının boşluklu iç yapılar nedeniyle daha fazla değişkenlik göstermesine bağlanabilir. Buna karşın uzunluk ölçümleri dikkate alındığında doluluk oranı arttıkça katman içi destek yapılarının daha homojen hale geldiği ve boyutsal kararlılığın arttığı görülmüştür. Bu sonuçlar, yüksek geometrik doğruluk gerektiren uygulamalarda daha yüksek doluluk oranlarının tercih edilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, laboratuvar ortamında üretilen katkısız PETG filament ile numune üretimi yapılabildiği ve bu numunelere hem mekanik performans hem de boyutsal doğruluk açısından anlamlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Filamentin üretim sürecinin kullanıcı tarafından kontrol edilebilir olması, malzemenin katkısız ve saf yapısı ile üretilebilmesini sağlamıştır. Bu çalışma, FDM üretim prosesinde kullanılan filamentin hammaddeden itibaren kontrolünün, özellikle mekanik testlerin doğruluğu açısından önemli avantajlar sağladığını göstermiştir.

Sonuç olarak, PETG malzemenin FDM yöntemiyle üretilen parçalarının mekanik dayanımlarının ana belirleyicileri arasında filament kalitesi, doluluk oranı, baskı sıcaklıkları ve katman yapısı gibi parametreler yer almaktadır. Bu çalışma, doluluk oranının hem çekme dayanımı hem de boyutsal hassasiyet üzerinde etkili olduğunu deneysel olarak göstermiş; mühendislik uygulamalarında nihai parça performansının doğru tahmin edilebilmesi için üretim parametrelerinin dikkatle seçilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, gelecekte yapılacak olan optimizasyon çalışmalarına öncü çalışmalar olarak kullanılacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Düzce Üniversitesi BAP – 2025.06.06.1650 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] M. Darsin, J. R. Lawahizh, G. Jatisukamto, Y. Hermawan and A. Z. Muttaqin, "Feasibility study of PETG filament using FDM 3D printing technique for throttle sleeve products" *ScienceRise*, vol. 4, 2024.

[2] K. Łukaszewski, et al., "Mechanical Evaluation of PET-G 3D-Printed Wrist-Hand Orthosis: An Integrated Experimental and Numerical Approach," *Materials*, vol. 16, 2023.

[3] B. Budziński, et al., "Evaluation of PLA and PETG as 3D-Printed Reference Materials for Compressive Strength Testing," *Materials*, 18(16), 2025.

[4] R. Srinivasan, W. Ruban, A. Deepanraj, R. Bhuvanesh and T. Bhuvanesh, "Effect on infill density on mechanical properties of PETG part fabricated by fused deposition modelling," Materialstoday:Proceedings, vol 27, 2020.

[5] K. K. Bhosale, "Mechanical Properties Evaluation of PETG and PCTG Polymers," M.S. thesis, South Dakota State Univ., 2023.

[6] Sedlak, J.; Joska, Z.; Jansky, J.; Zouhar, J.; Kolomy, S.; Slany, M.; Svasta, A.; Jirousek, J. Analysis of the Mechanical Properties of 3D-Printed Plastic Samples Subjected to Selected Degradation Effects. Materials 2023, 16(8).

[7] Tunçel, O.; Kâhya, Ç.; Tüfekci, K. Optimization of Flexural Performance of PETG Samples Produced by Fused Filament Fabrication with Response Surface Method. *Polymers* 2024, *16*, 2020.

[8] British Standart, *Plastics—Determination of tensile properties*, International Organization for Standardization.

[9] M. Daly, et al., "Effects of Infill Density and Pattern on the Tensile Mechanical Behavior of 3D-Printed Glycolyzed Polyethylene Terephthalate Reinforced with Carbon-Fiber Composites by the FDM Process," *Polymers*, 2024.

[10] M. T. Birosz, et al., "Effect of FDM infill patterns on mechanical properties," *Polymer Testing*, vol 113, 2022.

[11] O. F. Taresh, M. T. Mezher and E. G. Daway, "Mechanical Properties of 3D-Printed PETG Samples The Effect of Varying Infill Patterns:" *Revue des Composites et des Matériaux Avancés*, vol. 33, 2023.

[12] S. V. L. S., et al., "Evaluation of mechanical properties of 3D printed PETG and Polyamide (6) polymers," *Chemical Physics Impact*, vol.8, 2024.

[13] B. Ergene and Ç. Bolat, "An Experimental Investigation on the Effect of Test Speed on the Tensile Properties of the PETG Produced by Additive Manufacturing," *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, vol. 6, 2022.

[14] Y. Kuruoğlu, M. Akgün, and H. Demir, "FDM Yöntemiyle Üretilen ABS, PLA ve PETG Numunelerin Yüzey Pürüzlülüğü ve Çekme Dayanımının Modellenmesi ve Optimizasyonu," *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, vol. 6, 2022.

SAC BÜKÜM PARÇALARIN KALINTI GERİLME VE GERİNİM SERTLEŞMESİ PARAMETRELERİNİN YORULMA ÖMRÜNE ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR METODUYLA İNCELENMESİ

Ege KİPRİKSİZ
Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Müendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0006-0620-5586

Prof.Dr. Tuncay KARAÇAY
Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-6014-5610

ÖZET
Yapısal analiz ve yorulma simülasyonlarında malzemelerin mekanik özelliklerinin tanımlanması önem taşımaktadır. Özellikle sac metal malzeme gibi şekillendirilmiş yapısal parçaların sayısal analizlerinde doğrudan malzemeye ait temel özelliklerin verildiği malzeme kartlarının kullanılması analiz ve gerçek davranış arasında farklara sebep olmaktadır. Bu sebeple büküm vb. yöntemler ile şekillendirilmiş metal malzemelerde oluşan plastik deformasyonlar ve kalıntı gerilmeler kaynaklı mekanik özelliklerdeki değişimler öncelikle hesaplandıktan sonra yorulma analizlerini yapılması daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada şekillendirmenin etkisinin incelenmesi için V-şekilli bir sac braket hem doğrudan yazılımda kullanılan temel malzeme özellikleri tanımlanarak hem de sonlu elemanlar analizi yöntemi şekillendirme simülasyonları yapılarak karşılaştırmalı olarak yorulma davranışları incelenmiştir. Şekillendirme sürecinden geçmiş parçada oluşan gerinim sertleşmesinin akma sınırını yükselttiği, beraberinde kalıntı gerilmenin yükleme esnasında oluşan gerilmenin üzerine eklendiği için ortalama gerilme seviyesi artmıştır. Bu iki parametrenin yorulma ömrüne birbirinden farklı etkisi olması sebebiyle, düşük ivmeli yüklemelerde sertleşme etkisinin yorulma ömrünü uzatma eğilimi gösterdiği, yüksek ivmeli yüklemelerde ise kalıntı gerilmenin baskın gelmesiyle gerilmesiz modele kıyasla yorulma ömrünün daha kısa olduğu gözlemlenmiştir. Bulgular sac şekillendirme yöntemi ile elde edilen parçaların güvenilir titreşimli yorulma analizlerinin yapılabilmesi için, şekillendirme kaynaklı iç gerilme ve gerinim değerlerinin elde edilerek çalışmalara dahil edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Sac metal şekillendirme, sonlu elemanları analizi, titreşim yorulması, gerinim sertleşmesi.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF RESIDUAL STRESS AND STRAIN-HARDENING PARAMETERS OF SHEET METAL BENDING PARTS ON FATIGUE LIFE USING THE FINITE ELEMENT METHOD

ABSTRACT
Defining the mechanical properties of materials is essential in structural and fatigue simulations. Especially in numerical analyses of formed structural parts such as sheet-metal components, using standard material cards that include only the basic properties of the as-received material can lead to differences between the simulation results and the real behavior. Therefore, for metal materials formed by bending and similar processes, fatigue analyses provide more accurate results when the changes in mechanical properties caused by plastic deformation and residual stresses are first evaluated and then included in the simulations.

In this study, to investigate the effect of forming, the fatigue behavior of a V-shaped sheet-metal bracket was examined comparatively using two approaches: one based on a nominal model defined with the basic material properties directly available in the software, and the other based on a model obtained through finite-element forming simulations. The results show that the strain hardening developed during forming increases the yield strength, whereas the residual stresses carried over from forming combine with the service stresses, leading to a higher mean stress Because these two parameters affect fatigue life in different ways, it was observed that under low-acceleration loading the hardening effect tends to extend fatigue life, whereas under high-acceleration loading residual stresses become dominant, resulting in a shorter fatigue life compared with the stress-free model. The findings indicate that, to perform reliable vibration-fatigue analyses for parts produced by sheet-metal forming, the residual stress and plastic strain fields generated during forming must be determined and included in the evaluations.
Keywords: sheet metal bending, finite element analysis, vibration fatigue, strain hardening.

GİRİŞ

Sac metal şekillendirme yöntemiyle imal edilen metal malzemeler tasarım esnekliği ve imalata elverişliliği konularındaki avantajları doğrultusunda mühendislik uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Talaşlı imalat yöntemleriyle üretimi mümkün olmayan birçok endüstriyel parça otomotiv, havacılık, beyaz eşya ve makine imalatı gibi birçok sektörde sac metal şekillendirme yöntemi ile üretilir. Mühendislik uygulamalarında özellikle yüksek adetli üretilen parçalar üzerinde bu yöntemlerin tercih edilmesinin başka bir sebebi ise ham malzemenin talaşlı imalat yöntemleriyle boşaltılarak son şeklin elde edildiği seçenekler yerine sac plakaların şekillendirildiği yöntemlerin daha düşük maliyetli ve aynı sürede daha yüksek adette üretim sağlamasıdır. [1,2]

Ancak bu yöntem kullanılırken bilinmesi ve dikkat edilmesi gereken bazı parametreler mevcuttur. Sac büküm metodu temel olarak plastik bir şekillendirme yöntemidir. Bu sebeple şekillendirme esnasında malzeme elastoplastik davranış sergiler. Bükümün gerçekleştirilebilmesi için bükülecek bölgeye bir büküm kuvveti uygulanır, bu kuvvet kaldırıldığında parça üzerinde bir miktar geri açılma davranış meydana gelir. Elde edilen nihai parçada kalıntı gerilme ve plastik gerinime sahip bir büküm bölgesi oluşur. [3,4] Gerinim sertleşmesi geçirmiş bu bölgede kalıntı gerilmelerin üzerine parçanın kullanımı esnasında oluşan servis yükleri de eklendiğinde özellikle titreşim altında çalışılan senaryolarda yorulma ömrü dikkate değer şekilde etkilenebilmektedir. [5]

Yapıda gerçekleşen bu değişimlere rağmen mühendislik analiz çalışmalarında sac büküm parçalar sıklıkla bu etkilere uğramamış kabul edilerek, kalıntı gerilme ve plastik deformasyon etkileri barındırmayan doğrudan modeller hazırlanmaktadır. Bu yaklaşımla gerçekleştirilen simülasyonlarda, şekillendirme sonrası oluşan gerinim sertleşmesi ve kalıntı gerilme alanları bulunmaması sebebiyle yapısal dayanım ve yorulma ömrü çıktılarında yanıltıcı sonuçlar elde edilebilmektedir. Literatürde de belirtildiği üzere şekillendirme etkilerinin yorulma ömrü tahminlerine entegre edilebilmesi durumunda yerel hasar yaklaşımının doğruluğunda artış gözlemlenmiştir. Şekillendirme sonrası iç yapısı dikkate alınmayan doğrudan modeller ise bu değişimi tam olarak temsil edememektedir. Dolayısıyla, sac büküm parçaların titreşim altında güvenilir ömür tahminleri için şekillendirme kaynaklı iç gerilme–gerinim alanlarının analize dâhil edilmesi kritik önem taşımaktadır. [6,7]

Bu çalışmada şekillendirmenin etkisini inceleyebilmek için V-şekilli bir sac braket hem ek bir tanımlama yapılmadan standart malzeme kartı üzerinden, olduğu gibi hem de sonlu elemanlar analizi yöntemi şekillendirme simülasyonları yapılarak karşılaştırmalı olarak yorulma davranışları incelenmiştir.

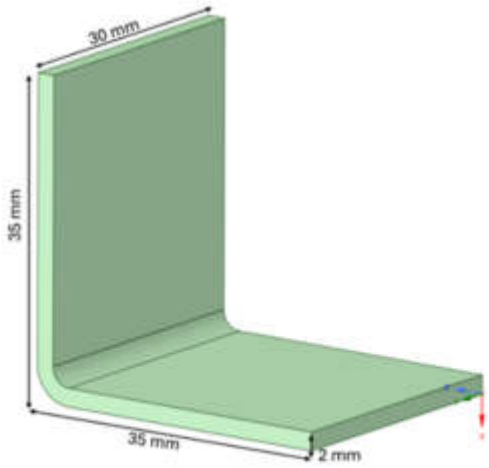
YÖNTEM

Geometri ve Malzemenin Tanımlanması

İncelenen parça EN 10025-2 standardına uygun 2 mm kalınlığa sahip S355 malzeme tanımlanmış [8] V-şekilli bir sac brakettir parçaya ait ölçüler Şekil 5'de malzeme bilgisi ise Tablo 2'de belirtilmiştir. Parçanın geometrisi düz bir sac levhanın V-kalıp ile bükülmesiyle elde edilmektedir. Sac kalınlığı, bükme yarıçapı ve V-açısı çalışma kapsamında sabit tutulmuş; bükme bölgesi, yorulma açısından kritik bölge olarak ele alınmıştır.

Tablo 2. S355 nalzeme özellikleri tablosu

Özellik	**Değer**
Malzeme standardı	S355, EN 10025-2
Sac kalınlığı	2 mm
Elastisite modülü	210 GPa
Poisson oranı	0.30
Yoğunluk	7850 kg/m³
Minimum akma dayanımı	355 MPa (t ≤ 16 mm)
Çekme dayanımı (kopma)	570 MPa
Minimum yüzde uzama	22% (t ≤ 40 mm)



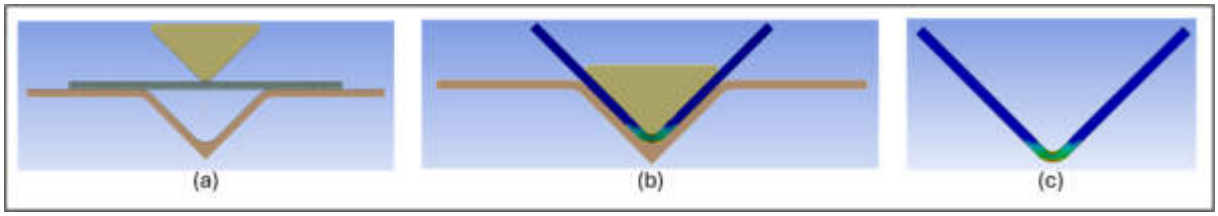
Şekil 5. Olduğu gibi kullanılan V-braket geometrisi

Kullanılan malzeme elastoplastik davranış gösterecek şekilde tanımlanmıştır. Şekillendirme analizinde gerçek gerilme–gerinim eğrisi ve sertleşme modeli kullanılmıştır. Nominal analizde ise yazılımın standart malzeme kartında bulunan temel malzeme özellikleri (E, ν, σy vb.) esas alınmıştır. Bu yaklaşım farkının, şekillendirme sonrası mekanik özellik değişimini temsil etmediği bilindiğinden, iki senaryo arasındaki farkların temel kaynağı oluşturması beklenmektedir.

Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Sac Bükme ve Geri Yaylanma Simülasyonu

Çalışmanın ilk adımı olarak yassı sac levha için lineer olmayan statik sac bükme analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz modelinde Quadratic Hexa SOLID186 ağ elemanları kullanılmıştır, gerçekçi sonuçlar alabilmek için SOLID186 elemanları büküm kalınlığı boyunca 4 adet tanımlanmıştır. Şekil 6.a'da da gösterildiği üzere modelde kalıp ve abkant büküm bıçağı yüzeyleri rijit olarak tanımlanmış, sac-kalıp teması sürtünmeli temas (Coulomb) olarak modellenmiştir. Sac malzeme elastoplastik, izotropik sertleşmeli bir modelle temsil edilmiştir. Lineer olmayan çözümde büyük şekil değiştirme, lineer olmayan temas ve malzeme birlikte çözülmüştür.

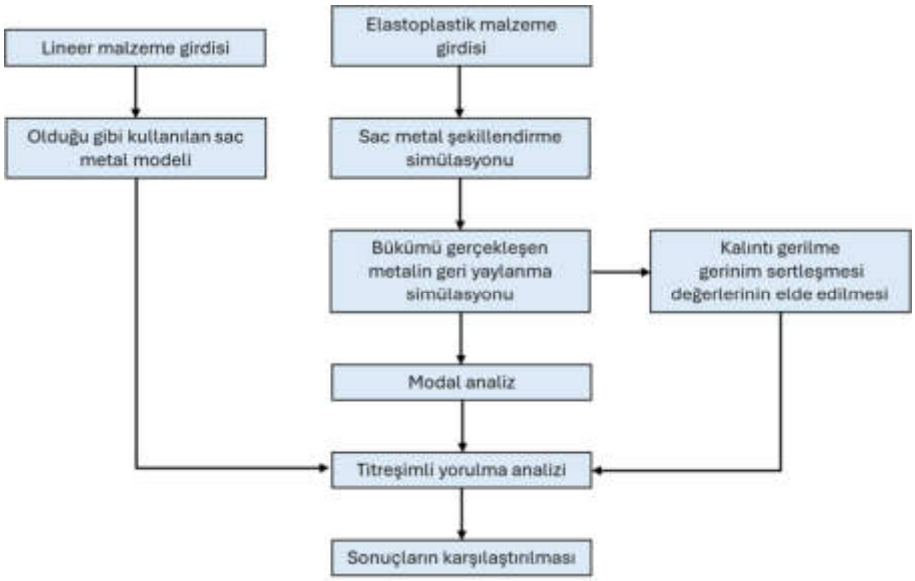
Bükme operasyonu tamamlandıktan sonra Şekil 6.b'de abkant büküm bıçağı yükü tamamen kaldırılmış ve parça serbest bırakılarak geri yaylanma adımı simüle edilmiştir. Geri yaylanma, bükme sırasında oluşan elastik enerji birikiminin boşalmasıyla gerçekleşen elastik toparlanmayı temsil eder ve nihai kalıntı gerilme dağılımlarının gerçekçi çıkarımı için zorunlu bir adımdır. [9] Bu adım sonucunda Şekil 6Şekil 6.c'de belirtilen nihai V-braket geometrisi ve şekillendirme sonrası kalıntı gerilme ile eşdeğer plastik gerinim (εp) alanları elde edilmiştir.



Şekil 6. (a) Sac metal şekillendirme modeli, (b) Abkant ile kalıpta büküm sonucu, (c) geri yaylanmasını tamamlamış sac metal ve elde edilen iç yapı

Analiz Metodolojisi ve Karşılaştırma Kurgusu

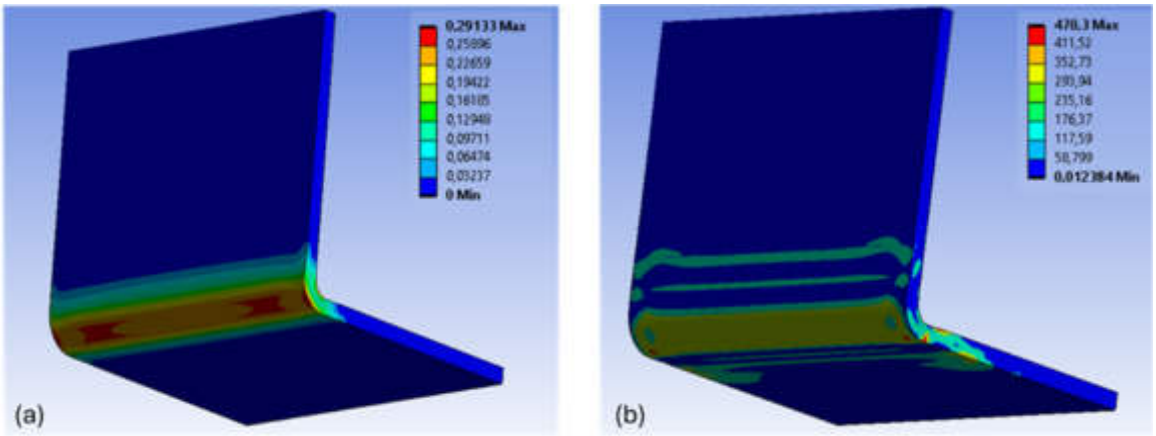
Bu aşamadan sonra, şekillendirmenin etkisini net şekilde ortaya koyabilmek amacıyla Şekil 7'te şematik olarak verilen analiz kurguları gerçekleştirilmiştir. Aynı geometriden hareketle iki ayrı sayısal analiz kurgusu tanımlanmıştır. İlk kurguda parça, iç gerilme ve plastik gerinim içermeyen "olduğu gibi" bir başlangıç durumu ile temsil edilmiş; böylece uygulamada yaygın olarak kullanılan alışılagelmiş yaklaşımın verdiği sonuçlar elde edilmiştir. İkinci hatta ise şekillendirme ve geri yaylanma sonrasında oluşan kalıntı gerilme ile plastik gerinim alanları başlangıç koşulu olarak modele dâhil edilerek parça, gerçek üretim geçmişini taşıyan iç yapısıyla analiz edilmiştir. Her iki analiz hattı aynı sınır şartları ve aynı titreşim yükleri altında çalıştırılarak, yalnızca şekillendirme kaynaklı iç yapı farkının yorulma davranışı üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 7. Analiz adımları ve karşılaştırma kurgusu

BULGULAR

Şekillendirme analizi sonucunda ortaya çıkan bu alanlar, parçanın servis koşullarını temsil eden sonraki çözümlemelerde başlangıç durumu olarak kullanılmak üzere nihai geometri üzerine taşınmıştır. Böylece büküm bölgesinde oluşan yerel plastik gerinim birikimi ve buna bağlı gerinim sertleşmesi etkisi korunmuş, aynı zamanda şekillendirme sonrası parçada kalan kalıntı gerilmelerin servis yükleriyle etkileşiminin incelenmesine imkân sağlanmıştır. Simülasyon ortamında gerçekleştirilen sac büküm analizinden elde edilen plastik gerinim Şekil 8'te verilmiştir.



Şekil 8. Sac büküm sonrası elde edilen plastik gerinim ve kalıntı gerilme sonuçları

1 g seviyesinde, doğal frekansa karşılık gelen titreşim zorlaması altında gerçekleştirilen titreşimli yorulma analizleri sonucunda gerilmesiz model ile şekillendirme sonrası kalıntı gerilme ve plastik gerinim bilgisi içeren model arasında belirgin bir ömür farkı elde edilmiştir. Nominal modelde kritik büküm bölgesinde hesaplanan yorulma ömrü 10^5 tekrar mertebesinde bulunurken, aynı sınır şartları ve aynı titreşim yükü altında kalıntı gerilme–gerinim alanlarını içeren modelde ömür 10^4 tekrar mertebesine düşmüştür.

Bu sonuç, şekillendirme sonrası oluşan gerinim sertleşmesinin yerel akma dayanımını yükseltmesine rağmen, kalıntı gerilmelerin servis sırasında oluşan gerilmelere eklenerek ortalama gerilme seviyesini artırması nedeniyle hasar birikiminin hızlanabildiğini göstermektedir. Dolayısıyla yalnızca nominal model üzerinden yapılan titreşimli yorulma tahminleri, özellikle rezonans civarında çalışan sistemlerde, ömrü yaklaşık bir mertebe daha iyimser öngörebilmektedir.

Titreşimli yorulma analizlerinde ortalama gerilme düzeltmesi için Goodman yöntemi kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, şekillendirme kaynaklı iç (kalıntı) gerilmenin ortalama gerilmeye doğrudan eklendiği kabul edilmiştir. Buna göre toplam ortalama gerilme Eşitlik 1'de verilmiştir.

$$\sigma_{m,toplam} = \sigma_{m,servis} + \sigma_{kalıntı} \quad (1)$$

Goodman düzeltmesi ile eşdeğer düzeltilmiş gerilme genliği ise Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$\sigma_{a,eşdeğer} = \frac{\sigma_a}{\left(1 - \frac{\sigma_{m,\text{toplam}}}{\sigma_u}\right)} \quad (2)$$

Burada σ_a titreşim yüklemesinden doğan gerilme genliğini, σ_u malzemenin çekme dayanımını, $\sigma_{m,\text{servis}}$ titreşim yükünün oluşturduğu ortalama gerilmeyi ve $\sigma_{\text{kalıntı}}$şekillendirme sonrası parçada kalan iç gerilmeyi temsil etmektedir. Kalıntı gerilmenin $\sigma_{m,\text{toplam}}$ değerini artırması, Goodman bağıntısı üzerinden $\sigma_{a,eşdeğer}$ büyüklüğünü yükseltmekte ve böylece nominal modele kıyasla daha düşük yorulma ömrü tahmin edilmesine yol açmaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada 2 mm kalınlığında S355 sacdan üretilen V-şekilli bir braket için sac bükme ve geri açılma süreçleri sayısal olarak modellenmiş, şekillendirme sonrası oluşan plastik gerinim, ve kalıntı gerilme alanlarının titreşim kaynaklı yorulma ömrüne etkisi gerilmesiz model ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, şekillendirme geçmişinin analize dâhil edilmemesinin ömür tahminlerinde belirgin sapmalara yol açabildiğini göstermiştir. 1 g seviyesinde doğal frekans zorlaması altında gerilmesiz modelde kritik bölgede 10^4 tekrar mertebesinde bulunan yorulma ömrü, kalıntı gerilme ve plastik gerinim alanlarıyla birlikte değerlendirildiğinde 10^3 tekrar mertebesine düşmüştür. Bu farkın temelinde, şekillendirme sonrası gerinim sertleşmesinin yerel akma dayanımını artırmasına karşın kalıntı gerilmelerin servis yüklerinin oluşturduğu gerilmeye eklenerek ortalama gerilmeyi yükseltmesi ve böylece rezonans civarında hasar birikimini hızlandırması yer almaktadır. Sonuç olarak sac büküm parçaların güvenilir titreşimli yorulma değerlendirmeleri için şekillendirme ve geri açılma sonrası nihai kalıntı gerilme ile plastik gerinim alanlarının belirlenmesi ve yorulma analizlerine başlangıç durumu olarak aktarılması gereklidir; sonraki aşamada sayısal sonuçların deneysel titreşim testleriyle doğrulanması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Trzepieciński, T. (2012). Advances in sheet metal forming technologies. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Mechanika, 84(4/12), 60–68.

[2] Ikumapayi, O. M., Akinlabi, E. T., Madushele, N., & Fatoba, S. O. (2020). A brief overview of bending operation in sheet metal forming. In S. S. Emamian (Ed.), Advances in Manufacturing Engineering (pp. 139–147). Springer.

[3] Hamouda, A. M. S., Abu Khadra, F., Hamadan, M. M., Imhemed, R. M., & Mahdi, E. (2004). Springback in V-bending: A finite element approach. International Journal of Materials and Product Technology, 21(1–3), 124–136.

[4] Srinivasan, R., Vasudevan, D., & Padmanabhan, P. (2012). Prediction of spring-back and bend force in air bending of electro-galvanised steel sheets. International Journal of Engineering and Technology, 4(6), 2636–2640.

[5] Hariharan, K., & Prakash, R. V. (2012). Integrating effect of forming in fatigue life prediction: Review of present scenario and challenges. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 226(7), 1127–1145.

[6] Souto, C., Parente, M. P. L., Correia, J. A. F. O., & de Jesus, A. M. P. (2024). The effect of cold forming residual stresses in local fatigue approaches: A numerical perspective. Thin-Walled Structures, 199.

[7] Tegnemyr, K. (2022). Fatigue impact of residual stresses from manufacturing processes. Yüksek Lisans Tezi, Chalmers University of Technology, Göteborg, İsveç.

[8] EN 10025-2:2019. (2019). Hot rolled products of structural steels – Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels (S355). European Committee for Standardization (CEN).

[9] Chan, W. M., Chew, H. I., Lee, H. P., & Cheok, B. T. (2004). Finite element analysis of spring-back of V-bending sheet metal forming processes. Journal of Materials Processing Technology, 148(1), 15–24.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

OPERASYONEL VERİMLİLİK VE ÖNGÖRÜSEL KARAR DESTEK İÇİN YAPAY ZEKA TABANLI ADAPTİF DİJİTAL İKİZ PLATFORMU

Göksu Anıl KIZILDOĞAN
Analythinx
ORCID: 0000-0002-4840-4149

ÖZET

Bu çalışma, Analythinx tarafından geliştirilen ve fiziksel süreçlerin dijital ortama aktarılmasıyla operasyonel verimliliği artırmayı amaçlayan Yapay Zekâ Destekli Dijital İkiz Platformunu konu almaktadır. Geliştirilen sistem, gerçek zamanlı sensör verilerinin, süreç parametrelerinin ve makine davranışlarının yüksek doğrulukla modellenmesini sağlayarak kurumlara hem operasyonel görünürlük hem de öngörüsel karar destek yetenekleri sunmaktadır.

Proje kapsamında tasarlanan dijital ikiz mimarisi; veri toplama katmanı, yapay zekâ destekli analitik çekirdek, optimizasyon motoru ve etkileşimli izleme panelleri olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır. Zaman serisi veriler üzerinde otomatik özellik çıkarımı, anomali tespiti, arıza tahmini ve performans optimizasyonu yapan modeller; LSTM, autoencoder mimarileri, gradyan arttırma algoritmaları ve istatistiksel kestirim yöntemleri ile bir arada çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece sistem, operasyonlarda meydana gelebilecek sapmaları erken aşamada tespit edebilmekte ve kullanıcıya öngörüsel uyarılar sunmaktadır.

Dijital ikiz platformunun en önemli yeniliklerinden biri, hem geçmiş davranışı modelleyen retrospektif öğrenme hem de yeni verilerle kendini güncelleyebilen adaptif öğrenme yapısını bir araya getirmesidir. Bu yaklaşım, fiziksel ortamda değişen koşulların modele hızlı bir şekilde yansıtılmasını ve simülasyon doğruluğunun sürekli iyileştirilmesini mümkün kılmaktadır. Projede ayrıca optimizasyon algoritmaları kullanılarak enerji tüketimi, üretim verimliliği ve süreç performansı gibi kritik KPI'lar için alternatif senaryolar oluşturulmakta; kullanıcılar bu senaryolar üzerinden karar destek analizleri gerçekleştirebilmektedir.

Çalışmanın sonucunda; bakım planlamasının öngörüsel biçimde yapılması, duruş sürelerinin azaltılması, işletme verimliliğinin artırılması ve operasyonel maliyetlerin düşürülmesi hedeflenmektedir. Bu yönüyle proje, dijital ikiz teknolojisini geleneksel modelleme yaklaşımlarının ötesine taşıyarak yapay zekâ temelli öngörüsel analitikle birleştirmekte ve kurumlara yüksek katma değerli bir dijital dönüşüm altyapısı sunmaktadır.

Geliştirilen yaklaşım, üretimden enerjiye, lojistikten akıllı tesis yönetimine kadar birçok sektörde uygulanabilir nitelikte olup Analythinx'in Ar-Ge yetkinlikleri doğrultusunda ulusal ve uluslararası ölçekte yaygınlaştırılmaya hazır bir çözüm olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dijital İkiz, Yapay Zekâ, Öngörüsel Analitik, Zaman Serisi Modelleme, Anomali Tespiti, Operasyonel Verimlilik.

AN AI-POWERED ADAPTIVE DIGITAL TWIN PLATFORM FOR OPERATIONAL EFFICIENCY AND PREDICTIVE DECISION SUPPORT

ABSTRACT

This study focuses on the AI-Powered Digital Twin Platform developed by Analythinx, designed to enhance operational efficiency by transferring physical processes into a digital environment. The system enables high-accuracy modeling of real-time sensor data, process parameters, and machine behavior, providing organizations with both operational visibility and predictive decision-support capabilities.

The digital twin architecture created within the project consists of four main components: a data acquisition layer, an AI-driven analytics core, an optimization engine, and interactive monitoring dashboards. Models that perform automatic feature extraction on time-series data, anomaly detection, fault prediction, and performance optimization are designed to work together using LSTM and autoencoder architectures, gradient boosting algorithms, and statistical forecasting methods. This allows the system to detect deviations in operations at an early stage and deliver predictive alerts to the user. One of the key innovations of the platform is its combination of retrospective learning—which models historical behavior—and adaptive learning, which continuously updates itself with new data. This approach ensures that changing conditions in the physical environment are quickly reflected in the model, enabling continuous improvement in simulation accuracy. In addition, optimization algorithms are used to generate alternative scenarios for critical KPIs such as energy consumption, production efficiency, and process performance, allowing users to conduct data-driven decision-support analyses. As a result, the study aims to enable predictive maintenance planning, reduce downtime, increase operational efficiency, and lower operational costs. In this respect, the project takes digital twin technology beyond traditional modeling approaches by combining it with AI-based predictive analytics, offering organizations a high value-added digital transformation infrastructure.
The proposed approach is applicable across various sectors—from manufacturing to energy, logistics, and smart facility management—and is considered a scalable solution ready for national and international deployment in line with Analythinx's R&D capabilities..
Keywords: Digital Twin, Artificial Intelligence, Predictive Analytics, Time-Series Modeling, Anomaly Detection, Operational Efficiency.

GİRİŞ

Dijital ikiz, fiziksel bir varlığın veya sistemin sanal bir modeli olup sensörlerden gelen gerçek zamanlı verilerle beslenir (Fei ve diğerleri, 2022) . Bu teknoloji, ürün yaşam döngüsünü kapsayarak fiziksel sistemin davranışını simüle etmeye ve izlemeye olanak tanır. Gerçek zamanlı bilgi ve öngörüler sayesinde ekipman ve tesis performansı optimize edilir; sorunlar tespit edilip müdahale edilerek arıza süreleri azaltılır. Örneğin, dijital ikizler akıllı sensör verileriyle sürekli beslenerek arızaların daha ortaya çıkmadan önce tespit edilmesine imkân verir.

Güncel araştırmalar, dijital ikizlerin üretim (Zhou ve diğerleri, 2020), enerji (Wei ve diğerleri, 2022) , lojistik (Haße ve diğerleri, 2019), sağlık (Erol ve diğerleri, 2020) ve inşaat (Jiang ve diğerleri, 2021) gibi birçok sektörde benimsendiğini göstermektedir. Üretimde dijital ikiz prototipleri, tasarım aşamasından tesislerin bakımına kadar tüm yaşam döngüsünde ekipman performansını izleme ve analiz etme imkânı sunar. Enerji sektöründe ise açma-kapama tesisleri, rüzgâr çiftlikleri ve güneş santralleri gibi varlıkların performansını ve ömür döngüsünü optimize etmek için dijital ikizler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kurumlara sağlanan operasyonel görünürlük, sürekli izleme ve öngörücü bakım uygulamaları sayesinde üretkenlik artarken maliyetler azalır. Özellikle Endüstri 4.0 ortamında Nesnelerin İnterneti (IoT), yapay zekâ, büyük veri analitiği ve otonom sistemler dijital ikiz süreçleriyle birleşerek dinamik üretim değişimlerine hızlı uyum sağlamayı ve ürün piyasaya sürüm sürelerini kısaltmayı mümkün kılmaktadır (Pires ve diğerleri, 2019).

Akademik çalışmalar, yapay zekâ ve dijital ikiz teknolojilerinin bakım stratejilerini dönüştürdüğünü göstermektedir. Örneğin Chen ve diğerleri. (2025), fiziksel varlıklar, veri iletimi, dijital ikiz modeli, AI analitiği ve bakım hizmetlerini kapsayan beş katmanlı bir çerçeve önermiştir. Benzer şekilde bu projede de çok katmanlı bir mimari benimsenmiş; veri toplama, analitik çekirdek, optimizasyon ve kullanıcı arayüzü katmanları entegre edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Analythinx tarafından geliştirilen yapay zekâ destekli dijital ikiz platformunu tanıtmak; sistem mimarisi, kullanılan modeller ve optimizasyon süreçlerinin açıklanması ile elde edilen kazanımları sunmaktır. Ardından bir vaka incelemesi ile platformun uygulama potansiyeli örneklenerek bakım planlaması, duruş süreleri ve maliyetler üzerindeki etkisi değerlendirilecektir.

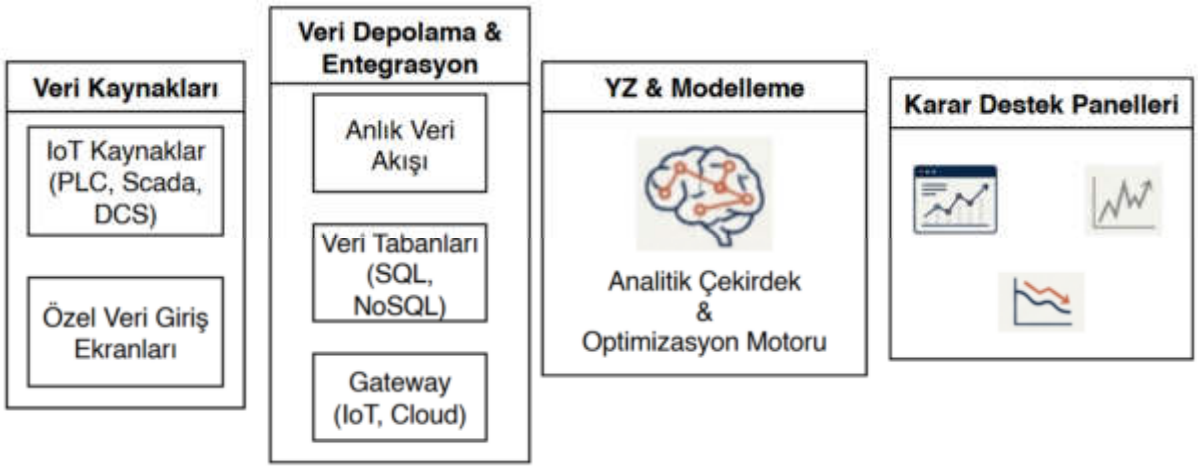
ARAŞTIRMA ve YÖNTEM

Sistem ve Teknoloji Mimarisi

Önerilen dijital ikiz platformu, çok katmanlı bir yapısal mimari üzerine kurulmuştur. Yabancı kaynaklarda dijital ikiz mimarisi genellikle fiziksel varlık, veri iletimi, dijital model, analitik ve hizmet katmanlarını içeren bir çerçevede ele alınmaktadır (Redelinghuys ve diğerleri, 2020). Bu projede de dört temel bileşen öngörülmüştür:

- Veri Toplama Katmanı: Fiziksel tesislerdeki sensörler ve IoT cihazları aracılığıyla gerçek zamanlı olarak toplanan sensör verileri, süreç parametreleri ve makine işleticisi verileri bu katmanda bir araya getirilir. Bu katman, "Oluşturma" ve "İletişim" aşamalarını içerir; fiziksel varlıktaki sensörlerin bağlanması, sürekli veri akışının sağlanması ve veri transferinin gerçekleşmesi işlevlerini üstlenir. Tüm veriler uygun formatta etiketlenerek merkezi bir veri havuzuna iletilir.
- Yapay Zekâ Destekli Analitik Çekirdeği: Toplanan zaman serisi verileri bu katmanda işlenir. Otomatik özellik çıkarımı ile öznitelik mühendisliği, anomali tespiti, arıza tahmini ve performans optimizasyonu modelleri burada geliştirilir (Dong ve diğerleri, 2018). Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) ağları (Yu ve diğerleri, 2019) gibi derin öğrenme modelleri ile otomatik kodlayıcı (autoencoder) mimarileri anomali ve arıza belirleme için kullanılırken; XGBoost, AdaBoost ve Random Forest gibi gradyan artırma yöntemleri (Chen, 2016) ve istatistiksel kestirim algoritmaları (örn. ARIMA) arıza olasılığı ve performans ölçümlerini tahmin eder (Shumway ve diğerleri, 2017). Örneğin literatürde, LSTM-Autoencoder tabanlı bir model kullanılarak ekipman arızalarının zaman serisi verileri üzerinden başarılı bir şekilde tahmin edildiği gösterilmiştir. Ayrıca bir çalışmada XGBoost ve AdaBoost gibi topluluk yöntemlerinin yüksek tahmin gücü ve sağlamlıkları nedeniyle kestirim modellerinde tercih edildiği vurgulanmıştır. Dijital ikiz yaklaşımında bu modeller eşgüdümlü çalışarak, anlık verilerde sapma algılar, gelecekteki arızaları öngörür ve performans hedefli tahminler oluşturur.
- Optimizasyon Motoru: Analiz çekirdeğinden elde edilen içgörüler ışığında, enerji tüketimi, üretim verimliliği ve süreç performansı gibi Kritik Anahtar Performans Göstergeleri (KPI'lar) için optimizasyon algoritmaları çalıştırılır (Parekh ve diğerleri, 2021). Farklı senaryolar (örneğin daha düşük enerji kullanımı veya yüksek üretim hızı) oluşturulur ve bu senaryoların etkileri simülasyonlarla değerlendirilerek kullanıcıya sunulur. Bu sayede sistem, geleceğe dönük en verimli çalışma koşullarını önerir. Literatürde, dijital ikiz destekli optimizasyonun enerji sistemleri ve üretim süreçlerinde etkin olduğu, kaynak tahsisi ve performansın iyileştirilmesinde başarı sağladığı rapor edilmiştir.
- Etkileşimli İzleme Panelleri (Dashboard): Son katman, kullanıcıya görsel geri bildirim sağlayan arayüzlerden oluşur. Panolar üzerinde gerçek zamanlı KPI takibi, sistem uyarıları ve simülasyon sonuçları sunulur. Kullanıcılar buradan farklı çalışma senaryolarını inceleyerek karar destek analizleri yapabilir.

Mimarinin kavramsal modeli Şekil 1'de özetlenmiştir. (Şekil 1: Dijital ikiz platformunun çok katmanlı mimarisi.)



Şekil 1: Çok katmanlı dijital ikiz mimarisi: (1) Veri Toplama, (2) Veri İletişim/Depolama, (3) AI Analitik Çekirdeği, (4) Optimizasyon Motoru, (5) Karar Destek Panelleri.

Bu mimari, Parrott ve Warshaw (2017) tarafından tanımlanan altı aşamalı dijital ikiz konsepti ile paralellik gösterir. Yabancı kaynaklarda dijital ikiz mimarileri genellikle (1) veri toplama, (2) iletişim ve entegrasyon, (3) veri işleme ve depolama, (4) analitik işleme ve (5) eyleme dönüşüm aşamalarından oluşur. Bu çalışmada da benzer bir yaklaşım benimsenerek sensör verileri toplanıp analitik işlemlerden geçirilmekte, elde edilen öngörüler panolarda görselleştirilmekte ve önerilen çözümler fiziksel sistemde aksiyon olarak uygulanabilmektedir. Bu yapısal yaklaşım, mekanik bir tesisin ISO 23247 standardına uygun entegrasyon sürecine de benzer şekilde hizmet ederken, işletmelere stratejik bir avantaj sunar.

Makine Öğrenmesi ve Analitik Modeller

Sistem, zaman serisi verileri üzerinde hem denetimli hem de denetimsiz öğrenme modellerini bir arada kullanır. Örneğin, bir ekipmanın vibrasyon, sıcaklık veya basınç gibi çeşitli sensör parametreleri tek bir zaman serisi oluşturur. LSTM ağları bu zaman serilerindeki uzun vadeli bağımlılıkları yakalayarak arıza öncesi anomalileri tahmin edebilir. Aynı zamanda, autoencoder mimarileri herhangi bir arıza durumu olmadan sadece sağlıklı çalışma verileri ile eğitilerek sapmaları (anomalileri) tespit edebilir. Özellik çıkarımı otomatik biçimde yapılırken, gradyan artırma sınıflandırıcıları ve regresyon algoritmaları çalışma koşulları ile olası arıza zamanları arasında istatistiksel kestirim modelleri kurar.

Bu projede geliştirilen modellerden bazıları literatürde benzer başarılar göstermiştir. Örneğin, Xanthi Bampoula ve diğerlerinin (2024) çalışmasında LSTM-Autoencoder ve Transformer tabanlı bir yaklaşımla ekipman arızalarının mekansal ve zamansal veriler üzerinden öngörülebildiği gösterilmiştir. Benzer şekilde, XGBoost gibi ağaç tabanlı topluluk yöntemlerinin yüzey pürüzlülüğü ve enerji tüketimi gibi kritik üretim parametrelerini doğru tahmin ettiği rapor edilmiştir (Khan ve diğerleri, 2025). Ayrıca dijital ikiz sistemlerinde istatistiksel modeller de kullanılmaktadır; bir çalışma dijital ikizlerde makine öğrenmesi ile örüntü tanıma, anomali tespiti ve kestirimci bakım yapılabildiğini aktarmaktadır. Bu modellerin eş zamanlı ve entegre çalışması sayesinde, sistem bir yandan mevcut performans sapmalarını anında yakalayabilmekte, diğer yandan ileriye dönük bakım uyarıları üretebilmektedir.

Adaptif Öğrenme ve Sürekli Güncelleme

Dijital ikiz platformunun en yenilikçi yönlerinden biri, hem retrospektif öğrenme hem de çevrimiçi adaptif öğrenme yeteneğini birleştirmesidir. Başlangıçta geçmiş sensör verileri üzerinde kapsamlı bir eğitim (offline) gerçekleştirilerek model temel davranışları öğrenir. Ardından sisteme yeni veriler eklendiğinde model, adaptif öğrenme mekanizmalarıyla kendini günceller. Literatürde bu bağlamda sürekli öğrenme yaklaşımları önem kazanmıştır; örneğin bir çalışmada dijital ikizlerde gelen yeni veri akışlarına uyum sağlamak için adaptif kayar pencere teknikleri önerilmiştir. TWIN-ADAPT isimli çalışmada, dijital ikiz her yeni veri kümesi geldiğinde adaptif kayar pencere ile modeli yeniden eğiterek dinamik veri dağılımlarına uyum sağlamıştır. Bu sayede modelin doğruluğu düşmeden değişen koşullara tepki verilebilir hale gelmiştir (Gupta ve diğerleri, 2024).

Khan ve diğerleri de (2025) dijital ikizlerde adaptif öğrenmenin kritik olduğunu vurgulamış, geleneksel modellerin manuel yeniden eğitim gereksinimini aşmak için sürekli öğrenme mekanizmalarının gerekli olduğunu belirtmiştir. Örneğin, yeni bir çalışma dijital ikizi bir temiz oda sistemi bağlamında ele almış ve adaptif kayar pencere ile PSO tabanlı hiperparametre optimizasyonunu birleştirerek kavram kaymalarına karşı modelin kendini güncel tuttuğunu göstermiştir. Benzer şekilde bu platformda da, model belirli aralıklarla veya sapma tespit edildiğinde yeni verilerle güncellenmekte; böylece gerçek dünyadaki koşul değişimleri modele hızlıca yansıtılmakta ve simülasyon doğruluğu sürekli artırılmaktadır.

Karar Destek ve Optimizasyon Senaryoları

Analitik çekirdekten elde edilen içgörüler, optimizasyon motoruna aktarılarak farklı çalışma senaryoları üretilir. Örneğin, bir üretim hattının enerji tüketimini azaltan veya verimi artıran alternatif parametre ayarları “What-If” simülasyonlarıyla değerlendirilir. Kullanıcılar bu senaryolar üzerinde karşılaştırmalar yaparak en avantajlı planı seçebilir. Bu yaklaşım, klasik modelleme yöntemlerinin ötesine geçerek yapay zekâ destekli öngörüsel analitik ile kaynak kullanımını en iyi düzeye getirmeye yöneliktir. Enerji yönetimi açısından bakıldığında, dijital ikizler enerji sistemlerini optimize ederek işletmelerde sürdürülebilirlik ve tasarruf sağlar. (Ba ve diğerleri, 2025)

BULGULAR VE VAKA İNCELEMESİ

Geliştirilen platformun yeteneklerini gösteren örnek bir senaryo düşünelim. Bir otomotiv parça üretim tesisinde, tüm motor parçalarını üreten makineler üzerinden güç tüketim verisi alınmaktadır. Tüketimi tahmin etmek ve farklı senaryolar üzerinden gelecek tahmini, süreç optimizasyon senaryosu ve planlı bakıma dayalı bir bakım erteleme çalışması yapalım. Bu durumda üretilen yapay zeka modelleri, makinelerden alınan geçmiş enerji tüketimleri verileri ve sıcaklık, enerji maliyeti, üretim planı gibi makine dışı veri kaynaklarından beslenerek eğitilecektir. Bu yapay zeka modelleri sensörlerden gelen zaman serilerini izleyerek tüketilerdeki anormallikleri erken aşamada tespit eder. Diyelim ki normal koşullarda bir motor parçası üretimi için ortalama 200 kWh elektriğin 3 hafta boyunca tüketilmesi planlansın. Dijital ikiz platformu, üretim planı, tesis çevresindeki hava durumu, makinelerdeki titreşim yükselişi vb. faktörleri dikkate alarak dikkate alarak bu tahmini 3 hafta için oluşturur. Çıkabilecek arızaları da belirleyerek birtakım enerji ihtiyacının öngörüleceği bakım senaryoları veya tüketim maliyetini ön plana alan enerji süreç optimizasyonu tahminleri aynı 3 hafta için analitik çekirdek tarafından oluşturulur. Bu örnek senaryoda, platformun %90 doğrulukla öngörü yapabildiğini varsayalım. Sonuç olarak düzeltilen bakım planlaması sayesinde ünite tüketim maliyeti azalmış, üretim verimi ise artmıştır.

Bu çalışmanın zamana bağlı tahmin grafiği ve senaryolar Şekil 2’de verilmiştir:



Şekil 2: Üretim tesisi için dijital ikiz platformu enerji tüketimi KPI simülasyonu çıktısı

Bu tür kazançlar literatürde de desteklenmektedir. Ba'ya göre (2025) Dijital ikiz teknolojisinin entegre edilmesiyle yıllık ortalama %3–5 seviyesinde üretkenlik artışı sağlanırken işletme maliyetlerinde anlamlı düşüşlerin elde edildiği bildirilmiştir. Vaka analizimizde olduğu gibi, anomali tespiti ve öngörücü uyarılar sayesinde plansız duruşlar minimize edilmiş, bakım kaynakları etkin kullanılarak operasyonel verimlilik yükseltilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada, Analythinx'in yapay zekâ destekli dijital ikiz platformu kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Tanıtılan sistem; gerçek zamanlı sensör verilerinden oluşan büyük veri akışlarını toplar, yapay zekâ tabanlı analitik modellerle işler ve sonuçta operasyonel görünürlük ile öngörücü karar destek araçları sunar. Dijital ikiz mimarisinde veri toplama, analitik çekirdek, optimizasyon ve kullanıcı panoları gibi katmanlar entegre edilerek çok katmanlı bir yapı kurulmuştur. Kullanılan LSTM, autoencoder ve gradyan artırma algoritmaları, hem anomali tespiti hem de arıza tahmini için etkili çözümler sağlamaktadır. Ayrıca sistem, geçmiş davranışları modelleyen retrospektif öğrenmeyi, yeni verilerle sürekli güncellenen adaptif öğrenmeyle birleştirerek simülasyon doğruluğunu artırmaktadır.

Proje kapsamında geliştirilen optimizasyon motoru sayesinde, enerji tüketimi ve üretim verimliliği gibi kritik KPI'lar için çoklu senaryolar oluşturulabilmekte; kullanıcılar bu senaryolar üzerinden en uygun kararları seçebilmektedir. Elde edilen özet sonuçlara göre dijital ikiz platformu, bakım planlamasını öngörüsel hale getirip plansız duruşları azaltarak işletme verimliliğini artırmakta ve operasyonel maliyetleri düşürmektedir. Bu bulgular, dijital ikiz destekli dijitalleşmenin %3–5 oranında üretkenlik artışı ve maliyet düşüşü sağladığını gösteren literatür sonuçlarıyla paralellik taşımaktadır.

Sonuç olarak, önerilen yaklaşımla dijital ikiz teknolojisi geleneksel modelleme sınırlarını aşıp yapay zekâ tabanlı analitik ile harmanlanarak yüksek katma değerli bir dijital dönüşüm altyapısı sunmaktadır. Geliştirilen yöntem sadece otomotiv veya imalat sektöründe değil, enerji dağıtımından lojistiğe, akıllı tesis yönetimine kadar çok çeşitli alanlarda uygulanabilir niteliktedir. Analythinx'in Ar-Ge yetkinlikleri ışığında bu platformun ulusal ve uluslararası ölçekte yaygınlaştırılabilecek olgunlukta bir çözüm olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Ba, L., Tangour, F., El Abbassi, I., & Absi, R. (2025). Analysis of Digital Twin Applications in Energy Efficiency: A Systematic Review. Sustainability, 17(8), 3560.

Bampoula, X., Nikolakis, N., & Alexopoulos, K. (2024). Condition monitoring and predictive maintenance of assets in manufacturing using LSTM-autoencoders and transformer encoders. Sensors, 24(10), 3215.

Chen, S., Turanoglu Bekar, E., Bokrantz, J., & Skoogh, A. (2025). AI-enhanced digital twins in maintenance: Systematic review, industrial challenges, and bridging research–practice gaps. Journal of Manufacturing Systems, 82, 678–699.

Chen, T. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. Cornell University.

Dong, G., & Liu, H. (Eds.). (2018). Feature engineering for machine learning and data analytics. CRC press.

Erol, T., Mendi, A. F., & Dogan, D. (2020). The Digital Twin Revolution in Healthcare. 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 1–7

Fei T, Bin X, Qinglin Q, Jiangfeng C, Ping J. (2022) Digital twin modeling, Journal of Manufacturing Systems, 64, 372-389

Gupta R, Tian B, Wang Y, Nahrstedt K. TWIN-ADAPT: Continuous Learning for Digital Twin-Enabled Online Anomaly Classification in IoT-Driven Smart Labs. Future Internet. 2024; 16(7):239

Haße, H., Li, B., Weißenberg, N., Cirullies, J., & Otto, B. (2019). Digital twin for real-time data processing in logistics, epubli

Jiang, F., Ma, L., Broyd, T., & Chen, K. (2021). Digital twin and its implementations in the civil engineering sector. Automation in Construction, 130, 103838.

Khan, T., Khan, U., Khan, A., Mollan, C., Morkvenaite-Vilkonciene, I., & Pandey, V. (2025). Data-Driven Digital Twin Framework for Predictive Maintenance of Smart Manufacturing Systems. Machines, 13(6), 481.

Parekh, V., Flore, D., & Schoeps, S. (2021). Deep learning-based prediction of key performance indicators for electrical machines. IEEE Access, 9, 21786-21797.

Parrott, A., & Warshaw, L. (2017). Industry 4.0 and the Digital Twin: Manufacturing Meets Its Match. New York: Deloitte University Press.

Pires, F., Cachada, A., Barbosa, J., Moreira, A. P., & Leitão, P. (2019, July). Digital twin in industry 4.0: Technologies, applications and challenges. IEEE 17th international conference on industrial informatics (INDIN), l, 721-726.

Redelinghuys, A. J. H., Basson, A. H., & Kruger, K. (2020). A six-layer architecture for the digital twin: a manufacturing case study implementation. Journal of Intelligent Manufacturing, 31(6), 1383-1402.

Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). ARIMA models. Time series analysis and its applications: with R examples,. Cham: Springer International Publishing, 75-163.

Wei Y, Panos P , Brent Y, Elsa K, Gordon W. (2022), Energy digital twin technology for industrial energy management: Classification, challenges and future, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 161,

Yu, Y., Si, X., Hu, C., & Zhang, J. (2019). A review of recurrent neural networks: LSTM cells and network architectures. Neural computation, 31(7), 1235-1270.

Zhou, G., Zhang, C., Li, Z., Ding, K., & Wang, C. (2020). Knowledge-driven digital twin manufacturing cell towards intelligent manufacturing. International Journal of Production Research, 58(4), 1034–1051.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

HAVACILIK ALANINDA ÇOK PAYDAŞLI AR-GE PROJE YÖNETİMİ: YÖNTEMLER, YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ARAÇLAR VE PAYDAŞLARIN STRATEJİK HİZALANMASI

Seçil HEPER
TAV Bilişim Hizmetleri A.Ş.
ORCID: 0000-0003-4717-3059

ÖZET

TAV Bilişim Hizmetleri A.Ş., dünya genelinde havacılık sektörüne yönelik ileri teknoloji çözümleri geliştiren bir kuruluştur. Ar-Ge (Araştırma ve Geliştirme) çalışmalarına da büyük önem vermektedir. Ar-Ge departmanı, yenilikçi projeler geliştirerek hem şirketin rekabet gücünü artırmayı hem de sektöre yenilikçi çözümler sunmayı hedeflemektedir. Bu bildiri, TAV Bilişim Hizmetleri A.Ş. Ar-Ge Departmanı tarafından yürütülen ulusal ve uluslararası projelerde uygulanan proje yönetimi yaklaşımını, hibrit metodolojileri ve yapay zekâ destekli yönetim araçlarını ele almaktadır. Şirket; havalimanı operasyonları, dijital ikiz platformları, çoklu sensör veri analitiği, yapay zekâ, güvenlik ve müşteri deneyimi gibi alanlarda yenilikçi çözümler geliştirerek dünya çapında havacılık sektörünün önde gelen teknoloji geliştiricilerinden biri olmayı hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda Ar-Ge faaliyetleri yalnızca teknoloji üretme süreci değil, aynı zamanda stratejik büyüme, uluslararası iş birlikleri, teşvik programlarına erişim, kurumsal yetkinlik gelişimi ve sektörel bilgi üretimini kapsayan bütüncül bir yapı olarak konumlandırılmıştır.

Çalışma, TAV Bilişim Hizmetleri'nde uygulanan proje yönetimi yaşam döngüsünü açıklamakta; geleneksel ve çevik proje yönetimi prensiplerinin hibrit bir modelde nasıl bir araya getirildiğini göstermektedir.

Bildiride, Eureka ITEA4 ekosisteminde yürütülen SOCFAI, SINTRA, ve CAPE projeleri örnek olarak incelenmiş; çok paydaşlı uluslararası projelerde kültürler arası iletişim, çıktı doğrulama, veri güvenliği, fon sağlayıcı gereksinimleri, akademi-sanayi iş birliği ve paydaş hizalaması gibi kritik yönetişim başlıkları değerlendirilmiştir. Yapay zekâ destekli proje yönetim araçlarının doküman otomasyonu, zaman çizelgesi optimizasyonu, risk tahmini, raporlama ve konsorsiyum koordinasyonunda sağladığı avantajlar tartışılmıştır.

Bu çalışma, havacılık sektöründe artan karmaşıklık, veri yoğunluğu ve çok paydaşlı proje yapılarının ihtiyaçlarına yanıt olarak ölçeklenebilir, hibrit ve yapay zekâ destekli bir Ar-Ge proje yönetim modeli önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge, proje yönetimi, teşvik, havacılık.

MANAGING COMPLEX MULTI-PARTNER R&D PROJECTS IN AVIATION: METHODOLOGIES, AI TOOLS, and STAKEHOLDER MANAGEMENT

ABSTRACT

TAV Technologies is a technology provider that develops advanced digital solutions for the global aviation industry, with a strong strategic focus on research and development activities. The R&D department aims to enhance the company's competitiveness and contribute innovative, high-impact solutions to the sector. This paper examines the project management methodologies, hybrid governance models, and AI-enabled management tools applied in national and international R&D initiatives conducted by TAV Technologies.

The company develops next-generation solutions in airport operations management, digital twin platforms, multi-modal sensor analytics, artificial intelligence, security, and customer experience; and positions itself as one of the leading technology developers in the aviation domain across the world. Accordingly, R&D is structured not only as a technology production function, but also as a holistic strategic mechanism enabling organizational capability development, international collaboration, access to funding programs, and the enrichment of aviation research.
This study outlines the project lifecycle management approach employed at TAV Technologies, demonstrating how traditional and agile project management principles are combined into a hybrid model.
The paper further analyzes projects conducted under the Eureka ITEA4 ecosystem, including SOCFAI, SINTRA, and CAPE projects evaluating critical governance aspects of multi-stakeholder international collaborations such as cross-cultural communication, deliverable validation, data security, funding body requirements, and academia-industry alignment. Moreover, it discusses how AI-powered project management tools enhance documentation automation, schedule optimization, risk forecasting, reporting, and consortium coordination.
Ultimately, this study proposes a scalable, hybrid, and AI-supported R&D project management model designed to address the increasing complexity, data intensity, and multi-stakeholder structure of projects in the aviation industry.
Keywords: R&D, project management, funds, incentives, aviation.

GİRİŞ

TAV Bilişim Hizmetleri, hizmet ve ürünleriyle havalimanlarına çözümler üretmektedir. TAV Bilişim Hizmetleri'nin ürünleri ve hizmetleri; TAV Havalimanları Holding tarafından işletilen Antalya Havalimanı, Bodrum Havalimanı, Ankara Esenboğa Havalimanı, İzmir Adnan Menderes Havalimanı, Gürcistan Tiflis ve Batum Havalimanları, Tunus Monastir Habib Bourguiba ve Enfidha-Hammamet Havalimanları, Üsküp Alexander the Great ile Ohrid St. Paul the Apostle Makedonya Uluslararası Havalimanı gibi uluslararası havalimanları da dâhil olmak üzere birçok havalimanında kullanılmaktadır.
TAV Bilişim Hizmetleri ArGe deparmanının hedefleri arasında tüm şirketi gelecek nesil teknolojilere hazırlamak, teşviklerden yararlanarak son teknoloji ve katma değeri yüksek yeni ürünler geliştirmek, çalışanların gelişim süreçlerine çeşitli programlarla katkı sunmak, Türkiye'de ve Avrupa'da havacılık endüstrisinin en iyi araştırma ve geliştirme merkezlerinden biri olmak, havacılık literatürünü zenginleştirmek ve ulusal ve uluslararası iş birliği geliştirmek yer almaktadır. Bu bağlamda, ArGe proje yönetimi, teknoloji geliştirme sürecinin temel taşlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle uluslararası iş birlikleri ve projeler, TAV Bilişim Hizmetleri'nin ArGe stratejisinin önemli bir parçasıdır. Bu yazıda, TAV Bilişim Hizmetleri ArGe departmanındaki proje yönetimi süreçleri ve Eureka ITEA4 programı kapsamında yürütülen projeler baz alınarak yeni bir proje yönetim modeli geliştirilecektir.
Eureka ITEA4 programı, yenilikçi bilgi teknolojileri projelerini destekleyen bir uluslararası iş birliği programıdır. Bu program, bilgi ve iletişim teknolojileri (Information and communication technologies) alanında faaliyet gösteren şirketlerin, üniversitelerin ve araştırma enstitülerinin bir araya gelerek yenilikçi projeler geliştirmelerini teşvik etmektedir. TAV Bilişim Hizmetleri, bu program kapsamında çeşitli projelere liderlik etmekte ve/veya ortak olarak yer almaktadır. Bu projeler, havalimanı yönetimi, güvenlik, operasyonel verimlilik ve müşteri deneyimi gibi kritik alanlarda yenilikçi çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Projelerin etkin bir şekilde yönetilmesi, beklenen etkiyi yaratmak ve hedeflere ulaşmakta önem teşkil etmektedir. ArGe Proje Yönetimi, bir projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar olan tüm proje yaşam döngüsünü kapsamaktadır. Bu döngü, fikir aşamasından başlayarak, araştırma, geliştirme, test ve uygulama süreçlerini içermektedir. TAV Bilişim Hizmetleri, bu süreçlerin her aşamasında disiplinli bir yönetim anlayışı benimseyerek, projelerin zamanında ve bütçeye uygun şekilde tamamlanmasını sağlamaktadır. ArGe proje yönetimi, ayrıca risk yönetimi, kaynak planlaması, performans takibi ve kalite kontrol gibi kritik bilgi alanlarını da içermektedir. Bu bağlamda geleneksel proje yönetimi yaklaşımı benimseniyor gibi düşünülse de, TAV Bilişim Hizmetleri çevik zihniyetin yönetim kademesinden çalışanlara kadar başarılı bir şekilde iletilmesini sağlayarak, çevik proje yönetim yaklaşımının projelere değer katacak bazı süreç ve unsurlarını, uyguladığı hibrit proje yönetim yaklaşımının içine entegre etmiştir.

ArGe departmanında yürütülen bu tür projeler, şirketin küresel pazarda rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda sektörün geleceğine yön veren yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu projeler, TAV Bilişim Hizmetleri'nin sürdürülebilir büyüme stratejisine katkı sağlamakta ve şirketin teknoloji odaklı dönüşüm sürecini hızlandırmaktadır. TAV Bilişim Hizmetleri ArGe departmanı, disiplinli bir proje yönetimi yaklaşımı ve uluslararası iş birlikleri ile sektördeki konumunu güçlendirmektedir. Eureka ITEA4 gibi programlar kapsamında yürütülen projeler, şirketin ArGe faaliyetlerine ivme kazandırmakta ve havacılık sektörüne yenilikçi çözümler sunmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Geleneksel ve Çevik Proje Yönetimi Yaklaşımları

Öngörücü, klasik, waterfall, şelale proje yönetimi olarak da bilinen geleneksel proje yönetimi sistematik bir yol izleyerek, bütüncül bir yaklaşımla projenin gereksinimlerini, paydaşların ihtiyaç ve beklentilerini yerine getirme anlamına gelmektedir. Geleneksel proje yönetiminde işler fazlar haline yürütülür. Bir faz bitmeden diğerine geçilmez. Birbiri ardına tamamlanan süreçler/fazlar sonunda proje çıktısına ulaşılır. Geleneksel proje yönetiminin şekilsel gösterimi Şekil 1'de sol kısımda yer almaktadır.

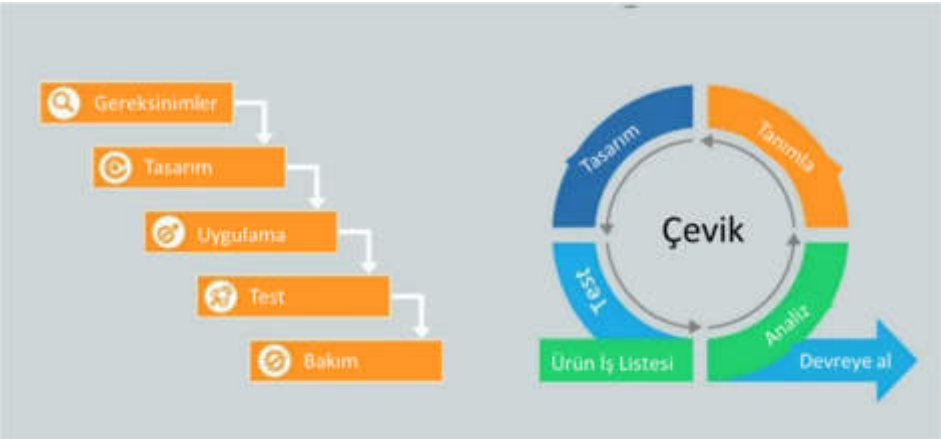
Projeler geleneksel yaklaşıma göre, Planla, Uygula, Kontrol et ve Önlem al döngüsüne uygun olarak yürütülmektedir. Projeden beklenen tamamlanma koşullarıysa projenin zamanında, planlanan proje bütçesini aşmadan, şartname ve sözleşmeye uygun bir kapsamda sonuçlandırılmasıdır. Geleneksel proje yönetiminde, Proje Kısıtlar Üçgeni, demir üçgen, şeytan üçgeni, üçlü kısıtlama olarak da bilinmektedir. Üçlü kısıtlama, işlerin başarılı şekilde tamamlanmaya doğru ilerlemesini sağlamak için kapsam, zaman ve maliyet arasındaki ödünleşimleri yönetmenin zorluklarını ele alır. Geleneksel yöntemde projeler başlatma, planlama, yürütme, izleme ve kontrol ve kapanış olmak üzere 5 süreç grubundan geçer.

Günümüzün dinamik yapısı proje yönetiminde değişikliklere yol açmıştır. Ürün yaşam döngüleri kısaldığı, şirketler hızla yeni ürün geliştirmek durumunda kaldığı ve birçok yeni projenin başlatılması gerektiği için hız, kalite, müşteri beklentilerini karşılamak ön plana alınmıştır. İş süreçlerinde ve iş yapış biçimlerinde değişimler başlamıştır. Geleneksel iş süreçlerine bağlı kalan bankacılık, hızlı tüketim, sigorta gibi kararlı endüstriler bile yeni girişimlere ihtiyaçları olduğunu fark etmişler ve bunu yeni projelerle elde edebileceklerini keşfetmişlerdir. Sonuç olarak bilişim teknolojileri ve internetteki köklü değişim, şirketleri yeni bilişim teknolojileri projelerine yatırım yapmaya zorlamıştır. Bilişim teknolojileri ve internetteki köklü değişiklikleri takip edebilmek ve projelerdeki başarısızlıkları gidermek için özellikle yazılım sektöründe faaliyet gösteren bazı organizasyonlar çevik yaklaşımı benimsemiş ve çevik proje yönetimini kullanmak için harekete geçmiştir. Çevik yaklaşım ve çevik proje yönetimini anlamak için çevik manifesto incelenmektedir.

2001 yılında yazılım sektöründen 17 düşünce lideri bir araya gelerek çevik manifestoyu ilan etmişlerdir. Buna göre; süreç ve araçlardan ziyade bireyler ve aralarındaki etkileşimlere, kapsamlı dokümantasyondan ziyade çalışan yazılıma, sözleşme pazarlıklarından ziyade müşteriyle iş birliğine, bir plana bağlı kalmaktan ziyade değişime cevap vermeye değer verilir.

Çevik bir şirket, hızlı hareket eden, uyumlu ve dayanıklı bir işletmedir. Beklenmedik ve öngörülemeyen değişikliklere ve olaylara, pazardaki fırsatlara ve müşteri gereksinimlerine hızlı bir şekilde uyum sağlama yeteneğine sahiptir. Böyle bir işletme, hıza, uyuma ve dayanıklılığa elverişli süreçler ve yapılar üzerine kurulmuştur ve bu süreç ve yapılar oldukça dinamik ve öngörülemeyen bir iş ortamında rekabet edebilecek performansa ulaşmayı sağlamaktadır.

Çevik proje yönetiminde işler küçük parçalara ayrılır ve her bir iş parçası döngüler halinde gerçekleştirilir. Buradaki amaç nihai çıktıya projenin sonunda ulaşmak yerine, ara çıktılarla müşteri geri bildirimini almak ve ara çıktıları müşteri istek ve beklentilerine göre düzenleyerek müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak ve değişikliklere hızla cevap verecek şekilde ürün ya da hizmet oluşturmaktır. Deneme yanılma tekniğinin uygulandığı, işin bölünerek bitirilmeye çalışıldığı, müşterinin beklentilerinin ön planda tutulduğu bu yaklaşımda planlama sprint adı verilen döngü başlangıcında yapılır ve dokümantasyon oldukça azdır. İnsan odaklı olan bu yaklaşımla teslimatlar sık sık yapılır. Böylece müşteriden gelecek geri bildirime göre hareket edilebilir. Çevik proje yönetiminin şekilsel gösterimi Şekil 1'de sağ kısımda yer almaktadır.



Şekil 1. Geleneksel ve çevik proje yönetim yaklaşımlarının karşılaştırılması.

TAV Bilişim Teknolojileri ArGe departmanında yürütülen bazı proje örnekleri aşağıda verilmiştir.

SOCFAI: Yapay Zekâ Destekli Güvenli Açık İş Birliği Platformu

SOCFAI projesi, havalimanları ve diğer kritik ulaşım merkezlerinde operasyonel verimliliği artırmak için yapay zekâ destekli bir operasyon kontrol çerçevesi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu proje, operasyonel sistemler arasında bilgi paylaşımını ve koordinasyonu artırarak, verimlilik ve güvenlik açısından önemli iyileştirmeler sağlamayı hedeflemektedir. Türkiye, Kore Cumhuriyeti ve Singapur ortaklığında 10 paydaşla birlikte yürütülen bir projedir. Havalimanı operasyonunda kullanılan sistemlerin kendi aralarında konuşabilmeleri çok önemlidir.

Bu, yolcuların giriş çıkış paternlerinden, uçaklara verilen hizmetlerin başlangıç bitiş anlarına kadar sunulan tüm hizmetlerde ihtiyaç duyulan verilerin koordinasyonu anlamına gelir. SOCFAI bunları bir araya getiren bir platform ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır.

SINTRA: Kritik Altyapı Güvenliğini Çoklu Sensör ve Dinamik Yapay Zekâ Kullanarak Sağlama

SINTRA projesi, kritik altyapıların güvenliğini sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir projedir. Bu proje kapsamında, çok modlu algılama ve yapay zekâ destekli veri analizi teknolojileri kullanılarak, kritik altyapıların güvenliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Projede, İzmir Adnan Menderes Havalimanı, Moerdijk Limanı, Kemi Limanı, inşaat sahaları ve demiryolu sahaları gibi çeşitli kullanım alanlarında geliştirilen durum senaryoları aracılığıyla son kullanıcıların gereksinimleri toplanmakta ve bu gereksinimlerin karşılanmasına yönelik çözümler geliştirilmeye çalışılmaktadır. SINTRA, bu alanlarda, güvenlik tehditlerinin tespiti ve yönetimi konusunda önemli yenilikler sunmayı planlamaktadır. SINTRA, Türkiye, Finlandiya, Belçika ve Hollanda ortaklığında 30 paydaşla birlikte yürütülen bir projedir.

CAPE: Fiziksel-Dijital Ortamlar İçin Bilişsel Destekli Asistan

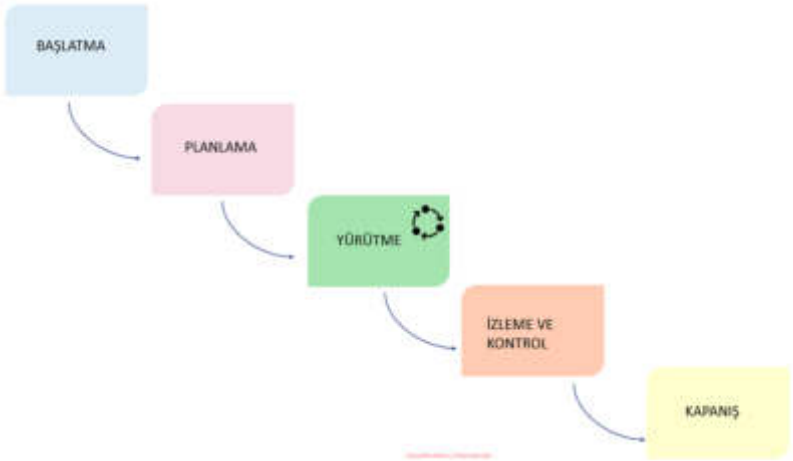
CAPE projesi ekonomide önemli bir rol oynayan perakende sektöründeki dönüşüm ihtiyacını ele almaktadır. Müşterilerin çevrimiçi ve çevrimdışı alışveriş faaliyetlerine yönelik eğilimini tanıyan proje, kişiselleştirilmiş ve kesintisiz bir alışveriş deneyimi yaratmayı, bir kanaldan diğerine başlatılan alışverişlerin devamını sağlayacak stratejiler oluşturmayı hedeflemektedir. TAV Bilişim Hizmetleri bu projede biyometrik çalışan takip uygulamaları geliştirmeyi planlamaktadır. CAPE, Türkiye, Kore Cumhuriyeti, Singapur, Portekiz ve Romanya ortaklığında 15 paydaşla yürütülen bir projedir.

TAV ArGe Departmanında Proje Yönetimi

Başlatma ve Planlama

Görüldüğü gibi, TAV ArGe Departmanı tarafından yürütülen bu projeler, operasyonel dijitalleşme, sensör füzyonu, yapay zekâ, güvenlik, yolcu analitiği ve dijital ikiz gibi alanlarda yenilikçi çözümler sunarken, proje yönetimi açısından da yüksek koordinasyon gerektirmektedir.Tüm bu projelerin çok paydaşlı projeler olduğu görülmektedir. Bu da büyük bir iş birliği sağlanması ve koordinasyonun etkili bir şekilde yürütülmesi anlamına gelmektedir.

Geleneksel proje yönetiminde projelerin başlatma, planlama, yürütme, izleme ve kontrol ve kapanış olmak üzere 5 süreç grubundan geçtiğini belirtmiştik. TAV ArGe Departmanında da projelerimiz bu süreç gruplarından geçmektedir. Bunun şematik gösterimini Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. TAV ArGe Departmanı Projeleri Süreç Grupları

TAV ArGe departmanında proje fikirinin geliştirilmesinden başlayarak başlatma ve planlama aşamalarının geleneksel proje yönetimi yaklaşımıyla yürütüldüğü söylenebilir. Bunun nedeni başlatma ve planlama aşamasında projelerin birbiri ardına fazlardan geçme zorunluluğudur. Bir faz bitmeden diğeri başlayamaz. Başlatma aşamasında birbiri ardına geçilmesi gereken süreçler/fazlar Şekil.3'te sunulmuştur.

Project outline (PO) aşaması, fikrin yüksek seviyede anlatıldığı ve paydaşların rollerinin belirlendiği ilk adımdır. PO'da, proje vizyonu ve etki alanı, konsorsiyum yapısı, kullanım senaryoları, beklenen etkiler ve yenilikçi yönler sunulur. Bu aşama geleneksel proje yönetimi açısından kapsamın ilk tanımlandığı süreçtir.

Full Project Proposal (FPP) aşaması, projenin tüm detaylarının özenle işlendiği daha teknik bir aşamadır. FPP'de, ayrıntılı iş paketleri (Work Package – WP), her WP için görevler, çıktılar, kilometre taşları, deliverable takvimi (genellikle aylara göre), konsorsiyum genelinde iş bölümü, adam-ay dağılımları, ürünleştirme stratejisi ve risk yönetim planı hazırlanır. Bu süreç, kapsam–zaman–kaynak üçgeninin en net şekilde tanımlandığı aşama olduğu için tamamen geleneksel proje yönetimi prensiplerine dayanır.

ITEA4 tarafından etiket alan (label) projeler, ülkelerin kendi fon ajanslarına başvurur. TAV Bilişim bu aşamada, adam-ay / adam-yıl hesaplamaları, bütçe kalemlerinin fon kurallarına göre düzenlenmesi, iş paketleri üzerine detaylı personel planlaması gibi yoğun planlama süreçleri yürütür. Dolayısıyla Ar-Ge projelerinin fon öncesi dönemleri, oldukça geleneksel bir yönetim yaklaşımı gerektirir. Bu da başlatma aşamasında olduğu gibi planlama aşamasınında da geleneksel proje yönetim yaklaşımıyla yürütüldüğünü gösterir.



Şekil 3. TAV ArGe Departmanı Projeleri Başlatma Süreç Grubu

Yürütme

Projeler hem ITEA'dan hem TÜBİTAK'tan kabul aldıktan sonra, genellikle 3 yıl sürecek bir proje yürütüme süreci başlar. Bu süreçte projenin planlara göre geliştirilmesi ve vadedilen çıktıları teslim ederek, beklenen etkiyi sağlaması beklenir. TAV Bilişim Hizmetleri çevik zihniyete, değerlere ve prensiplere değer vermekte ve çevik dönüşümün değer yaratmadaki etkisine inanmaktadır. ArGe projelerinde ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi yani yürütme aşamasında çevik teknik ve yaklaşımlar uygulanmaktadır. Çeviğin ilk prensibi müşteri memnuniyetini en yüksek önceliğe yerleştirir ve bu prensip müşterileri memnun eden ürün ve hizmetlerin tesliminde ana unsurdur. Bu nedenle TAV Bilişim Hizmetleri rekabetçi ve ilgili kalmaya devam etmek için müşteri gereksinimlerine ve deneyimlerine odaklanır. Rekabetçi kalmak, mevcut pazar payını korumak ve daha fazla pazara ulaşabilmek adına çevik bir zihniyet benimseme konusunda çalışmalarını üst yönetimin desteğiyle devam ettirmektedir.

TAV Bilişim ArGe departmanında çevik zihniyetle ilerleyen bir çevik ekip oluşturulmuştur. Ekibin hedefi, tüm ekip verimini optimize ederek akış verimliliği sağlamaktır. Burada kendi kendini organize eden ve yönetebilen bir ekipten bahsetmek mümkündür. Çevik Uygulama Kılavuzuna göre, yalnızca emniyetli, dürüst ve şeffaf bir ortamda, ekip üyeleri ve liderler projelerinin ilerlemeyi sürdürdüğünden emin olmak için başarıları üzerinde derinlemesine düşünürler ya da başarısız oldukları projelerde alınan dersleri uygularlar, böylece aynı kalıplara dönmezler. TAV Bilişim ArGe departmanında da burada bahsedildiği gibi, emniyetli bir ortam yaratılmıştır. Ekip üyeleri bağlılık ve tutkuyla çalışır, birbirine güvenir, dürüst ve şeffaf bir ortamda düşüncelerini ve çalışmalarını rahatlıkla dile getirirler, birbirlerinden yardım isterler, birbirilerine yardım ederler ve projenin hedeflerini gerçekleştirmek için ortak bir düşünce yapısıyla efor gösterirler. Bu da, TAV Bilişim Hizmetlerinin ve dolayısıyla burada faaliyet gösteren ArGe departmanın çevik yaklaşımı benimsediğinin ve özellikle projenin yürütülmesi aşamasında çevik metodolojileri kullandığının bir göstergesidir.

Proje yürütme aşamasında ekip üyeleri, gerek bireysel gerek ekip olarak çalışarak çıktılarını/teslimatlarını hazırlar. ArGe departmanında bu süreçte ekip içi toplantılar günlük yapılmakta ve proje paydaşlarıyla haftalık düzenli iş birliği toplantıları gerçekleştirilmektedir. Tüm işler Jira ve Confluence programları kullanılarak takip edilmekte, iş birliğini ve iletişimi maksimize edecek araçlar kullanılmaktadır. Sharepoint, Teams vb. uygulamalar ile dosyalar paylaşılmakta ve yüz yüze olduğu kadar uzaktan gerçekleştirilen toplantılarla da iletişim, şeffaflık ve açıklık her daim desteklenmektedir.

ITEA4 projeleri genellikle 36 ay sürmekte olup, bu uzun süreçte dinamik değişiklikler sıkça yaşanır. Yeni teknik gereksinimler, paydaş geri bildirimleri veya araştırma çıktılarındaki değişimler nedeniyle proje ekibi esnek davranmak zorundadır. TAV Bilişim bu nedenle, günlük 15 dakikalık toplantılar gerçekleştirir, ekip içi engelleri hızla tespit eder, uluslararası partnerlerle haftalık teknik senkronizasyon toplantıları yapar, ayda bir ilerleme değerlendirme oturumları düzenler, 6 ayda bir TÜBİTAK raporu, yılda bir ITEA değerlendirmesi için demo sunumları hazırlar. Bu yapı, çevik proje yönetim yaklaşımının temel prensiplerini taşımakla birlikte, proje gereksinimlerine göre uyarlanmış agile-light bir çerçeve oluşturur.

Dolayısıyla yürütme aşamasında hızlı karar verme, daha sık geri bildirim alma, prototipleme ve iterasyonlar kritik önem taşır. Bu da çevik proje yönetim yaklaşımının ögelerindendir. Teknik çalışmaların yanı sıra proje yönetiminin etkili bir şekilde gerçekleştirilmesinin öneminden de bahsetmiştik. Özellikle proje ekibinin oluşturulması, geliştirilmesi ve yönetilmesi büyük önem arz etmektedir. Proje ekibi 3 yıllık yürütme süreci boyunca efor gösterir. Ekipte değişiklikler olabilir, izinler, görevlendirmeler de gerçekleşebilir. Bu durumlara karşı zamanında önlem almak ve değişikliklere hazır olmak çevik proje yönetiminin bir parçasıdır.

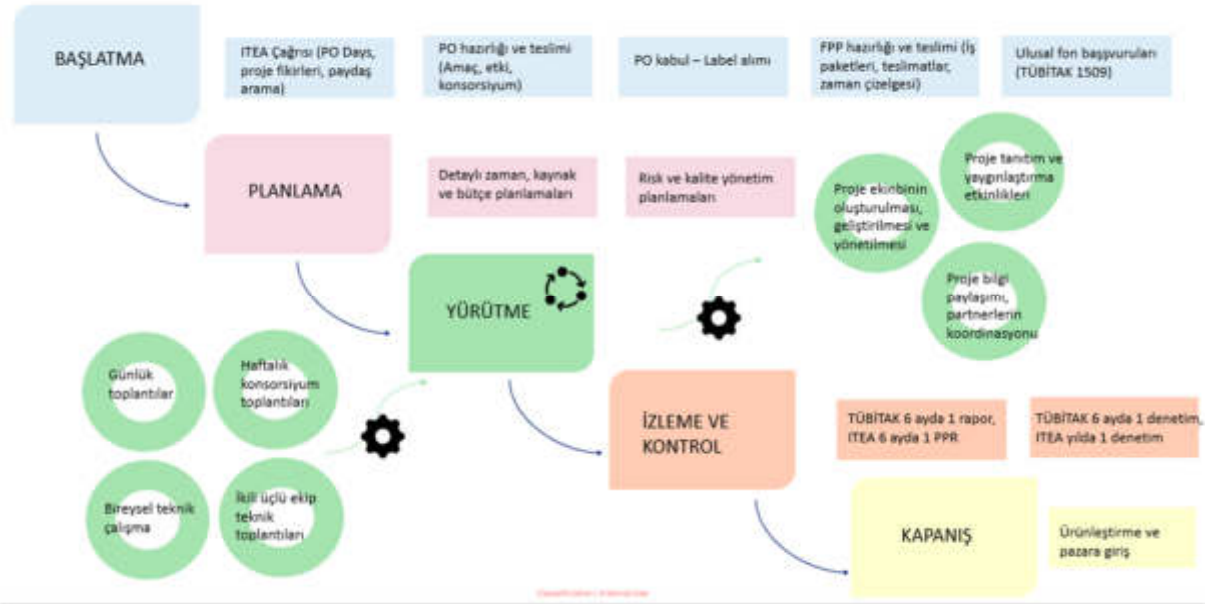
Uluslararası projelerde; kültürler, iş yapma yöntemleri, teknik altyapılar ve kurum öncelikleri farklı olduğu için hizalanma en büyük yönetim zorluklarından biridir. Bu durumlarda bilgi iletişiminin şeffaf bir şekilde sağlanması, paydaşlara gereken desteklerin zamanında verilmesi, paydaş beklentilerinin ve ihtiyaçlarının karşılanması, paydaş koordinasyonunun etkili ve etkin bir şekilde sağlanarak çıktıların zamanında hazırlanarak teslim edilmesine yönelik çabaların koordine edilmesi büyük önem arz etmektedir. Proje yöneticisinin gerçekleştirmesi gereken bir diğer faaaliyet de, proje tanıtım ve yaygınlaştırma etkinliklerinin gerçekleştirilmesidir. Bu da çıktıların paylaşılması ve sonuçların etkilerinin artırılması açısından önem arz etmektedir.

Çok paydaşlı uluslararası projelerde stratejik hizalanmayı güçlendiren mekanizmalar kapsamında paydaş haritalama ve rol netleştirme, konsorsiyum iletişim matrisi (iş paketlerinin ve iş paketleri çıktılarının liderleri belirlenir ve hangi konunun kim tarafından ele alınacağı önceliklendirilir), yapay zekâ destekli döküman yönetimi (toplantı notu özetleme, risk tespiti, versiyonlar arası değişim analizi), teslimat takibi ve uygunluk kontrolü gerçekleştirilir.

İzleme Kontrol ve Kapanış

İzleme ve kontrol aşaması ITEA ve TÜBİTAK koordinasyonunda yürütülen süreçlerdir. Bu aşamalarda yine geleneksel proje yönetimi yaklaşımlarının benimsenmiş olduğu söylenebilir. Bunun en önemli nedeni, TÜBİTAK denetim ve ITEA değerlendirmelerinin belirli zamanlarda gerçekleştirilmesidir. TÜBİTAK hakemlerine 6 ayda 1, ITEA değerlendiricilerine de yılda 1 kez yapılan sunum ve demonstrasyonlarla, kaydedilen gelişmeler izlenmekte ve kontrol edilmektedir. Bu denetim ve değerlendirmeler projelerle ilgili geri bildirim almak ve stratejik olarak hizalanmak için önemli fırsatlar sunmaktadır.

Kapanış aşaması ve sonrasında da projeyle ortaya çıkarılan ürün ya da hizmetin ticarileşmesi için çalışılır ve süreç ArGe departmanından çıkarak ürün yönetimi departmanlarına devredililir.



Şekil 4. TAV ArGe Departmanı Proje Yönetim Modeli

Tüm bu süreç ve uygulamaların yer aldığı TAV ArGe Departmanı proje yönetim modeli Şekil 4'te verilmiştir. Bu şekilde başlatma, planlama, izleme ve kontrol, ve kapanış süreçlerinin geleneksel proje yönetim yaklaşımıyla yürütüldüğü ifade edilmektedir. Bunun için birbiri ardına gelen fazları belirtmek üzere dikdörtgen şekli kullanılmıştır. Yürütme süreç grubuysa çevik proje yönetim yaklaşımıyla yönetilmektedir. Yapılacak işler ve görevler küçük parçalara ayrılarak prototipler geliştirilir. Hızlı karar verme, sorunları hızlı çözme ve değişikliklere adapte olmakla belirlenen bu süreç grubu dinamikliği ve döngüselliği nedeniyle daire biçiminde ifade edilmiştir. Bu model, ITEA ve TÜBİTAK'ın gerekliliklerileyle tam uyumludur ve TAV Bilişim'in Ar-Ge kültürüne uygun biçimde geliştirilmiştir.

SONUÇ

TAV Bilişim ArGe departmanında geleneksel ve çevik proje yönetiminin unsurlarını barındıran hibrit bir proje yönetim yaklaşımı uygulanmaktadır. Geleneksel proje yönetiminin unsurları olan proje başlatma, planlama, izleme-kontrol ve kapanış süreçleri TÜBİTAK 1509 Uluslararası Sanayi ArGe Projeleri Destekleme Programı kapsamında uygulanırken yürütme sürecindeyse çevik bir proje yönetim yaklaşımı benimsenmiştir. Ekip tamamen kendi kendini organize edebilen ve sorunları çözerek teknolojik çözümler geliştiren çok yönlü bir ekiptir. Bu yapı, geleneksel tek eksenli proje yönetimi modellerinin eksik kaldığı bir ortam yarattığı için TAV Bilişim ArGe Departmanı, başlangıç–planlama aşamasında geleneksel; yürütme–teslimat aşamasında çevik metotlardan yararlanan bir hibrit proje yönetimi yaklaşımı geliştirmiştir.

KAYNAKÇA

Alıç, E. (2022a). İleri Seviye Proje Yönetimi Eğitimi, BTK Akademi.

Nieto-Rodriguez, A. (2021). Harvard Business Review Proje Yönetimi Elkitabı, Harvard Business School Publishing Corporation, Optimist Kitap.

Mulcahy, R. (2018). Rita Mulcahy'sTM PMP® Exam Preparation (9th Edition), RMC Publications, Inc.

Project Management Institute, Inc., (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6th Edition), Pennsylvania, USA.

Shenhar, A.J. & Dvir, D. (2007). Project management research – The challenge and opportunity, Project Management Journal, 38(2), 93-99.

Conforto, E. C., Salum, F., Amaral, D. C., da Silva, S. L., & Magnanini de Almeida, L. F. (2014). Can agile project management be adopted by industries other than software development? Project Management Journal, 45(3), 21–34.

https://agilemanifesto.org/

Kidd, P. T. (2022). https://www.cheshirehenbury.com/agility/two-definitions-of-agility.html

Hass, K.B. (2007). The blending of traditional and agile project management. PM World Today, Vol. IX, Issue V.

Çevik Uygulama Kılavuzu, (2017). PMI.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

GELENEKSEL OYUN TEMELLİ ÖĞRETİMİN ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN PROBLEM ÇÖZME BECERİLERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Rahmi YILDIZ
Sivas Cumhuriyet Üniversite, Spor Bilimleri Fakülte, Beden Eğitimi ve Spor Bölüm
ORCID: 0000-0001-9789-7157

ÖZET
Bu çalışma, geleneksel oyun temelli öğretimin ortaokul düzeyinde öğrencilerin problem çözme becerilerine etkisini deneysel olarak incelemektedir. Kuramsal temel, yapılandırmacı yaklaşımın "öğrenci etkinliği–etkileşim–deneyim yoluyla öğrenme" ilkeleriyle oyun temelli ve işbirlikli öğretim modellerinin kesişimine dayandırılmış; oyunların salt fiziksel etkinlik olmadığı, aynı zamanda kültürel aktarım, değer eğitimi ve sosyal beceri gelişimi için de özgün bir bağlam sunduğu vurgulanmıştır. Literatür arka planında Huizinga'nın oyuna kültürel bir yaratım olarak yaklaşımı, geleneksel çocuk oyunlarının kimlik, sosyal norm ve değerler (sorumluluk, dürüstlük, yardımlaşma) kazandırmadaki rolü ve oyun-temelli uygulamaların özdenetim, yaratıcılık, problem çözme gibi üst düzey becerilere katkısına dair bulgular öne çıkarılmıştır. Yöntemsel olarak araştırma, ön test–son test kontrol gruplu yarı deneysel desen ile yürütülmüştür. Sivas'taki bir devlet ortaokulunda 5. sınıftan 50 öğrenci deney (n=25) ve kontrol (n=25) gruplarına ayrılmış; deney grubuna 8 hafta boyunca, haftada iki ders saatinden oluşan 16 oturumluk geleneksel oyun temelli program uygulanmıştır. Programda sek sek, mendil kapmaca, kaleli, yakan top, üç taş, birdirbir, tombik, köşe kapmaca, "yağ satarım bal satarım" gibi oyunlar yer almış; her oyunda amaç, kurallar ve güvenlik ilkeleri açıklanmıştır. Ölçme aracı olarak Çocuklar İçin Problem Çözme Envanteri (ÇPÇE) (Serin, Serin & Saygılı, 2010) toplam puan ve üç alt boyutta (güven, öz denetim, kaçınma) kullanılmıştır. Normallik varsayımı sağlandıktan sonra Karma ANOVA (2×2) ile zaman (ön test–son test) × grup (deney–kontrol) etkileşimi test edilmiştir; Hedges g ve kısmi η^2 ile etki büyüklükleri raporlanmıştır. Bulgulara göre gruplar başlangıçta denk görünmektedir (ön testte anlamlı fark yok). Son testte deney grubu lehine toplam problem çözme puanında anlamlı ve yüksek düzeyli etki ($t=4.12$; $\eta^2=.25$), alt boyutlarda ise güven ($\eta^2=.24$), öz denetim ($\eta^2=.13$) ve kaçınma ($\eta^2=.09$) için olumlu farklılaşma bulunmuştur. Zaman × grup etkileşimi anlamlıdır ($F=22.41$; $\eta^2=.31$), bu da gelişimin deney grubunda daha güçlü gerçekleştiğini göstermektedir. Bulgular, geleneksel oyunların strateji kurma, karar verme, hata telafisi, sıraya uyma ve işbirliği gibi süreçlerle problem çözmeyi beslediğini; özellikle özgüven ve öz denetim boyutlarında belirgin kazanımlar sağladığını göstermektedir. Sonuç olarak, çalışma geleneksel oyun temelli öğretimi problem çözme, öz denetim ve güveni artıran, program geliştirme ve ders tasarımına uygulanabilir somut ilkeler sunan etkili bir yaklaşım olarak önermektedir.
Anahtar Kelimeler: Geleneksel oyun, oyun temelli öğretim, problem çözme becerisi, ortaokul öğrencileri.

THE EFFECT OF TRADITIONAL PLAY-BASED INSTRUCTION ON SECONDARY SCHOOL STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILLS

ABSTRACT
This study experimentally examines the impact of traditional game–based instruction on middle school students' problem-solving skills. The theoretical foundation integrates the constructivist principles of student activity, social interaction, and experiential learning with game-based and cooperative teaching models, emphasizing that play is not merely physical activity but also a distinctive context for cultural transmission, values education, and social

skill development. The literature background highlights Huizinga's conception of play as a cultural creation; the role of traditional children's games in cultivating identity, social norms, and values (e.g., responsibility, honesty, cooperation); and empirical findings on game-based practices that enhance self-regulation, creativity, and problem solving. Methodologically, the research employs a pretest–posttest control-group quasi-experimental design. Fifty 5th-grade students at a public middle school in Sivas were assigned to an experimental (n = 25) and a control group (n = 25). The experimental group received an 8-week traditional game–based program consisting of 16 sessions (two class hours per week). The program included hopscotch, handkerchief-snatch, kaleli (a local team/tag game), dodgeball, three stones, leapfrog, tombik, corner tag, and "yağ satarım bal satarım", with goals, rules, and safety principles explicated for each activity. Outcomes were measured with the Problem Solving Inventory for Children (PSIC; Serin, Serin, & Saygılı, 2010) using the total score and three subscales: confidence, self-control, and avoidance. After verifying normality, a 2 × 2 mixed ANOVA tested the time (pre–post) × group (experimental–control) interaction; Hedges' g and partial η^2 were reported as effect sizes. Results indicate baseline equivalence between groups (no significant pretest differences). At posttest, the experimental group outperformed the control group on overall problem solving with a significant, large effect ($t = 4.12$; $\eta^2 = .25$). Subscale analyses likewise favored the experimental group—confidence ($\eta^2 = .24$), self-control ($\eta^2 = .13$), and avoidance ($\eta^2 = .09$). The time × group interaction was significant ($F = 22.41$; $\eta^2 = .31$), demonstrating stronger gains in the experimental condition. These findings suggest that traditional games support problem solving through strategy formation, decision-making, error correction, turn-taking, and cooperation, yielding especially pronounced improvements in self-confidence and self-regulation. In conclusion, the study identifies traditional game–based instruction as an effective approach that enhances problem solving, self-regulation, and confidence, and translates into practical, implementable design principles for curriculum development and lesson planning. The authors note typical limitations (single city and grade level, 8-week duration, single instrument) and recommend diversified samples and longitudinal designs to strengthen generalizability.

Keywords: Traditional games, play-based instruction, problem-solving skills, secondary school students.

GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİ İLE DAYANIKLILIK ÖLÇÜMÜ: GÜREŞÇİLERDE VO_2MAX DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Melek GÜLER
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-9707-7271

Prof. Dr. Selahattin AKPINAR
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-1676-4465

ÖZET
Güreş sporu sadece rakibi yenme amacına dayalı bir mücadele sporu değildir, aynı zamanda kuvvet, esneklik, denge, çabukluk ve dayanıklılık gibi birçok motorik özelliği barındıran kompleks beceri gerektiren bir spor dalıdır. Güreşte dayanıklılık önemli bir motorik özellik olmasının yanında, dayanıklılık testleri her zaman her yerde yapılamayan ve bazen sporcular testler esnasında sakatlık yaşayabilmektedirler. Giyilebilir teknolojiler yardımıyla bazı laboratuvar ve saha testlerine alternatif ölçümler yapılabilmektedir. Bu bağlamda bu araştırmanın amacı giyilebilir teknoloji yardımıyla elit düzey güreşçilerde maksimum oksijen tüketimi miktarları ile dayanıklılık performansları arasındaki ilişki olup olmadığını ortaya çıkarmaktır. Araştırmaya Güreş Milli takımından 22 elit düzey güreşçi gönüllü olarak katılmıştır. Araştırmada sporcuların dayanıklık performansının belirleyicisi olan maksimum oksijen tüketimi (Vo_2Max) Polar HR9 göğüs bandı ve Polar M430 akıllı saatte bulunan kondisyon testi ile belirlenmiştir. Sporcuların güreşe özgü dayanıklılık testi ise manken atışı testi ile belirlenmiştir. Verilerin analizi Jamovi istatistik programında %95 güven aralığı ve 0,05 anlamlılık düzeyine göre analiz edilmiştir. Değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerinde ortalama ($\bar{x}$) ve standart sapma (ss) değerleri kullanılmış, değişkenlerin arasında ilişki olup olmadığı ise Pearson's korelasyon analiz ile belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre sporcuların beden kütle indeksi değerleri artıkça Vo_2Max sonuçları ile dayanıklılık test puanları azalmaktadır ($p<0,05$). Sporcuların dayanıklık test puanları artıkça, Vo_2Max sonuçları da artmaktadır ($p<0,05$). Sonuç olarak güreşçilerde Vo_2Max belirlemede Polar kondisyon testi güreş dayanıklılık testi yerine alternatif olarak kullanılabilir.
Anahtar kelimeler: Güreş, Maksimum Oksijen Tüketimi, Giyilebilir Teknoloji

TECHNOLOGY-ASSISTED ENDURANCE MEASUREMENT: VO_2MAX ASSESSMENT IN WRESTLERS

ABSTRACT
Wrestling is not just a combat sport that involves defeating an opponent; it is also a complex, skill-based sport that requires many motor skills, such as strength, flexibility, balance, agility and endurance. Although endurance is an important wrestling skill, it is not always feasible to conduct endurance tests anywhere, and athletes may also risk injury during these tests. Wearable technologies can provide alternative measurements to some laboratory and field tests. This study aims to reveal whether there is a relationship between maximum oxygen consumption levels and endurance performance in elite wrestlers using wearable technology. Twenty-two elite wrestlers from the National Wrestling Team participated in the study on a voluntary basis.

The maximum oxygen consumption (VO_2 max), a determinant of endurance performance, was determined using a Polar HR9 chest strap and a fitness test on a Polar M430 smartwatch. The wrestlers' wrestling-specific endurance was assessed using a dummy throw test. Data analysis was performed using the Jamovi statistical programme, with a 95% confidence interval and a significance level of 0.05. Descriptive statistics for the variables included mean ($\bar{x}$) and standard deviation (sd) values, and Pearson's correlation analysis was used to determine the relationship between the variables. According to the research findings, as the athletes' body mass index values increased, their VO_2 max results and endurance test scores decreased ($p<0.05$). Conversely, as the athletes' endurance test scores increased, their VO_2 max results also increased ($p<0.05$). Consequently, the Polar fitness test can be used as an alternative to the wrestling endurance test to determine Vo2Max in wrestlers.
Keywords: Wrestling, maximum oxygen consumption and wearable technology

GİRİŞ

Aerobik uygunluk; kardiyovasküler sistem ve iskelet kaslarının devamlı aerobik enerji gerektiren günlük aktiviteleri gerçekleştirmesindeki işlevselliği olarak tanımlanmaktadır (Franklin ve McCullough, 2009). Aerobik uygunluğun bir belirteci olan maksimum oksijen tüketimi (VO_2Max), hem sedanter bireylerde genel sağlığın ön görüsünde hem de sporcularda dayanıklılık performansında önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Pedersen ve Saltin, 2015). VO_2Max; aerobik enerji gerektiren aktivitelerdeki oksijenin dokulara taşınabilmesi yeteneği olarak da maksimum oksijen tüketimi büyük önem taşımaktadır (Bassett ve Howley, 1997). Maksimum oksijen tüketimini belirlemenin en direkt yöntemi olan solunum gazlarının ölçüldüğü bir koşu bandı (Noakes ve ark., 1990) ya da bisiklet ergometresi testi olan Wingate testidir (Barr-Or, 1987). Koşu bandı ve Wingate testinin maliyetli, zaman alıcı ve özel ekipman ve personel gerektirdiğinden araştırmacılar alternatif olacak giyilebilir teknolojilere yönelmektedir. Giyilebilir aplikasyonlardan olan akıllı saatler tarafından alınan veriler kişilerin kardiyovasküler uygunluk seviyeleri hakkında bilgi almak ve sağlıkla ilgili davranışları hakkında kapsamlı verileri kullanmak için önemli fırsatlar olarak görülmektedir (Zhang ve ark., 2024). Literatür incelendiğinde araştırmalarda akıllı saat kullanımının en yaygın olduğu markalar Fitbit, Garmin, Misfit, Apple ve Polar markalarıdır (Henriksen ve ark., 2018). Sedanterde ve sporcularda fiziksel aktivitenin takibinde özellikle kalp atım hızının ve adım sayılarının takibinde sıklıkla kullanılan Polar M430 akıllı saatler, sporcuların performanslarını belirleme noktasında tek başına yeterli olmamaktadır bu nedenle Polar saatlerin kalp atım hız monitörü (HR) göğüs bandıyla birlikte performans parametrelerinin araştırılması tavsiye edilmektedir (Montalvo ve ark., 2023). Polar M430 saati ve HR9 göğüs bandı kullanılarak yapılan bir geçerlilik çalışmasında saatin göğüs bandıyla beraber MaxVO_2'yi doğru ölçtüğü saptanmıştır (Kraft ve Dow, 2018).

Güreş sadece rakibi yenmek için yapılan ayak oyunlarından oluşan mücadele değil aynı zamanda üst düzey dayanıklılık (aerobik, anaerobik, solunum fonksiyonları), kuvvet, esneklik, sürat, çabukluk, denge, reaksiyon ve strateji gibi sportif performans ve kontrol gerektiren bir spordur (Taş ve ark., 2008). Greko-Romen güreşçilerin rakibini atması, tutması, taşıması ve döndürmesi beklenir; bu nedenle, yalnızca üst vücut hareketlerini kullanmalarına izin verildiği için güç-kuvvet performanslarını geliştirmeleri zorunludur (Duval ve Tweedie, 2000; FILA, 2000; Thomas ve ark., 2018). Anaerobik sistem, maç sırasında maksimum gücün hızlı patlamalarını sağlarken, aerobik sistem güreşçinin maç süresince çabayı sürdürme ve periyotlar arasında toparlanma yeteneğine katkıda bulunur (Ohya ve ark., 2015). Ayrıca, güreşçilerin tekrarlanan yoğun eylemler sırasında yüksek kas performansını sürdürebilmek için hem anaerobik hem de aerobik enerji metabolizmalarını geliştirmeleri gerekmektedir (López-González ve Miarka, 2013; Mirzaei ve ark., 2009).

Türkiye örnekleminde yapılan bir çalışma güreşçilerin dayanıklılık yetilerini gerçekleştirirken kuvvet özelliklerini daha ön planda tuttukları yönündedir (Bayraktar ve ark., 2012). Türk ve Kazak güreşçiler üzerinde yapılan bir araştırmaya Türk Milli takımdaki güreşçilerin Kazak sporcularla göre yüksek vital kapasitesine, zorlu ekspirasyonda 1. saniyede çıkan hava miktarına (fev1%), zorlu vital kapasite ve maksimum istemli ventilasyona sahip olduğu görülmüştür (Taş ve ark., 2008). Bu çalışmanın aksine genç güreşçilerde yapılan bir diğer araştırmada da sporcuların düşük düzeyde solunum fonksiyonlarına sahip olduğu tespit edilmiştir (Akyüz ve ark., 2010). Bu araştırmacılar farklılık göstermekle birlikte güreşçilerde dayanıklılığın göstergesi olan maksimum oksijen tüketiminin giyilebilir bir aplikasyonla belirlenmesi sporcuların aerobik dayanıklılıkların takibi açısından önemlidir. Bu bağlamda bu araştırmanın amacı elit düzey güreşçilerde güreş dayanıklılık test sonuçları ile akıllı saat kondisyon test sonuçları arasında ilişki olup olmadığının incelenmesidir.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli: Araştırmadaki veriler belirli bir zaman diliminde elde edileceğinden dolayı kesitsel bir araştırma özelliğini taşımaktadır. En az iki bağımsız değişkenin arasındaki ilişki araştırılacağı için araştırmanın modeli ilişkisel tarama modelindedir. İlişkisel tarama modeli 'en az iki değişken arasındaki birlikte değişimin varlığının araştırılmasının amaçlanması' olarak tanımlanmaktadır (Karasar, 2011).

Araştırma Grubu: Araştırmanın evrenini elit düzey güreş sporcuları oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini ise Kayseri ilinde Güreş Eğitim Merkezi'nde kamp yapan 22 elit düzey güreşçi (erkek) oluşturmaktadır. Katılımcıların yaş ortalaması (20,6±3,3), boy uzunluğu ortalaması (174.0±6,7), vücut ağırlığı ortalaması (78,8±13,2) ve beden kütle indeksi ortalamaları (26,0±3,6) değerindedir. Bu araştırmadaki elit düzey güreşçilerin günde çift antrenman olacak şekilde haftada 5 gün/günde 4 saat antrenman yükleri bulunmaktadır.

Veri Kaynakları ve Veri Toplama Süreci

1.Vücut Ağırlığı ve Boy Uzunluğu Ölçümü: Katılımcıların boy uzunlukları Harpenden stadiometre (Holtain, İngiltere) ile 1 mm hassasiyetle ölçülerek cm cinsinden kaydedilmiş, vücut ağırlıkları ise PlusAvis 333 (Jawon Medical, Güney Kore) analizörü ile belirlenmiştir. Tartı yatay, düz ve sert bir zemine konulmuş, deneklerim ölçümleri alınmadan önce üzerindeki ceket, palto, hırka, cüzdan, cep telefonu, anahtarlık gibi ağırlık yapabilecek her türlü obje çıkartılması sağlanmış, deneklerin tartının ortasında ayakta düz bir şekilde ağırlık kayıt altına alınıncaya kadar sabit durması sağlanarak ve vücut ağırlıkları kaydedilmiştir. Boy ölçer, düz bir zemin ile dikey bir yüzeyin kesiştiği noktaya kurularak, öğrencilerin ayakkabı olmaması ve ayaklarının hafif yana açık, sırtı boy ölçere gelecek şekilde durmaları ve omuzların aynı seviyede, dik ve ellerinin yanda olması sağlanmıştır.

2.Beden Kütle İndeksinin Belirlenmesi: Deneklerin boy uzunluğu ile vücut ağırlığı değerleri belirlendikten sonra beden kütle indeksi (BKİ) elde edilen verilere göre hesaplanmıştır. İlk olarak 1835'te Belçika'nın Anvers kentinden istatistikçi, astronom, epidemiyolog ve antropolog Lambert Adolphe Jacques Quetelet tarafından tanımlanan Quetelet indeksi (Body Mass Index (BMI)), bir asırdan fazla bir süredir vücut kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. BKİ indeksi: ölçülen ağırlığın (kg) boy (metre (m)) değerinin karesine bölünmesi anlamına gelmektedir (BKİ = ağırlık ((kg)/boy (m^2)). Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO, 2000) göre; BKİ <18,5 kg/m^2 olan kişiler zayıf, 18,5 ≤ BKİ <25 kg/m^2 olan normal kilolu, 25 kg/m^2 ≤ BKİ> 30 kg/m^2 olanlar fazla kilolu ve 30 kg/m^2 ≤ BKİ olanlar obez olarak kabul edilir. Fiziksel uygunluk karnesinde de öğrencilerin BKİ değerlerine göre vücut kompozisyonunun hangi sınıflama içerisinde yer aldığı yer alır.

3. Polar HR9 Göğüs Bandı ve Polar M430 Akıllı Saat: Katılımcıların sol bileğine önce Polar M430 akıllı saat takılmıştır. Kondisyon testinden önce kalp atım hızının geçerli ve güvenilir olmasını sağlayacak olan göğüs bandı katılımcıların kalp üstüne gelecek şekilde takılmıştır. Polar kondisyon testi için öncelikle katılımcıların sessiz bir ortamda 15 dakika boyunca sırt üstü uzanmaları sağlanmıştır (https://www.polar.com/us-en/grit-x-pro).

3.1. Polar Kondisyon Tetsi: Testin başlatılması için katılımcının cinsiyet, yaş, boy ve kilosu saatin ayarlar kısmından girilerek kaydedilmiştir. Bu esnada elektronik ortamda Polar Flow uygulamasına girilmiş ve kondisyon testi başlatılımıştır. Katılımcının 5 dakika boyunca hiç hareket etmemesi ve iletişim kurmak istediğinde gözleri ile kurması talimatı verilmiştir. Test 5 dakika sonunda bitirilmiş, kaydedilmiştir ve Polar Flow uygulamasından VO_2Max ile ilgili parametreler de indirilmiştir (Polar Kullanım Kılavuzu, 2018).

4. Özel Güreş Kondisyon Testi: Yapılan bir araştırmadaki prosedür izlenerek özel güreş kondisyon testi yapılmıştır (Marković ve ark., 2021). Test, 20 saniyelik pasif dinlenmeyle bölünen üç ardışık 30 saniyelik aktif periyottan oluşmaktadır. Katılımcılara, her 30 saniyelik periyotta mümkün olduğunca çok sayıda manken atışı yapmaları talimatı verilmiştir. Sonuç, test süresi içinde tamamlanan toplam atış sayısı olarak kayıt altına alınmıştır.

Verilerin Analizi

Araştırmada elde edilen veriler Jamovi istatistik programında %95 güven aralığı ve 0,05 anlamlılık düzeyine göre analiz edilmiştir. Katılımcılardan elde edilen verilerin öncelikle normal dağılıma sahip olup olmadığı incelenmiş, verilerin çarpıklık değerlerinin (±2) basıklık değerlerinin ise (±7) aralığında olduğu görülmüş ve parametrik testlerin kullanılmasına karar verilmiştir (Hair ve ark., 2013; Bryne, 2010).

Tablo 1. Normallik analizi sonuçları

	N	Çarpıklık	Basıklık
BKİ	22	1,6	3,3
Polar Kondisyon Testi	22	-1,4	1,9
Özel Güreş Kondisyon Testi	22	-0,02	-1,4

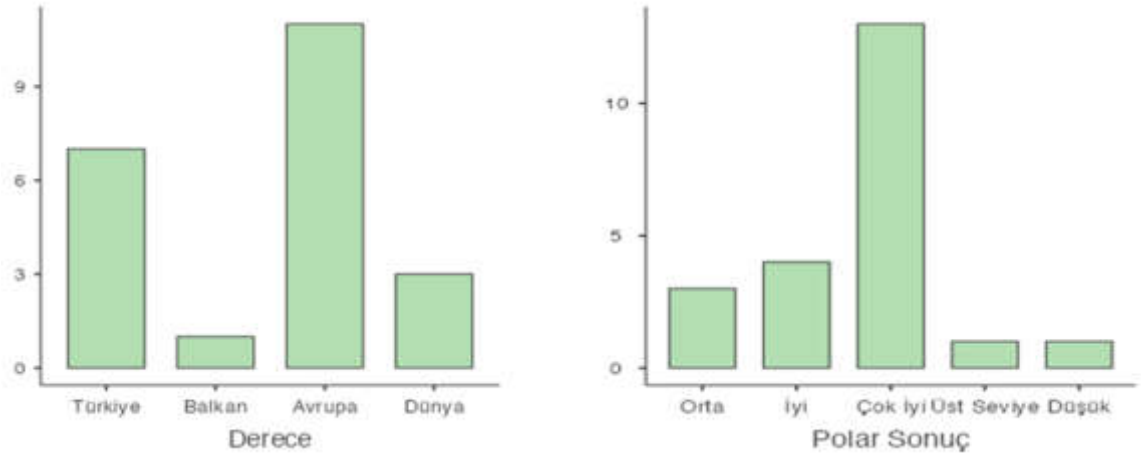
Verilerin tanımlayıcı analizlerde yüzde (%), frekans (f), ortalama ($\bar{X}$) ve standart sapma değerleri kullanılmıştır. Katılımcıların BKİ, Dayanıklılık performansı ve Polar kondisyon test ölçüm sonuçları karşılaştırılmasında Pearson's korelasyon analizi kullanılmıştır.

BULGULAR

Tablo 2. Katılımcıların kondisyon ve dayanıklılık test ortalamaları

	n	x̄	ss
Polar Kondisyon Test (mL/kg/dk)	22	55,1	7,0
Özel Güreş Kondisyon Test (atış adet)	22	30,9	6,8

Tablo 2 incelendiğinde katılımcıların polar kondisyon test sonuçlarındaki VO_2Max değerleri (55,1±7,0) ve dayanıklılık test sonuçları (30,9±6,8) olduğu görülmektedir. Polar Kondisyon test sonuçlarına göre (55,1±7,0) ortalama 'İyi' bir dayanıklılık anlamına gelmektedir. Özel Güreş Kondisyon test ortalamasına göre (30,9±6,8) bu ortalama (Çok İyi) anlamına gelmektedir.



Grafik 1. Katılımcıların performans dereceleri ve kondisyon test dereceleri

Grafik 1 incelendiğinde sporculardan %50'sinin (n:11) Avrupa derecesi, %31,2'sinin (n:7) Türkiye derecesi, %13,5'inin (n:3) Dünya derecesi ve %4,5'inin (n:1) Balkan derecesi olduğu görülmektedir. Sporcuların polar kondisyon test sonucuna göre VO_2Max sonuçlarında %59,1'inin (n:13) Çok İyi, %18,2'sinin (n:4) İyi, %13,6'sının (n:3) Orta, %4,5'inin (n:1) Üst Seviye ve %4,5'inin de (n:1) Düşük seviye olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Katılımcıların korelasyon analizi sonuçları

	Yaş	**BKİ**	**Polar Kondisyon Testi**
Yaş	---		
BKİ	-0,03	---	
Polar Kondisyon Testi	0,04	-0,83***	---
Özel Güreş Kondisyon Testi	0,05	-0,64**	0,63**

***p<0,01, ***p<0,001*

Tablo 3 incelendiğinde katılımcıların BKİ puanları ile kondisyon test sonuçları arasında negatif yönde yüksek düzeyde ilişki tespit edilmiştir ($p<0,05$). Katılımcıların BKİ puanları ile dayanıklılık test sonuçları arasında negatif yönde orta düzeyde ilişki tespit edilmiştir ($p<0,05$). Katılımcıların Polar kondisyon test sonuçları ile özel güreş kondisyon test sonuçları arasında pozitif yönde orta düzeyde ilişki tespit edilmiştir ($p<0,05$).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Güreşçilerde giyilebilir teknoloji desteği ile VO_2Max ölçümünün amaçlandığı bu araştırmada önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışmanın ilk sonucu sporcuların beden kütle indeksi değerleri artıkça hem güreş dayanıklılık test sonuçları hem de Polar kondisyon test puanlarının azalmasıdır. Bilindiği üzere sporcularda beden kütle indeksi performans çıktısı noktasında tek başına yeterli bir parametre olarak değildir çünkü sporcuların sahip oldukları kas ağırlıkları beden kütle indeksinin yüksek çıkmasının nedeni olabilmektedir. Elit sıklet sporcuları için vücut kompozisyonu müsabaka vücut ağırlığının belirlenmesi ve uygun ağırlığa ulaşma noktasında önem arz etmektedir (Ünver, 2011). Bu araştırmadaki güreşçilerde grekoromen sınıflama içerisinde yer almaktadır ve sporcuların yarıştıkları sıkletler birbirinden farklıdır. Doğal olarak örneklem grubundaki sporcuların beden kütle indeksleri birbirinden farklı olması beklenen bir sonuçtur.

Sağlıklı bireylerde dayanıklılığın bir göstergesi olan maksimum oksijen tüketiminde; yüksek vücut yağ yüzdesi ile VO_2Max düzeyinin negatif ilişkili olduğu bilinmektedir (Mondal ve Mishra, 2017). Sporcularda ise yapılan bir araştırmada VO_2Max değerleri ile beden kütle indeksi ve vücut yağ yüzdesi negatif ilişkili olduğu saptanmıştır (Sari, 2019). Güreşçilerde ise vücut kompozisyonu ile VO_2Max değerleri arasında negatif ilişki tespit edildiği çalışma da mevcuttur (Prokopczyk ve ark., 2024). Grekoromen güreşçilerde yapılan bir araştırmada güreşçilerin vücut yağ yüzdesi ile VO_2Max düzeyleri arasında negatif yönde yüksek düzeyde ilişki tespit edilmiştir (Şahin, 2021). Bu sonuçlar bu araştırmadaki sonuçlarla benzer özellik taşımaktadır fakat bu çalışmanın sınırlılığı katılımcıların yağ ve kas yüzdesinin belirlenmemiş olmasıdır.

Çalışmanın bir diğer önemli sonucu da güreşçilerde Polar göğüs bandı eşliğinde yapılan kondisyon test sonuçları ile özel güreş kondisyon test sonuçlarının pozitif yönde ilişkili olmasıdır. Sporcular üzerinde yapılan araştırmalar Polar M430 ve HR9 göğüs bandının birlikte kullanılarak VO_2Max'ın belirlendiği çalışmalar, maksimum oksijen tüketiminin ölçülmesinin spor performansı açısından önemli olduğunu göstermektedir (Cooper ve Shafer, 2019; Miller ve ark., 2021). Güreşçilerde ise fizyolojik açıdan incelendiğinde optimal VO_2Max seviyesinin iyi bir güreş performansı elde etmede önemli bir faktör olduğu ve güreşçilerin kardiyovasküler kapasitesini artırmayı hedefleyen antrenman programlarının önemi vurgulanmaktadır (Chaabene ve ark., 2017). Aerobik kapasite, güreş müsabakalarında iyi sonuçlar elde etmek için en önemli fiziksel faktörlerden biri olarak görülmektedir. Uluslararası müsabakalara katılan ulusal ve uluslararası güreşçilerin VO_2Max değerlerinin yaklaşık 53 ila 56 ml/kg/dak olduğu bilinmektedir. Örneğin Seul Olimpiyatlarında, güreşçiler için genel değerler yaklaşık 60 ml/kg/dak iken, bazı durumlarda bu değerlerin 70 ml/kg/dak' dan daha fazla olduğu görülmüştür (bu değerler, bazı mesafe koşan atleterin değerlerine benzerdir) (Yoon, 2002). Bu bağlamda güreşçilerin ve antrenörlerinin VO_2Max takibi performans açısından gereklilik haline gelmiştir. Fakat maksimum oksijen tüketimi testleri laboratuvar ortamında olması, uzman personel gerektirmesi ve maliyet açısından istenilen her an ve zamanda yapılamamaktadır. Bu durum antrenörleri giyilebilir aplikasyonlara yönlendirmektedir. Burada antrenörlerin ve sporcuların giyilebilir aplikasyonlar yardımıyla hem maliyeti düşüş hem geçerli ve güvenilir sonuçlar veren hem de istenilen her anda VO_2Max değerini belirleyebilen cihazlar önem kazanmaktadır. Bu giyilebilir aplikasyonlardan biri de Polar akıllı saat ve HR9 göğüs bandının birlikte kullanıldığı Polar Kondisyon testidir. Bu çalışma göstermektedir ki özel güreş kondisyon testi ve Polar Kondisyon testi sporcuların maksimum oksijen tüketimlerini ve dayanıklılık performanslarını belirlemek için kullanılabilir. Sonuç olarak VO_2Max ölçmek için antrenör ve güreşçilere HR9 ile Polar Kondisyon testi kullanımı tavsiye edilebilir.

Etik Kurul İzni: Bu araştırmanın etik kurul izni Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Tarih:20.11.2025, Sayı:653225). Araştırma süreci boyunca Helsinki Bildirgesinde yer alan 'insanlar üzerinde yapılan çalışmalar' kapsamında yer alan kurallara uygun şekilde yapılmıştır.

KAYNAKLAR

Akyüz, M., Koç, H., Uzun, A., Özkan, A., & Taş, M. (2010). Türkiye Güreş Milli Takımında Yer Alan Genç Sporcuların Bazı Fiziksel Uygunluk ve Somatotip Özelliklerinin İncelenmesi. Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 12(1).

Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. Sports Med, 4(6):381–394.

Bassett, D.R., & Howley, E.T. (1997). Maximal oxygen uptake: 'classical' versus 'contemporary' viewpoints. Med Sci Sports Exerc, 29:591–603.

Bayraktar, I., Deliceoğlu, G., Kahraman, E., & Kamiloğlu, D. (2012). Genç Atlet ve Güreşçilerin Dayaniklilik İle Sürat Yetilerini Etkileyen Bazi Motorik Özelliklerin İncelenmesi. Uluslararasi Hakemli Akademik Sağlik ve Tip Bilimleri Dergisi, 2(2), 47-55.

Byrne, B.M. (2010). Structural Equation Modeling with AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming. Taylor and Francis Group Publication.

Chaabene, H., Negra, Y., Bouguezzi, R., Mkaouer, B., Franchini, E., Julio, U., Hachana, Y. (2017). Physical and Physiological Attributes of Wrestlers: An Update. Journal of Strength and Conditioning Research, 31(5): 1411-1442.

Cooper, K.D., & Shafer, A.B. (2019). Validity and Reliability of the Polar A300's Fitness Test Feature to Predict VO2max. Int J Exerc Sci, 12(4):393-40.

Duval, S., & Tweedie, R. (2000). Trim and fill: A simple funnel-plot–based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. Biometrics 56: 455–463.

International Amateur Wrestling Federation (FILA), (2000). International Wrestling Rules. Available at: https://unitedworldwrestling.org/sites/default/files/media/document/wrestling_rules.pdf Access date: 12.09.2025

Franklin, B.A., & McCullough, P.A. (2009). Cardiorespiratory fitness: an independent and additive marker of risk stratification and health outcomes. Mayo Clin Proc, 84(9):776-9.

Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., ve Tatham, R.L. (2013). Multivariate Data Analysis: Pearson Education Limited.

Henriksen, A., Haugen, M.M., Woldaregay, A.Z., Muzny, M., Hartvigsen, G., Hopstock, L.A., Grimsgaard, S. (2018). Using Fitness Trackers and Smartwatches to Measure Physical Activity in Research: Analysis of Consumer Wrist-Worn Wearables. J Med Internet Res, 20(3):e110.

Karasar, N. (2011). Bilimsel araştırma yöntemi. Ankara: Nobel Yayıncılık.

Kraft, G.L., & Dow, M. (2018). Validation of the polar fitness test. International Journal for Innovation Education and Research, 6(1), 27.

Marković M., Kukić F., Dopsaj M., Kasum G., Toskić L., Zarić I. (2021). Validity of a Novel Specific Wrestling Fitness Test. The Journal of Strength & Conditioning Research, 35(12S):51–57.

Miller, K.E., Kempf, T. R., Rider, B. C., & Conger, S. A. (2021). Is the Polar M430 a Valid Tool for Estimating Maximal Oxygen Consumption in Adult Females?. Journal for the Measurement of Physical Behaviour, 4(3), 220-226.

López-González, D.E., & Miarka, B. (2013). Reliability of a new time-motion analysis model based on technical-tactical interactions for wrestling competition. Int J Wrestling Sci, 3: 21–34.

Mirzaei, B., Curby, D.G., Rahmani-Nıa, F., & Moghadasi, M. (2009). Physiological profile of elite ıranian junior freestyle wrestlers, Journal of Strength and Conditioning Research, 23(8): 2339-2344,

Mondal, H., & Mishra, S. P. (2017). Effect of BMI, body fat percentage and fat free mass on maximal oxygen consumption in healthy young adults. Journal of clinical and diagnostic research: JCDR, 11(6), CC17.

Montalvo, S., Martinez, A., Arias, S., Lozano, A., Gonzalez, M.P., Dietze-Hermosa, M.S., Boyea, B.L., & Dorgo, S. (2023). Commercial Smart Watches and Heart Rate Monitors: A Concurrent Validity Analysis. J Strength Cond Res, 37(9):1802-1808.

Noakes, T.D., Myburg, K.H., Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the VO2 max test predicts running performance. J Sports Sci, 8(1):35-45.

Ohya, T., Takashima, W., Hagiwara, M., Oriishi, M., Hoshikawa, M., Nishiguchi, S., & Suzuki, Y. (2015). Physical fitness profile and differences between light, middle, and heavy weight-class groups of japanese elite male wrestlers. Int J Wrestling Sci, 5(1):42–46.

Prokopczyk, A., Sokołowski, M., & Witkowski, K. (2024). Effect of Body Composition on Aerobic Capacity Level and Post-Workout Restitution during the Training Camp Preparing for the European Wrestling Cadet Men's Championships. Applied Sciences, 14(13), 5533.

Polar Kullanım Kılavuzu, (2018). Polar M430 Kondisyon testi. https://support.polar.com/e_manuals/M430/Polar_M430_user_manual_Turkce/Content/Fitness-test.htm

Sari, A.N. (2019). Relatıonshıp Between Body Composıtıon and Maxımum Oxygen Volume (Vo2max) In Young and Young Adult Male Athletes (10-30 Years Old. Jurnal Pendidikan Olah Raga, 8(1), 35-44.

Şahin, M. (2021). Elit Güreşçilerde Aerobik ve Anaerobik Kapasitenin Vücut Kompozisyonu ve Antropometrik Ölçümler Açısından İncelenmesi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Taş, M., Özkan, A., Uzun, A., Koç, H., Akyüz, M., & Kıyıcı, F. (2008). İki farklı ülkenin güreş milli takımında yer alan genç güreşçilerin bazı fiziksel uygunluk ve somatotip özelliklerinin karşılaştırılması. SÜ BES Bilim Dergisi, 10(3), 1-9.

Thomas, R.E., & Zamanpour, K. (2018). Lnjuries in wrestling: systematic review. Phys Sportsmed 46: 168–196.

Ünver, R. (2011). Elit genç güreşçilerede, anaerobik güç, kuvvet ve vücut kompozisyonu parametrelerinin farklı yöntemlerle ölçülmesi ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.

World Health Organisation, (2000). Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation (WHO Technical Report Series 894).

Yoon, J. (2002). Physiological Profiles of Elite Senior Wrestlers. Sports Med, 32, 225–233.

Zhang, Y., Wang, X., Pathiravasan, C.H., Spartano, N.L., Lin, H., Borrelli, B., Benjamin, E.J., McManus, D.D., Larson, M.G., Vasan, R.S., Shah, R.V., Lewis, G.D., Liu, C., Murabito, J.M., Nayor, M. (2024). Association of Smartwatch-Based Heart Rate and Physical Activity With Cardiorespiratory Fitness Measures in the Community: Cohort Study. J Med Internet Res, 26:e56676.

BAĞIŞIKLIK MODÜLASYONU AMACIYLA KULLANILAN KOENZİMLERİN PROBİYOTİKLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Prof. Dr. Gülçin ALP AVCI
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü
ORCID: 0000-0003-4049-0756

Prof. Dr. Emre AVCI
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Eczacılık Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0003-1046-8208

ÖZET

Giriş ve Amaç: Probiyotikler, bağırsak mikrobiyotasını düzenleyerek bağışıklık sistemini olumlu yönde etkileyen önemli düzenleyiciler olarak kabul edilmektedir. *Lactobacillia* ve *Bifidobacteria* türlerinin mukozal bağışıklığı güçlendirdiği, inflamasyonu azalttığı ve patojenlere karşı savunmayı artırdığı bilinmektedir. Koenzimler, enzimlerin işlev görebilmesi için gerekli olan küçük moleküllerdir. Bazı koenzimler, antioksidan özellikleri sayesinde hücresel stresi azaltarak bağışıklık sistemini desteklemeye katkıda bulunurlar. Bu moleküller aynı zamanda inflamatuar yanıtları düzenleyerek bağışıklık sistemini dolaylı yoldan modüle edebilirler. Bu çalışmada, Koenzim Q10 ve $NADH^+$ moleküllerinin *Lactobacillus rhamnosus* GAA6 ve *L. reuteri* ENA31 suşları üzerindeki proliferatif etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda, Koenzim Q10 (0.25–1.50 µg/ml) ve $NADH^+$ (0.1–1.5 µg/ml) moleküllerinin beş farklı konsantrasyonda *L. rhamnosus* GAA6 ve *L. reuteri* ENA31 suşları üzerindeki proliferatif etkileri spektrofotometrik yöntemlerle incelenmiştir. Bulgular: Çalışmamızda hem Koenzim Q10 hem de $NADH^+$ moleküllerinin farklı konsantrasyonlarının *L. rhamnosus* GAA6 ve *L. reuteri* ENA31 üzerindeki proliferatif etkileri belirlenmiştir. Konsantrasyon bazlı değerlendirmelerde, $NADH^+$'ın 1.00 ml konsantrasyonunun *L. rhamnosus* GAA6 üzerinde en yüksek proliferatif etkiyi gösterdiği, 0.50 ml konsantrasyonunun ise *L. reuteri* ENA31 üzerinde en yüksek etkiyi sağladığı tespit edilmiştir. Koenzim Q10'un ise her iki suş üzerinde en yüksek proliferatif etkisini 1.50 ml konsantrasyonda gösterdiği belirlenmiştir. Tartışma ve Sonuç: Bu çalışma, literatürdeki sınırlı bilgiye önemli katkılar sağlayacaktır. Halk arasında çeşitli nedenlerle yaygın olarak kullanılan takviyelerin bağırsak florası üzerindeki etkilerinin anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Bulgularımız, Koenzim Q10 gibi antioksidan koenzimlerin, bağırsak epitel hücrelerini oksidatif stresten koruyarak probiyotiklerin çoğalmasını destekleyebileceğini göstermektedir. $NADH^+$ seviyelerinin artırılması ise probiyotiklerin hayatta kalma ve işlevsel potansiyelleri üzerinde etkili olabilir.

Anahtar kelimeler: Probiyotikler; Koenzim Q10; NADH+; proliferasyon**.**

THE EFFECT ON PROBIOTICS OF COENZYMES USED FOR IMMUNE MODULATION PURPOSES

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Probiotics are considered key modulators of gut microbiota and are known to exert beneficial effects on the immune system. Species belonging to Lactobacillia and Bifidobacteria enhance mucosal immunity, reduce inflammation, and strengthen host defense against pathogens. Coenzymes are essential small molecules that facilitate enzymatic reactions, and some possess antioxidant properties that support immune function by reducing cellular stress.

These molecules may also indirectly modulate immune responses by influencing inflammatory pathways. This study aimed to investigate the proliferative effects of Coenzyme Q10 and $NADH^+$ on the probiotic strains *Lactobacillus rhamnosus* GAA6 and *L. reuteri* ENA31. Materials and Methods: The proliferative effects of five different concentrations of Coenzyme Q10 (0.25–1.50 µg/ml) and $NADH^+$ (0.10–1.50 µg/ml) on *L. rhamnosus* GAA6 and *L. reuteri* ENA31 were assessed using spectrophotometric methods. Results: Both coenzymes exhibited concentration-dependent proliferative effects on the tested strains. For $NADH^+$, the highest proliferation was observed at 1.00 µg/ml for *L. rhamnosus* GAA6 and at 0.50 µg/ml for *L. reuteri* ENA31. CoQ10 induced the highest proliferation in both strains at 1.50 µg/ml. Discussion and Conclusion: This study contributes novel findings to the limited existing literature. Understanding how commonly consumed supplements influence gut microbiota is of increasing importance. Our findings suggest that antioxidant coenzymes such as CoQ10 may promote probiotic proliferation by protecting intestinal epithelial cells from oxidative stress, while $NADH^+$ may influence probiotic viability and metabolic activity.
Keywords: Probiotics; Coenzyme Q10; NADH+; proliferation

INTRODUCTION

Probiotics have gained increasing scientific and clinical attention due to their potential to improve overall health and serve as adjunct therapies for various diseases (Ma et al., 2023). The term “probiotic” was first introduced by Stillwell and Lilley in 1965 to describe the beneficial effects of intestinal bacteria (Ji et al., 2023). Early research suggested that probiotics primarily modulate gut microbiota composition, but more recent evidence indicates their involvement in chronic disease mechanisms as well (Dhopatkar et al., 2023). Owing to strain-specific differences, careful selection of probiotic microorganisms is crucial.

Probiotics exert health effects through their unique metabolic products, interactions with host epithelial and immune cells, and strain-dependent properties. Commonly studied probiotic genera include *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Saccharomyces*, *Pediococcus*, and *Streptococcus*. Among these, *Lactobacillus* spp. and *Bifidobacterium* spp. are the most widely used (Fijan, 2014).

Oxidative stress plays a central role in the pathogenesis of several chronic diseases, including diabetes, atherosclerosis, inflammatory bowel disease (IBD), cardiovascular disorders, and neurodegenerative conditions (Burton & Jauniaux, 2011). Gut microbiota composition may contribute to intestinal oxidative stress (Derrien & Veiga, 2017). Probiotics act as biological barriers against reactive oxygen species (ROS), pathogens, and toxic compounds, offering a promising nutritional strategy for maintaining gut health (Wan et al., 2020).

Coenzymes are organic molecules that bind to enzymes and are essential for catalytic function (Eschenmoser, 2007). They participate in energy transfer, metabolic pathways, and redox reactions (Biljana, 2018). Coenzyme Q10, a lipid-soluble molecule involved in oxidative phosphorylation, functions as an antioxidant within cell membranes and lipoproteins (Acosta, 2016). Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD^+/NADH) plays a fundamental role in redox reactions, ATP synthesis, and metabolic regulation (Xiao, 2018; Rajman, 2018; Amjad, 2021). Imbalances in NAD^+/NADH ratios are linked to metabolic dysfunction.

The present study aimed to evaluate the proliferative effects of CoQ10 and $NADH^+$ on *L. rhamnosus* GAA6 and *L. reuteri* ENA31.

MATERIAL AND METHOD

In our study, previously isolated strains *L. rhamnosus* GAA6 and *L. reuteri* ENA31 with known probiotic properties were used. Cultures were activated in Man Rogosa Sharpe (MRS) broth and incubated at 37°C for 16–18 hours. Culture density (OD_{600}) was standardized to 0.600 using a spectrophotometer.

Stock solutions of CoQ10 and $NADH^+$ were prepared, and five concentrations of each coenzyme were tested. Each coenzyme was added at 2% to active cultures of *L. rhamnosus* GAA6 and *L. reuteri* ENA31 in parallel experimental setups, followed by incubation at 37°C for 24 hours. Bacterial proliferation was quantified using spectrophotometric measurements.

RESULTS

In our study, when we examined the effect of $NADH^+$ on *L. rhamnosus* GAA6 and *L. reuteri* ENA31, although there were differences in the effects of different concentrations as seen in Table 1, the highest proliferative effect in *L. rhamnosus* GAA6 was determined with 1.00 µg/ml and the highest proliferative effect in *L. reuteri* ENA31 was determined with 0.50 µg/ml.

Table 1. $NADH^+$ Findings

$NADH^+$ (µg/ml)	***L. rhamnosus* GAA6 (OD_{600})**	***L. reuteri* ENA31(OD_{600})**
0.10	0.41±0.12	0.39±0.10
0.25	0.47±0.14	0.44±0.10
0.50	0.56±0.13	**0.68 ±0.12**
1.00	**0.71 ±0.10**	0.61±0.11
1.50	0.62±0.13	0.53±0.18

In our study, when we examined the effects of Coenzyme Q10 on *L. rhamnosus* GAA6 and *L. reuteri* ENA31, as shown in Table 2, although there were differences in the effects of different concentrations, the highest proliferation was observed in both strains at a concentration of 1.50 µg/ml.

Table 2. Coenzyme Q10 Findings.

KoQ10 (µg/ml)	***L. rhamnosus* GAA6 (OD_{600})**	***L. reuteri* ENA31(OD_{600})**
0.25	0.38	0.36
0.50	0.45	0.43
0.75	0.52	0.49
1.00	0.60	0.57
1.50	0.74	0.70

DISCUSSION

The increasing use of dietary supplements has prompted growing scientific interest in understanding their interactions with gut microbiota (Maftei, 2024). Coenzymes may play an important role in modulating microbial metabolism and intestinal homeostasis.

CoQ10, located in the inner mitochondrial membrane, is essential for ATP synthesis and acts as a potent antioxidant (Pastor, 2020; Ivanova, 2023). Fermentation of complex molecules by gut microbiota generates metabolites such as hydrogen, methane, and short-chain fatty acids. Molecular hydrogen itself exhibits antioxidant properties (Ohsawa, 2007). Administration of CoQ10 has been shown to increase bacterial concentrations in the intestinal wall of mice (Shimizu, 2019). Our findings similarly indicate that CoQ10 enhances proliferation of selected probiotic strains, possibly through its antioxidant effects and its influence on mitochondrial energy metabolism.

$NADH^+$ also plays a vital role in microbial and host metabolic processes. Although limited studies have explored its effects on probiotic bacteria, NADH metabolism may support microbial survival by regulating oxidative stress responses and energy pathways (Ren, 2022). NAD^+-dependent enzymes such as DNA ligases and histone deacetylases have been reported in several bacterial species (Li et al., 2010; Guo et al., 2017). The strain-specific proliferative response observed in our study supports the hypothesis that $NADH^+$ contributes to enhancing probiotic viability.

CONCLUSION

Understanding the biological effects of nutritional supplements on gut microbiota is essential, especially given the increasing prevalence of supplement use. This study demonstrated that both CoQ10 and $NADH^+$ promote the proliferation of probiotic strains *L. rhamnosus* GAA6 and *L. reuteri* ENA31. CoQ10 exhibited stronger effects at higher concentrations, whereas the optimal proliferation induced by $NADH^+$ varied between strains. These findings contribute to the emerging field exploring coenzyme–microbiota interactions and may support the development of targeted probiotic or supplement-based therapeutic strategies.

REFERENCES

Acosta, M. J., Vazquez Fonseca, L., Desbats, M. A., et al. (2016). Coenzyme Q biosynthesis in health and disease. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1857(8), 1079–1085.

Amjad, S., Nisar, S., Bhat, A. A., Shah, A. R., Frenneaux, M. P., Fakhro, K., Haris, M., Reddy, R., Patay, Z., Baur, J., & Bagga, P. (2021). Role of NAD^+ in regulating cellular and metabolic signaling pathways. *Molecular Metabolism*, 49, 101195.

Arsić, B. (2018). Mechanisms of actions of coenzymes. *Chemia Naissensis*, 1(1), 153–183.

Burton, G. J., & Jauniaux, E. (2011). Oxidative stress. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, 25, 287–299.

Derrien, M., & Veiga, P. (2017). Rethinking diet to aid human–microbe symbiosis. *Trends in Microbiology*, 25(2), 100–112.

Dhopatkar, N., Keeler, J. L., Mutwalli, H., Whelan, K., Treasure, J., & Himmerich, H. (2023). Gastrointestinal symptoms, gut microbiome, probiotics and prebiotics in anorexia nervosa: Mechanistic rationale and review of the clinical evidence. *Psychoneuroendocrinology*, 147, 105959.

Eschenmoser, A. (2007). [Coenzyme chemistry]. *Tetrahedron*, 63, 12821–12844.

Fijan, S. (2014). Microorganisms with claimed probiotic properties: A general review of recent literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 4745–4767.

Guo, S., Chen, Q., Sun, Y., & Chen, J. (2019). Nicotinamide protects against skeletal muscle atrophy in streptozotocin-induced diabetic mice. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 125, 470–477.

Ivanova, A. Y., Shirokov, I. V., Toshchakov, S. V., Kozlova, A. D., Obolenskaya, O. N., Mariasina, S. S., Ivlev, V. A., Gartseev, I. B., & Medvedev, O. S. (2023). Effects of Coenzyme Q10 on biomarkers (hydrogen, methane, SCFA and TMA) and composition of the gut microbiome in rats. *Pharmaceuticals*, 16(5), 686.

Ji, J., Jin, W., Liu, S., Jiao, Z., & Li, X. (2023). Probiotics, prebiotics and postbiotics in health and disease. *MedComm*, 4, e420.

Li, M., Petteys, B. J., McClure, J. M., Valsakumar, V., Bekiranov, S., Frank, E. L., et al. (2010). Thiamine biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae* is regulated by the NAD^+-dependent histone deacetylase Hst1. *Molecular and Cellular Biology*, 30, 3329–3341.

Ma, T., Shen, X., Shi, X., Sakandar, H. A., Quan, K., Li, Y., Jin, H., Kwok, L.-Y., Zhang, H., & Sun, Z. (2023). Targeting gut microbiota and metabolism as a major probiotic mechanism—An evidence-based review. *Trends in Food Science & Technology*, 138, 178–198.

Maftei, N. M., Raileanu, C. R., Balta, A. A., Ambrose, L., Boev, M., Marin, D. B., & Lisa, E. L. (2024). The potential impact of probiotics on human health: An update on their health-promoting properties. *Microorganisms*, 12(2), 234.

Ohsawa, I., Ishikawa, M., Takahashi, K., Watanabe, M., Nishimaki, K., Yamagata, K., Katsura, K. I., Katayama, Y., Asoh, S., & Ohta, S. (2007). Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nature Medicine*, 13, 688–694.

Pastor-Maldonado, C. J., Suárez-Rivero, J. M., Povea-Cabello, S., Álvarez-Córdoba, M., Villalón-García, I., Munuera-Cabeza, M., Suárez-Carrillo, A., Talaverón-Rey, M., & Sánchez-Alcázar, J. A. (2020). Coenzyme Q10: Novel formulations and medical trends. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 8432.

Rajman, L., Chwalek, K., & Sinclair, D. A. (2018). Therapeutic potential of NAD-boosting molecules: The in vivo evidence. *Cell Metabolism*, 27(3), 529–547.

Ren, Z., Xu, Y., Li, T., Sun, W., Tang, Z., Wang, Y., Zhou, K., Li, J., Ding, Q., Liang, K., Wu, L., Yin, Y., & Sun, Z. (2022). NAD^+ and its possible role in gut microbiota: Insights into the mechanisms by which gut microbes influence host metabolism. *Animal Nutrition*, 10, 360–371.

Shimizu, Y., Mukumoto, N., Idrus, N., Akasaka, H., Inubushi, S., Yoshida, K., Miyawaki, D., Ishihara, T., Okamoto, Y., Yasuda, T., et al. (2019). Amelioration of radiation enteropathy by dietary supplementation with reduced Coenzyme Q10. *Advances in Radiation Oncology*, 4, 237–245.

Wan, M. L. Y., Co, V. A., & El-Nezami, H. (2020). Dietary polyphenol impact on gut health and microbiota. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60, 1–22.

Xiao, W., Wang, R.-S., Handy, D. E., & Loscalzo, J. (2018). NAD(H) and NADP(H) redox couples and cellular energy metabolism. *Antioxidants & Redox Signaling*, 28(3), 251–272.

COVİD-19 HASTALARINDA KARBOKSİHEMOGLOBİN VE OKSİHEMOGLOBİNİN ROLÜ

Sema BELEN
Seyhan Devlet Hastanesi, Acil Servis
ORCID: 0009-0002-4609-6370

Ataman KÖSE
Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Acil Tıp Anabilim Dalı
ORCID0000-0002-3856-6582

Çağrı Safa BUYURGAN
Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Acil Tıp Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0001-8662-0670

Seyran BOZKURT
Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Acil Tıp Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0001-9503-2862

Akif YARKAÇ
Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Acil Tıp Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-2529-8064

Semra ERDOĞAN
Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0003-2935-0760

ÖZET

Çalışmamızda, acil servise başvuran ve COVID-19 enfeksiyonu tanısı alan hastaların kan gazındaki karboksihemoglobin (COHb) ve oksihemoglobin (O_2Hb) düzeylerinin hastalık sürecini öngörmedeki rolü değerlendirildi. Bu parametrelerin hastalığın klinik seyri ve prognozu hakkında belirleyici olup olamayacağı araştırıldı.

31.12.2020–01.04.2021 tarihleri arasında Mersin Üniversitesi Hastanesi Acil Servisi'ne başvuran, COVID-19 tanılı 18 yaş ve üzerindeki 405 hasta geriye dönük olarak tarandı. Kan gazı analizi yapılmayan 179 hasta çalışma dışı bırakıldı ve dahil etme kriterlerini karşılayan 271 hasta analize alındı. Çalışma tek merkezli, retrospektif ve kesitsel bir tasarıma sahiptir.

Dahil edilen 271 hastanın yaş ortalaması 65.0±17.8 olup, %51.7'si kadındı. Ciddi durumda olan hastalar, hafif/orta grubuna göre anlamlı derecede daha yaşlıydı ($p<0.001$). Ciddi hastaların COHb değerleri daha düşük izlendi ($p=0.009$). Yatış ve taburculuk durumları açısından COHb ve O_2Hb düzeylerinde anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$). Ölen hastalarda COHb düzeyleri, yaşayanlara kıyasla anlamlı derecede daha düşüktü ($p<0.001$).

COHb düzeylerinin hem hastalık ciddiyetini hem de mortaliteyi ayırt etmede istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulundu ($p=0.0076$ ve $p=0.0065$). Hastalık ciddiyeti için COHb kesim noktası 1.3 olarak hesaplandı; bu değerin altındaki sonuçlar ciddi hastalıkla ilişkiliydi (seçicilik %60.71, PPV %66.4). Mortalitenin öngörülmesinde ise kesim noktası 2.4 olup, bu değerin altındaki COHb düzeyleri ölümle ilişkiliydi (duyarlılık %95.18, NPV %91.3).

Sonuç olarak, COHb düzeyleri hem hastalık ciddiyetinin hem de mortalitenin tahmininde etkili olabilir. Kolay uygulanabilir ve erişilebilir bir test olması nedeniyle, COHb ölçümü acil serviste COVID-19 hastalarının prognozunun öngörülmesinde pratik bir yardımcı araç olarak değerlendirilebilir. Bulgularımızın doğrulanması için çok merkezli, prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.
Anahtar kelimeler: COVID-19, karboksihemoglobin, oksihemoglobin, prognoz

THE ROLE OF CARBOXYHEMOGLOBIN AND OXYHEMOGLOBIN IN COVID-19 PATIENTS

ABSTRACT

This study evaluated the role of carboxyhemoglobin (COHb) and oxyhemoglobin (O_2Hb) levels measured in arterial blood gas analysis in predicting the clinical course of patients diagnosed with COVID-19 in the emergency department. The aim was to determine whether these parameters could provide prognostic information regarding disease severity and outcomes.

A total of 405 adult patients (≥18 years) who presented to the Emergency Department of Mersin University Hospital between 31 December 2020 and 1 April 2021 and were diagnosed with COVID-19 were retrospectively screened. Since arterial blood gas analysis was not performed in 179 patients with mild symptoms and stable vital signs, they were excluded. Ultimately, 271 patients who met the inclusion criteria were enrolled. This was a single-center, retrospective, cross-sectional study.

The mean age of the study population was 65.0±17.8 years, and 51.7% were female. Patients with severe disease were significantly older than those with mild/moderate disease ($p<0.001$). COHb levels were significantly lower in the severe group ($p=0.009$). There was no significant difference in COHb or O_2Hb levels between hospitalized and discharged patients ($p>0.05$). However, non-survivors had markedly lower COHb levels compared with survivors ($p<0.001$).

COHb demonstrated statistically significant discriminatory ability for both disease severity and mortality ($p=0.0076$ and $p=0.0065$, respectively). For predicting severe disease, the optimal COHb cut-off was 1.3, with values below this threshold indicating greater severity (specificity 60.71%, PPV 66.4%). For mortality prediction, the COHb cut-off was 2.4, and levels below this value were associated with death (sensitivity 95.18%, NPV 91.3%).

In conclusion, COHb levels may be useful in predicting both disease severity and mortality in COVID-19 patients. Given its accessibility and ease of measurement, COHb may serve as a practical adjunctive tool for prognostication in the emergency department. Further multicenter, prospective cohort studies are needed to validate these findings.
Keywords: Carboxyhemoglobin, COVID-19, oxyhemoglobin, prognosis

EVRE II-IIIB AKCİĞER KANSERİNDE AKCİĞER V30 HACMİNİN UZAK METASTAZ ÜZERİNE ETKİSİ: TGF-B1 ARACILI MEKANİZMALARLA İLİŞKİLİ RETROSPEKTİF ANALİZ

Kimia ÇEPNİ
Sağlık Bilimler üniversitesi, Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü
ORCID: 0000-0001-7467-6917

ÖZET

GİRİŞ

Radyoterapide (RT) tümör direnci ve normal doku toksisitesi, tümöre yeterli dozun güvenle uygulanmasını sınırlayan faktörlerdir. İyonizan radyasyon yalnızca DNA hasarı oluşturmakla kalmaz; *Transforming growth factor β (TGF-β*) aracılı ATM/p53 aktivasyonu yoluyla hücre döngüsü duraksaması, DNA onarımı ve apoptoz süreçleri de başlatır. TGF-β erken evrede tümör baskılayıcı iken ileri evrede tümör progresyonu ve immün kaçışa katkı sağlayabilir. Bu biyolojik mekanizmalar, akciğerin orta doz alan hacimlerinin özellikle 30 Gy alan hacminin (V30) hem toksisite hem de tümör kontrolü açısından önem taşıyabileceğini düşündürmektedir.

AMAÇ

Evre II–IIIB akciğer kanserli hastalarda RT planlarındaki V30 akciğer hacminin uzak metastaz gelişimi üzerine etkisini değerlendirmek.

GEREÇ VE YÖNTEM

Ocak 2021–2025 arasında Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi'nde RT ve/veya kemoterapi uygulanmış, ECOG 1–3 performanslı, 48 akciğer kanserli hasta retrospektif olarak incelendi. RT Tomoterapi veya lineer accelerator (LINAC) cihazı ile yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT)/ Hacimsel Yoğunluk Ayarlı Ark Tedavisi VMAT teknikle uygulandı. PET/BT füzyonu sonrası gross tümör hacmi (GTV),klinik hedef hacmi (CTV),planlanan hedef hacmi (PTV) ve akciğer V20–V30 değerleri hesaplandı. Uzak metastaz ile GTV, V30 ve V30/GTV oranı arasındaki ilişki tek ve çok değişkenli analizlerle incelendi.

BULGULAR

GTV artışı uzak metastazla güçlü ilişkiliydi (p=0,001). V30 artışı da metastazla anlamlı ilişkili bulundu (p=0,03). En güçlü parametre olan V30/GTV oranı arttıkça metastaz oranı arttı (p=0,00002). Erken nükslerde beyin metastazı daha sık izlendi .

TARTIŞMA VE SONUÇ

Uzak metastaz ile V30 arasındaki ilişki, TGF-β1 aracılı mikroçevresel yanıt ve immün modülasyon literatür ile uyumludur. Ayrıca PTV dışındaki doz düşüşünün metastaz riskini etkileyebileceğini gösteren çalışmalarla paralellik göstermektedir. Bulgularımız, V30'un uzak metastaz için bağımsız bir prognostik belirteç olabileceğini ve RT planlamasında optimize edilmesinin klinik sonuçları iyileştirebileceğini düşündürmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Akciğer kanseri, V30, TGF-β1, radyoterapi , uzak metastaz.

IMPACT OF LUNG V30 VOLUME ON DISTANT METASTASIS IN STAGE II–IIIB LUNG CANCER: A RETROSPECTIVE ANALYSIS RELATED TO TGF-B1–MEDIATED MECHANISMS

ABSTRACT

INTRODUCTION

Tumor resistance and normal tissue toxicity in radiotherapy (RT) remain major factors limiting the safe delivery of adequate tumoricidal doses. Ionizing radiation not only induces DNA damage but also activates cellular responses such as cell-cycle arrest, DNA repair, and apoptosis through TGF-β1–mediated ATM/p53 signaling. While TGF-β acts as a tumor suppressor in early carcinogenesis, it may promote tumor progression and immune evasion in later stages. These biological mechanisms suggest that medium-dose lung volumes, particularly the lung volume receiving 30 Gy (V30), may play a critical role in both toxicity and tumor control.

OBJECTIVE

To evaluate the impact of lung V30 volume in RT plans on the development of distant metastasis in patients with Stage II–IIIB lung cancer.

MATERIALS AND METHODS

A total of 48 patients with lung cancer, ECOG performance score 1–3, treated with RT and/or chemotherapy at Başakşehir Çam and Sakura City Hospital between January 2021–2025, were retrospectively analyzed. RT was delivered using Tomotherapy or LINAC systems with IMRT/VMAT or 3D conformal techniques. Following PET/CT fusion, GTV, CTV, PTV, and lung V20–V30 values were calculated. The associations of distant metastasis with GTV, V30, and the V30/GTV ratio were assessed using univariate and multivariate analyses.

RESULTS

Increase in GTV was strongly associated with distant metastasis ($p = 0.001$). Higher V30 was also significantly correlated with metastasis ($p = 0.03$). The most predictive parameter, the V30/GTV ratio, showed a marked association, with metastasis rates rising as the ratio increased ($p = 0.00002$). Median recurrence-free survival was 7 months and overall survival 12 months; early recurrences were more frequently associated with brain metastasis ($p = 0.005$).

DISCUSSION AND CONCLUSION

The relationship between distant metastasis and V30 aligns with existing literature on TGF-β1–mediated microenvironmental responses and immune modulation. The findings also parallel studies demonstrating that dose fall-off outside the PTV may influence metastatic risk. Our results suggest that lung V30 may serve as an independent prognostic marker for distant metastasis and that optimizing V30 during RT planning may contribute to improved clinical outcomes.

KEYWORDS: Lung cancer -V30- TGF-β1- radiotherapy- distant metastasis.

GİRİŞ

Tümör direnci, kanser tedavisinin en önemli zorluklarından biridir. Tümörün radyoterapiye (RT) dirençli olması, daha yüksek radyasyon dozlarına ihtiyaç duyulmasına yol açar ve bu durum normal doku toksisitesi ile ilişkilidir(1). Aslında, normal doku hasarı, tümöre yeterli iyonizan radyasyon dozunun verilebilmesini sınırlayan başlıca faktördür(2).

Tümör radyoterapisi normal dokularda hasara neden olsa da, bunun organların normal işlevlerinde ciddi bozulmalara yol açmayacak düzeyde kabul edilebilir olması gerekir. Normal doku hasarını en aza indirirken iyonizan radyasyonun tümöre etkin bir şekilde iletilmesi, radyoterapinin en kritik konularından biridir(3).Son yıllardaki teknolojik gelişmeler lokalize radyoterapinin etkinliğini artırmış olsada, normal dokularda ortaya çıkan yan etkiler ve radyoterapi sonrası tümör nüksü hâlâ önemli sorunlar olarak devam etmektedir(4). Normal dokuların iyonizan radyasyona nasıl yanıt verdiğine ilişkin bilgi, radyoterapinin erken ve geç dönem yan etkilerinin daha iyi yönetilmesini sağlayabilir. Ayrıca, tümör mimarisinin yanı-sıra tümör radyodirençliliğinin hücresel ve moleküler mekanizmalarının anlaşılması, radyoterapiye yanıtı artıracak ve tümör nüksü olasılığını azaltacak yeni yaklaşımlar geliştirilmesine katkı sunabilir (5).
İyonizan radyasyonun hücresel yanıtı yalnızca DNA çift zincir kırıkları ile sınırlı olmayıp, Radyoterapi sonrasında normal doku hasarı ve tümör direncinde *Transforming growth factor β* TGF-β1'in önemli bir rol oynadığı görülmektedir.
Literatürde çalışmalarında gösterdiği üzere, radyasyon maruziyetini takiben TGF-β1 hızla aktive olmakta; ATM kinaz ve p53 fosforilasyonunu uyararak hücre döngüsü duraksaması, DNA onarımı ve apoptoz gibi süreçleri düzenlemektedir(6). TGFβ-1, çok çeşitli biyolojik aktivitelere sahip bir sitokindir ve farklı hücre tipleri ya da dokular üzerinde, hücre proliferasyonu ve diferansiyasyonunun ya da hücre ölümünün düzenlenmesi ile ekstrasellüler matriks metabolizması gibi süreçlerde, çoğu zaman birbirine zıt etkiler gösterebilir(7).
TGF-β'nin erken evrelerde malignitenin baskılanmasında, geç evrelerde ise tümör progresyonunda rol oynadığı konusunda genel bir görüş birliği vardır. TGF-β aynı zamanda bağışıklık sisteminin önemli bir düzenleyicisidir; özellikle büyüme baskılayıcı etkilerinden kaçabilen malign hücreler bu sitokinden yüksek miktarda üreterek bağışıklık yanıtından korunabilmektedir. TGF-β'nin tümör baskılayıcı rolden tümör destekleyici role geçişini tetikleyen moleküler olaylar hâlâ tam olarak açıklığa kavuşmamış olsa da, bazı çalışmalar bu dönüşümde konak immün hücrelerinin önemli bir rol oynayabileceğini düşündürmektedir (8).
Bu moleküler veriler, hem tümör kontrolünde hem de normal doku toksisitesinde doz-dağılım parametrelerinin örneğin akciğerin 30 Gy doz alan volümü (V30 hacmi) önemini desteklemektedir.
Bu nedenle çalışmamızda, Ocak 2021–Ocak 2025 arasında radyoterapi ve/veya kemoterapi uygulanmış evre II–IIIB akciğer kanserli hastalarda, uygulanan radyoterapi planlarındaki V30 akciğer volümlerinin uzak metastaz gelişimi üzerindeki etkisi ve prognostik değerinin retrospektif olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEMLER

Ocak 2021 ile Ocak 2025 yılları arasında Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bölümünde radyoterapi ve/veya kemoterapi uygulanmış, ECOG performansları 1-3, yaşları 37-86 arası, evre II-IIIB 48 akciğer kanseri hastasında retrospektif kohort bir çalışma yapıldı. (Tablo 1). Bu çalışmada V30 akciğer volümlerinin uzak metastazlar üzerindeki etkisi ve prognostik önemi araştırılmıştır.
Radyoterap: RT, Tomoterapi veya lineer accelerator (LINAC) cihazı ile, yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT)/ Hacimsel Yoğunluk Ayarlı Ark Tedavisi (VMAT) teknikle uygulandı. FDG 18 PET CT (F18- Fluorodeoksiglukoz Pozitron Emission Tomography Computed Tomography) ve CT simülasyon görüntüleri füzyon yapılarak planlandı. Primer tümör bölgesi ve mediastendeki tutulu lenf nodları gross tümör hacmi(GTV) hedef volüm olarak belirlendi.

GTV alanına 0.5-1.5 cm sınır ile klinik hedef hacim (CTV) ve setup doğruluğu için bir daha 0.5-1 cm alan genişletilerek planlanan hedef hacim (PTV) alanları oluşturulduktan sonra, günlük 180-200 cGy fraksiyonla RT uygulandı. 40-54 Gy RT uygulandıktan sonra, sadece GTV tümör bölgesine 0,3-0,5 cm sınır verilerek 300-600 cGy fraksiyon dozu ile 60-84 Gy dozuna çıkıldı (Tablo 2). V30 volümü 30 Gy doz alan akciğer volümü olarak tanımlanmıştır. Minimum GTV volümü 11mL, maksimum GTV volümü 821 ml, olarak bulundu (Tablo 2). Median conformite indexi %98 ve median homojenite indeksi 0,34 olarak bulundu. Hedeflenen PTV, %95 yüzey izodozunun, %90-95'ini aldı. 6-18MeV x ışınları ile RT uygulandı (Tablo 2).

Kemoterapi: 36 hastaya kemoterapi (KT) uygulandı. KT hastaların 20'sinde RT ile eş zamanlı verilmiştir.

İstatistiksel analiz Hastaların RT planlama verileri toplanarak analizleri yapıldı (Tablo 2). Anova tek ve çok yönlü analizleri, t testi ile GTV artışı uzak metastazla anlamlı olarak ilişkili bulunmuştur (p 0.001). Bu çalışmada V30 artışının da uzak metastazla anlamlı olarak ilişkili olduğu görülmüştür (p=0.03). V30/GTV değeri arttıkça uzak metastaz oranı çok anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (p= 0,00002). Median nükssüz yaşam 7 ay ve median genel yaşam 12 ay olarak bulundu. Erken nükslerde anlamlı olarak daha çok beyin metastazı tespit edildi (p=0,005). RT ve KT eş zamanlı uygulanmış olan 4 hastada (%8.3) grad II ve 1 hastada grad III (%2) radyasyon pnömonisi görüldü. 45 hastada (%93.7) grad I-II, 8 hastada (%16.6) grad III hematolojik toksisite görüldü. 36 hastada (%75) grad I-II ösofajit gelişti.

Tablo 1. Hasta özellikleri

Özellikler	**Hasta sayısı**	**%**
Age		
37-60	19	39.5
61-70	21	43.75
71-87	8	16.6
Performans (ECOG)		
1-2	32	66.6
3	16	33.3
Patoloji		
KHDAC	39	81.2
KHAC	9	18.7
Tedavi		
RT+KT	27	56.2
Diğer RT	21	43.7
IMRT/VMAT	34	70.8
3D Conformal	14	29.1
Total	48	100

ECOG: Eastern Cooperative Oncology Group; KHDAC: küçük hücreli dışı akciğer kanseri; KHAC: küçük hücreli akciğer kanseri; RT: radyoterapi; KT: kemoterapi

Tablo 2. RT tedavi özellikleri

RT özellikleri	Median	Minimum	Maksimum
RT fraksiyon doz (cGy)	200	180	900
GTV (mL)	128	11	821
PTV (mL)	523	34	2238
V20 akciğer (mL)	992	15	1592
V30 akciğer (mL)	755	8	1321

RT: radyoterapi; GTV: Gros tümör volümü; PTV: planlanan target volüm; V20: akciğerin 20 Gy radyoterapi almış volümü; V30: akciğerin 30 Gy radyoterapi almış volümü.

TARTIŞMA

Bu retrospektif çalışmada, evre II–IIIB akciğer kanseri hastalarında radyoterapi planlarındaki akciğer V30 hacminin uzak metastaz gelişimi üzerindeki prognostik etkisi değerlendirilmiştir. Bulgularımız, hem GTV hacminin hem de V30 değerinin uzak metastaz ile anlamlı şekilde ilişkili olduğunu; özellikle V30/GTV oranı arttıkça metastaz riskinin belirgin olarak arttığını göstermektedir. Bu sonuçlar, radyoterapi sonrası tümör biyolojisi ve mikroçevre yanıtının yalnızca hedef hacimdeki radyasyon dozundan değil, hedef dışı dokuların maruz kaldığı doz dağılımından da etkilendiğini düşündürmektedir.

İyonizan radyasyonun hücresel etkileri DNA çift zincir kırıklarının ötesine geçerek; TGF-β1 aktivasyonu, ATM ve p53 fosforilasyonu gibi çok daha kompleks moleküler yanıtları kapsamaktadır. Wiegman ve ark.'nın çalışmasında gösterildiği üzere TGF-β1, radyasyon sonrası çok hızlı aktive olmakta ve ATM-p53 yolu üzerinden hücre döngüsü duraksaması, DNA onarımı ve apoptoz süreçlerini düzenlemektedir (6). TGF-β1 aynı zamanda ekstrasellüler matriks metabolizması, hücre proliferasyonu ve diferansiyasyonu gibi birçok biyolojik süreci çift yönlü olarak etkileyen önemli bir sitokindir (7). Bu nedenle TGF-β1 aracılı yolaklar, hem normal doku hasarı hem de tümör direnci açısından kritik noktada yer almaktadır.

Bu biyolojik çerçeve, çalışmamızda elde ettiğimiz V30 artışı ile metastaz riskinin yükselmesi arasındaki ilişkiyi de desteklemektedir. Normal akciğer dokusunun daha yüksek hacminin 30 Gy üzerinde radyasyon alması, TGF-β1 aracılı fibrotik ve immünmodülatör mekanizmaları tetikleyerek tümör mikroçevresini yeniden şekillendirebilir; bu da tümör hücrelerinin radyoterapi sonrası daha invaziv veya dirençli fenotipler geliştirmesine katkı sağlayabilir.

Radyasyon tedavisi yalnızca tümör hücrelerini öldürmekle kalmaz, aynı zamanda hayatta kalan hücrelerde fenotipik değişikliklere yol açarak bu hücreleri immün aracılı ölüm mekanizmalarına daha duyarlı hale getirebilir(9). Bununla birlikte radyoterapinin immünsüpresif etkileri de bildirilmiştir ve bu immünsüpresyonun mikroskobik tümör hücrelerinin yayılımını kolaylaştırabileceği öne sürülmektedir. Bu çift yönlü biyolojik yanıt, bazı çalışmalarda gözlenen *lokal kontrol sağlanmasına rağmen uzak metastaz gelişimi* ile uyumludur.

Bizim çalışmamızda uzak metastaz oranlarının yüksek olması ve erken nükslerde beyin metastazının anlamlı şekilde daha sık görülmesi, özellikle sistemik kontrolün kritik önemini vurgulamaktadır. RT+KT verilen hastalarda dahi bu etkinin tamamen engellenememiş olması, tümör mikroçevresinin radyasyona verdiği biyolojik yanıtların sistemik yayılım üzerinde belirgin rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Son yıllarda stereotaktik radyoterapi çalışmalarında, PTV dışındaki doz düşüşünün biyolojik etkileri giderek daha fazla araştırılmaktadır. Özellikle Diamant ve ark.'nın çalışması, PTV hacmi ile uzak metastaz arasında görülen ilişkinin, PTV hacmi belirli bir aralıkta sınırlı tutulduğunda ortadan kaybolduğunu; buna karşın PTV dışındaki doz gradyanı ile metastaz arasındaki ilişkinin sürdüğünü göstermiştir(10). Bu bulgu, metastaz riskini belirleyen ana faktörün PTV hacmi değil, PTV dışındaki dokulara verilen doz olduğunu düşündürmektedir.
Bizim çalışmamızda da V30 hacminin metastaz ile güçlü ilişkisi, bu sonuçlarla paralellik göstermektedir. Akciğer dokusunun daha geniş bir kısmının orta doz seviyelerine maruz kalması, immün hücrelerin fonksiyonlarını bozabilir; akciğer mikroçevresinde TGF-β1 aracılı inflamatuvar ve fibrotik süreçleri tetikleyebilir ve böylece metastatik potansiyeli artırabilir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

- Hasta sayısının görece sınırlı olması,
- Retrospektif tasarım,
- Moleküler marker analizlerinin yapılamamış olması,

gibi kısıtlılıklar bulguların genellenebilirliğini sınırlamaktadır. Bununla birlikte sonuçlarımız, orta doz akciğer hacminin sistemik hastalık kontrolünde rol oynayabileceğine ilişkin önemli ipuçları sunmaktadır.

SONUÇ

Radyasyon yalnızca hücre öldürmez**, immün ve mikroçevresel değişiklikler** oluşturur. RT, bazı koşullarda **immünsüpresyona** neden olabilir bu da mikroskobik yayılım kolaylaşabilir. PTV dışındaki doz dağılımının yalnızca teknik bir planlama parametresi değil, aynı zamanda hastanın biyolojik yanıtını ve uzak metastaz gelişme olasılığını etkileyen önemli bir faktör olabileceğini düşündürmektedir.
V30 akciğer hacmi, uzak metastaz için bağımsız ve güçlü bir prognostik belirteçtir.Hedef dışı akciğer dokusunun aldığı orta dozlar (V30) yalnızca toksisite değil, **metastatik biyoloji** açısından da önemlidir.Planlama sürecinde V30'un optimize edilmesi, metastaz riskini azaltmaya katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

1. Mauch P, Constine L, Greenberger J, Knospe W, Sullivan J, Liesveld JL, et al. Hematopoietic stem cell compartment: Acute and late effects of radiation therapy and chemotherapy. International Journal of Radiation Oncology*Biology*Physics. 1995;31(5):1319-39.

2. Citrin DE, Mitchell JB. Mechanisms of Normal Tissue Injury From Irradiation. Seminars in Radiation Oncology. 2017;27(4):316-24.

3. Gandhi SJ, Minn AJ, Vonderheide RH, Wherry EJ, Hahn SM, Maity A. Awakening the immune system with radiation: Optimal dose and fractionation. Cancer Letters. 2015;368(2):185-90.

4. Lafargue A, Degorre C, Corre I, Alves-Guerra M-C, Gaugler M-H, Vallette F, et al. Ionizing radiation induces long-term senescence in endothelial cells through mitochondrial respiratory complex II dysfunction and superoxide generation. Free Radical Biology and Medicine. 2017;108:750-9.

5. Yarnold J, Vozenin Brotons M-C. Pathogenetic mechanisms in radiation fibrosis. Radiotherapy and Oncology. 2010;97(1):149-61.

6. Wiegman EM, Blaese MA, Loeffler H, Coppes RP, Rodemann HP. TGFbeta-1 dependent fast stimulation of ATM and p53 phosphorylation following exposure to ionizing radiation does not involve TGFbeta-receptor I signalling. Radiother Oncol. 2007;83(3):289-95.

7. de Caestecker MP, Piek E, Roberts AB. Role of transforming growth factor-beta signaling in cancer. J Natl Cancer Inst. 2000;92(17):1388-402.

8. Yang L, Moses HL. Transforming growth factor beta: tumor suppressor or promoter? Are host immune cells the answer? Cancer Res. 2008;68(22):9107-11.

9. Popp I, Grosu AL, Niedermann G, Duda DG. Immune modulation by hypofractionated stereotactic radiation therapy: Therapeutic implications. Radiotherapy and Oncology. 2016;120(2):185-94.

10. Diamant A, Chatterjee A, Faria S, Naqa IE, Bahig H, Filion E, et al. Can dose outside the PTV influence the risk of distant metastases in stage I lung cancer patients treated with stereotactic body radiotherapy (SBRT)? Radiotherapy and Oncology. 2018;128(3):513-9.

cfDNA'da ESR1 VARYANTLARI VE ENDOKRİN DİRENCİ

Metin ESER
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Tıbbi Genetik Bölümü
ORCID: 0000-0001-7118-7958

ÖZET

Giriş

ESR1 genindeki kazanılmış somatik varyantlar, hormon reseptör pozitif metastatik meme kanserinde endokrin tedavi direncinin en önemli mekanizmaları arasında yer almaktadır. Aromataz inhibitörleri veya tamoksifen tedavisi sırasında ortaya çıkan bu varyantlar, östrojen reseptörünün liganddan bağımsız aktivasyonuna yol açarak tedaviye yanıtsızlığa neden olur. Bu nedenle dolaşımdaki serbest DNA (cfDNA) üzerinden ESR1 varyantlarının yüksek duyarlılığa sahip yöntemlerle saptanması, tedavi yanıtının izlenmesi ve kişiselleştirilmiş tedavi stratejilerinin planlanması açısından kritik öneme sahiptir.

Yöntem

İnvaziv duktal karsinom tanılı 40 kadın hastadan elde edilen periferik kan örneklerinden cfDNA izolasyonu FavorPrep™ Circulating Nucleic Acid Extraction kiti kullanılarak QIAvac (Qiagen) cihazında gerçekleştirilmiştir. cfDNA konsantrasyonları Qubit™ Fluorometric Quantification sistemi ile ölçülmüştür. ESR1 gen analizi, yüksek duyarlılığa sahip ID Solutions IDESR1+ kiti ile Bio-Rad QX200™ Droplet Digital PCR sistemi üzerinde yapılmış; oluşan damlacık kümeleri QX Manager Software yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bulgular

Toplam 40 hastanın 28'inde (%70) ESR1 geninde herhangi bir değişiklik saptanmamıştır. On iki hastada (%30) ise ESR1 varyantı tespit edilmiştir. Exon 8'de L536H, L536P, L536R, L536Q, L536F, D538G, Y537C, Y537D, Y537H, Y537N, Y537S değişimlerinden en az bir tanesi 9 hastada; exon 5'te E380Q varyantı 2 hastada; exon 7'de S463P varyantı ise 1 hastada belirlenmiştir. Pozitif olgularda varyant allel frekansları %1,3–%10 arasında değişmiştir. Özellikle exon 8 varyantlarının daha yüksek oranda görülmesi, literatürde bildirilen endokrin direnç mekanizmalarıyla uyumlu bulunmuştur.

Sonuç

Bu çalışma, 40 hastalık kohortta ESR1 varyant pozitiflik oranının %30 olduğunu göstermiştir. Damlacık dijital PCR (ddPCR), düşük allel frekanslı ESR1 varyantlarının güvenilir biçimde saptanmasını sağlayarak metastatik meme kanseri hastalarının tedavi takibinde değerli bir moleküler yöntem sunmaktadır. Bulgular, ESR1 varyantlarının klinik sonuçlarla ve endokrin tedavi yanıtı ile birlikte daha geniş hasta serilerinde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: ESR1, dolaşımdaki serbest DNA, metastatik meme kanseri, endokrin tedavi direnci, damlacık dijital PCR.

ESR1 VARIANTS IN CFDNA AND ENDOCRINE RESISTANCE

ABSTRACT

Introduction

Acquired somatic variants in the ESR1 gene are among the most important mechanisms of endocrine therapy resistance in hormone receptor–positive metastatic breast cancer. These variants, which often emerge during treatment with aromatase inhibitors or tamoxifen, lead to ligand-independent activation of the estrogen receptor, resulting in therapeutic unresponsiveness. Therefore, the detection of ESR1 variants from circulating cell-free DNA (cfDNA) using highly sensitive methods is critical for monitoring treatment response and planning personalized therapeutic strategies.

Methods

cfDNA was isolated from peripheral blood samples obtained from 40 female patients diagnosed with invasive ductal carcinoma using the FavorPrep™ Circulating Nucleic Acid Extraction kit on the QIAvac (Qiagen) system. cfDNA concentrations were measured using the Qubit™ Fluorometric Quantification system. ESR1 gene analysis was performed with the highly sensitive ID Solutions IDESR1+ kit on the Bio-Rad QX200™ Droplet Digital PCR platform, and droplet clusters were analyzed using the QX Manager Software.

Results

No ESR1 gene alterations were detected in 28 of 40 patients (70%). ESR1 variants were identified in 12 patients (30%). Among these, at least one of the exon 8 variants—L536H, L536P, L536R, L536Q, L536F, D538G, Y537C, Y537D, Y537H, Y537N, or Y537S—was found in 9 patients. The exon 5 variant E380Q was detected in 2 patients, and the exon 7 variant S463P was found in 1 patient. Variant allele frequencies ranged from 1.3% to 10% in positive cases. Notably, the higher proportion of exon 8 variants was consistent with previously reported endocrine resistance mechanisms in the literature.

Conclusion

This study demonstrates an ESR1 variant positivity rate of 30% in a 40-patient cohort. Droplet digital PCR (ddPCR) provides a reliable method for detecting low-allele-frequency ESR1 variants, offering a valuable molecular tool for treatment monitoring in metastatic breast cancer patients. The findings highlight the need to further evaluate ESR1 variants alongside clinical outcomes and endocrine therapy response in larger patient cohorts.

Keywords: ESR1, circulating cell-free DNA, metastatic breast cancer, endocrine therapy resistance, droplet digital PCR.

60 YAŞ ÜZERİ BİREYLERİN PROBİYOTİK VE PREBİYOTİK BİLGİ DÜZEYİ VE TÜKETİM DURUMLARI: YALOVA TERMAL ÖRNEĞİ

Sadet KARABULUT KALKAN
Yalova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakaloji AD
ORCID: 0009-0007-4257-1708

ÖZET

Yaşadığımız çağda sağlık ve beslenme arasındaki ilişki gün geçtikçe büyük önem taşımaktadır. İnsan ömrünün uzamasıyla birlikte ortaya çıkan antibiyotik direncinin artması, başta kanser ve alerjik hastalıkların giderek yaygın görülmesi sebebiyle beslenmeyle ilgili olarak alternatif tedavi ve korunma yollarının araştırılması zorunlu hale gelmiş ve fonksiyonel besinlere olan ilgi artmıştır. Fonksiyonel besinler vücudumuzun temel besin gereksinimlerini karşılamakla birlikte sağlığın korunması ve sürdürülmesinde önemli etkilere sahiptirler. Bu besinlerin en çok bilinen ve tüketilen grubunu probiyotikler oluşturmaktadır. Probiyotik terimi Yunanca kökenli olup "pro bios", "yaşam için" anlamına gelmektedir. Bugüne kadar probiyotiklerin çok farklı tanımları yapılmıştır ancak kabul edilen tanımına göre; "yeterli miktarda alındığı zaman konakçı üzerinde sağlığa yararlı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalardır''.Son yıllarda yapılan çalışmalar probiyotiklerin başta enflamatuar bağırsak hastalıkları olmak üzere birçok gastrointestinal sistem hastalığının tedavisi ve korunmasında etkili olduğunu göstermiştir. Prebiyotikler ise kolondaki birden fazla bakterinin üremesini ve/veya aktivitesini artırarak konakçıya faydalı olan, sindirilemeyen gıda içerikleri olarak tanımlanır. Bir besin bileşeninin prebiyotik özellik taşıyabilmesi için sindirime dirençli olması, kolon mikroflora bakterileri tarafından hidrolize edilmesi, bir veya kısıtlı sayıda olmak üzere daha çok bakterinin çoğalmasını uyarması, konakçının sağlığı üzerinde olumlu etkileri olması gibi özellikleri taşıması beklenir. Bu araştırmanın amacı Yalova Termal ilçesinde yaşayan 60 yaş üzeri olan bireylerin probiyotik ve prebiyotik bilgi düzeyi ve tüketim durumlarının değerlendirilmesidir.

Anahtar Kelimeler: Probiyotik; Prebiyotik; Bilgi düzeyi; Tüketim durumu; 60 yaş üstü; Termal Bölgesi, Yalova

PROBIOTIC AND PREBIOTIC KNOWLEDGE LEVEL AND CONSUMPTION STATUS OF INDIVIDUALS OVER 60 YEARS OF AGE: THE YALOVA THERMAL EXAMPLE

ABSTRACT

The relationship between health and nutrition is becoming increasingly important in our age. Due to the increasing antibiotic resistance that has emerged with the increasing lifespan of humans and the increasing prevalence of cancer and allergic diseases, research into alternative nutritional treatment and prevention methods has become essential, and interest in functional foods has increased. Functional foods not only meet our body's basic nutritional needs but also have significant effects on the protection and maintenance of health. Probiotics constitute the most widely known and consumed group of these foods. The term probiotic is of Greek origin, "pro bios," meaning "for life." Many different definitions of probiotics have been proposed to date, but the accepted definition is: They are "live microorganisms that, when consumed in adequate amounts, provide beneficial health effects on the host." Recent studies have shown that probiotics are effective in the treatment and prevention of many gastrointestinal diseases, particularly inflammatory bowel diseases.

Prebiotics are defined as non-digestible food ingredients that benefit the host by increasing the growth and/or activity of multiple bacteria in the colon. For a food ingredient to possess prebiotic properties, it must possess characteristics such as being resistant to digestion, being hydrolyzed by colonic microflora bacteria, stimulating the growth of one or a limited number of bacteria, and having positive effects on the host's health. The purpose of this study was to assess the knowledge and consumption status of individuals over 60 years of age living in the Termal district of Yalova.
Keywords: Probiotic; Prebiotic; Knowledge level; Consumption status; Over 60 years of age; Termal Region, Yalova

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

EPIDEMIOLOGY OF ENTEROHEMORRHAGIC INFECTION CAUSED BY EHEC IN NORTH AFRICA: A CLINICAL REVIEW

Abdelkader METIDJI
Laboratory of Biology and Experimental Pharmacology (LBPE), Faculty of Natural and Life Sciences (SNV), Yahya Fares University

Mohamed RAHAL
Laboratory of Biology and Experimental Pharmacology (LBPE), Faculty of Natural and Life Sciences (SNV), Yahya Fares University

Abstract

Background

Enterohemorrhagic Escherichia coli (EHEC) infections pose a significant public health threat globally, causing diarrheal illness, hemorrhagic colitis (HC), and the life-threatening hemolytic uremic syndrome (HUS). Understanding the regional epidemiology and clinical burden in North Africa is crucial for effective prevention and control strategies, yet comprehensive reviews focusing on this region are limited.

Objectives

1. Determine the prevalence of EHEC among diarrheal cases in North African hospitals
2. Characterize virulence gene profiles
3. Assess antimicrobial resistance patterns

Methodology

A systematic literature review was conducted. Databases (e.g., PubMed, Scopus, regional journals) were searched for peer-reviewed articles, surveillance reports, and relevant grey literature (publication years: 1990-2024) reporting on EHEC infection incidence, serotype distribution, transmission routes, risk factors, clinical presentation, complications (particularly HUS), and outcomes in the North African countries (Morocco, Algeria, Tunisia, Libya, Egypt). Data were extracted and synthesized descriptively.

Significance

• Provides first comprehensive data on EHEC virulence patterns in North African clinical isolates
• Highlights need for revised diagnostic protocols in North African hospitals
• Informs empirical treatment guidelines and infection control measures

Keywords: North African, Enterohemorrhagic E. coli, Antimicrobial resistance, Clinical isolates

PRODUCTION AND SENSORY EVALUATION OF WINE PRODUCED FROM PHOENIX DACTYLIFERA USING SACCHAROMYCES CEREVISIAE

Tope James, Ogidi
Newland Polytechnic, Ilorin, Kwara, Nigeria, Department of Science Laboratory Technology
ORCID: 0009-0009-0925-262X

ABSTRACT

Blessing Mayowa, Sanni, Kwara State University, Department of Microbiology, Blessingsanni50@gmail.com, ORCID: 0009-0000-6396-6548, +2349053806475

Locally produced and naturally fermented beverages has encouraged the production of wine using alternative raw material. This study aimed to investigates the possibility of producing wine from date fruit (Phoenix dactylifera) using brewer's yeast (Saccharomyces cerevisiae). Saccharomyces cerevisiae has the capacity to ferment carbohydrates rich substance resulting in production of ethanol and acceptable flavor. Ripe date fruits were selected, washed and processed to extract juice, the juice is the primary substrate for the fermentation. The must was inoculated with pure culture of Saccharomyces cerevisiae. The fermentation was carried out for 14 days under anaerobic condition. The pH, microbial load and alcohol content was assess to monitor the progress and quality of fermentation. The alcohol content increases from 0.2% to 8.0%. The microbial load was highest (3.2 x 106 cfu/ml) on day 4 and lowest (7.0 x 104 cfu/ml) on day 14. The pH reduced from 4.75 on day 1 and was least (2.85) on day 6. The sensory evaluation on hedonic scale of 9 had an overall acceptability of 7.0. This indicate that date fruit is a potential viable substrates for small scale wine production. This study reveals that date fruit is an efficient and economical raw material for wine production using Saccharomyces cerevisiae.

Keywords: Saccharomyces cerevisiae, Fermentation, Alcohol content

ENHANCED ADSORPTIVE PERFORMANCE OF MODIFIED CLAY FOR WASTEWATER DYE REMOVAL

Soumaya Matchi
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry
ORCID: 0009-0003-8903-9672

Adil El Yadini
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry
ORCID: 0000-0003-0885-3588

Hanae Ouaddari
Chemistry Platform, UATRS, National Center for Scientific and Technical Research (CNRST)
Ibn Tofail University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry
ORCID: 0000-0001-6716-2985

Abdelkbir Bellaouchou
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry
ORCID: 0000-0003-2328-2015

Abstract
The release of synthetic dyes into aquatic environments poses serious environmental and health challenges due to their toxicity, high chemical stability, and resistance to biodegradation. Widely used in various industrial sectors such as textiles, plastics, paper production, and pharmaceuticals, these dyes persist in wastewater and contribute significantly to surface and groundwater contamination. Developing effective, low-cost, and sustainable materials for their efficient removal is therefore of critical importance to protect ecosystems and human health.
In this study, a naturally abundant clay was chemically modified to enhance its adsorption performance toward dye pollutants in aqueous media. The modification process aimed to improve the clay's surface functionality, porosity, and overall interaction with organic molecules responsible for coloration in wastewater.
Structural and morphological characterization of both raw and modified clays was carried out using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD), and scanning electron microscopy (SEM). These analyses confirmed significant structural transformations and improved surface properties following the modification process.
Batch adsorption experiments were conducted to evaluate the effect of key operational parameters, including pH, initial dye concentration, adsorbent dosage, and contact time. The modified clay exhibited a significantly enhanced adsorption capacity and faster kinetics compared to the unmodified raw clay.
Overall, the results highlight the potential of the modified clay as a cost-effective, eco-friendly, and efficient adsorbent for the treatment of dye-contaminated wastewater. This study contributes valuable knowledge to the development of advanced clay-based materials for environmental remediation and industrial wastewater management.
Keywords: modified clay, synthetic dyes, adsorption, environmental remediation.

OPTIMIZING LC3 WITH THERMALLY ACTIVATED LOW-KAOLINITE COAL GANGUE

Mohamed FARHI
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry

Nacer KHACHANI
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry

Hassan EZ-Zaki
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry

Abstract
Coal gangue, a by-product of coal mining produced in vast quantities worldwide, presents significant environmental challenges. Its disposal results in land occupation, risks of spontaneous combustion releasing harmful gases such as sulfur dioxide and nitrogen oxides, and potential contamination of soil and groundwater due to heavy metal leaching. These environmental impacts necessitate effective valorization strategies. Although coal gangue generally contains low amounts of kaolinite, limiting its natural pozzolanic reactivity, it remains a widely available industrial waste with potential for use in cementitious materials.
This study focuses on the thermal activation of low-kaolinite coal gangue to improve its reactivity for incorporation into Limestone Calcined Clay Cement (LC3) as a supplementary material, replacing traditional calcined clays. The coal gangue was thermally treated under controlled conditions, and its mineralogical, chemical, and thermal properties were investigated using X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), thermogravimetric and differential thermal analysis (TG-DTA), and X-ray fluorescence (XRF).
The characterization results provide insight into the transformations induced by thermal activation and the potential of this low-grade material for use in LC3 formulations. Future work will focus on evaluating the mechanical performance of LC3 incorporating thermally activated coal gangue to validate its effectiveness in enhancing strength and durability. This research contributes to the development of sustainable, low-carbon cementitious systems by valorizing an abundant industrial by-product.
Keywords: Coal gangue, Thermal activation, LC3, Material characterization, Sustainable cement,

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ADSORPTION OF ORGANIC POLLUTANTS USING HYDROXYAPATITE EXTRACTED FROM BIOGENIC SOURCES

Douae Touareb
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry
ORCID: 0009-0005-5871-8714

Sarah Saoiabi
Hassan II Agronomic and Veterinary Institute, Avian Pathology Unit, Department of Veterinary Pathology and Public Health and Food

Souhayla Latifi
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry
ORCID: 0000-0003-1245-8724

Lamiaa Habraji
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry

Sanaâ Saoiabi
Mohammed V University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry

Abstract
The contamination of water by organic pollutants poses a serious threat to ecosystems and human health due to their persistence and toxicity. Conventional treatment methods often suffer from high costs and limited efficiency, especially at low contaminant concentrations. Biogenic hydroxyapatite (HAp), a naturally derived calcium phosphate material with abundant reactive surface sites, emerges as a promising, eco-friendly, and cost-effective adsorbent for the removal of organic contaminants from water.
In this study, HAp was synthesized from biogenic sources and subjected to calcination at 100 °C, 500 °C, and 900 °C, producing samples labeled HA-100, HA-500, and HA-900. Comprehensive physicochemical characterization was carried out via XRD, FTIR, SEM/EDX, and XRF analyses, while surface charge properties were assessed through pHpzc measurements. Batch adsorption experiments examined the removal efficiency of representative organic pollutants, varying parameters such as pH, contact time, initial pollutant concentration, and adsorbent dosage. Adsorption kinetics and isotherm models (including Langmuir and Freundlich) were applied to elucidate the adsorption mechanisms. Reusability was evaluated through multiple adsorption-desorption cycles using acidic regeneration. Results demonstrated that calcination temperature significantly affected the structural and surface properties of bio-HAp, influencing its adsorption capacity. The HA-500 sample showed superior adsorption performance, achieving high removal rates and stability over repeated cycles, attributed to an optimal balance between crystallinity and surface area. Lower calcination (HA-100) retained organic residues potentially enhancing adsorption sites, while excessive calcination (HA-900) led to surface area loss due to sintering.
These findings confirm the strong potential of thermally optimized biogenic hydroxyapatite as an effective and sustainable adsorbent for organic pollutant remediation in water treatment, contributing to environmentally responsible practices aligned with Sustainable Development Goals.
Keywords: Biogenic hydroxyapatite, Organic pollutant adsorption, Water treatment, Sustainable adsorbent, Adsorption kinetics, Regeneration

VALORIZATION OF SEDIMENTS FROM BIN EL OUIDANE DAM (MOROCCO) AS A MATERIAL FOR CONCRETE

Bouchra Bourhabi
Laboratory of Process Engineering and Environment, Faculty of Science and Technology of Mohammedia, Hassan II University

Latifa Mouhir
Laboratory of Process Engineering and Environment, Faculty of Science and Technology of Mohammedia, Hassan II University

Souad Tayane
Laboratory of Process Engineering and Environment, Faculty of Science and Technology of Mohammedia, Hassan II University

Abstract
Siltation in dams represents a major challenge for the sustainability of hydraulic infrastructures and efficient water resource management. This study explores an innovative approach for the valorization of sediments from the Bin El Ouidane dam (Morocco) as a partial substitute for conventional raw materials in concrete production.
Seasonal sampling campaigns were conducted during winter and summer at multiple depths to assess the physico-chemical and mineralogical characteristics of the sediments. Analyses included particle size distribution, pH, organic matter content, and elemental composition (XRF, EDS), along with microscopic observations.
Sediments were then incorporated into concrete mixes at varying proportions to evaluate their mechanical performance, particularly compressive strength, and their compliance with relevant standards. The results show that, at optimized substitution levels, the use of these sediments does not compromise concrete quality and offers a sustainable alternative for sediment reuse.
Keywords: Sediments, dam, valorization, concrete, sustainability, circular economy

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYLENE BLUE IN WASTEWATER USING CLAY NANOPARTICLES AS A SUSTAINABLE TREATMENT APPROACH

MUHAMMAD SHUAIBU MAIWADA
Umaru Musa Yaradua University,Katsina Faculty Of Natural And Applied Science Department Of Pure And Industrial Chemistry

ABDULJABBAR GARBA
Umaru Musa Yaradua University,Katsina Faculty Of Natural And Applied Science Department Of Pure And Industrial Chemistry

ABSTRACT
Water pollution caused by organic contaminants in wastewater remains a significant environmental concern. Photocatalysis has emerged as an effective method for degrading these pollutants, with clay-based photocatalysts gaining attention due to their abundance, stability, and excellent light response properties. This study investigates the photocatalytic activity of clay nanoparticles in the degradation of methylene blue, a model organic pollutant commonly found in industrial effluents. The research involved a controlled laboratory experiment using clay nanoparticles collected and processed to serve as photocatalysts. A synthetic wastewater solution containing methylene blue was prepared, and the degradation process was carried out under UV light at varying nanoparticle concentrations and exposure durations. Spectrophotometric analysis was employed to measure pollutant degradation, and data was analyzed to determine optimal conditions for maximum efficiency. Results indicated that clay nanoparticles significantly enhanced the degradation of methylene blue, with removal efficiency increasing with higher nanoparticle concentrations and prolonged UV exposure. The highest degradation efficiency observed was 89.06% at 0.50g of clay nanoparticles over six hours of illumination. The study also confirmed the role of clay nanoparticles in reducing charge recombination, thereby prolonging the lifespan of reactive species involved in photocatalysis. These findings highlight the potential of clay nanoparticles as a cost-effective and sustainable alternative for wastewater treatment. The study contributes to the growing body of knowledge on nanomaterial-based environmental remediation and underscores the need for further exploration into large-scale applications, optimization of treatment conditions, and the assessment of potential byproducts.
Keywords: Clay nanoparticles, photocatalysis, methylene blue degradation, wastewater treatment, UV illumination, environmental remediation, nanomaterials, sustainable water treatment.

DENSITY FUNCTIONAL THEORY ANALYSIS OF METHYLAMMONIUM TIN HALIDE PEROVSKITES FOR PHOTOVOLTAIC USE

Khalid Said
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah-Fez University

Jihane ZNAKI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah-Fez University

Mohamed Adadi
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah-Fez University

Hassane Moustabchir
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah-Fez University

Souad Elkhattabi
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah-Fez University

ABSTRACT
Because of their outstanding efficiency and optoelectronic properties, organic–inorganic lead halide perovskites have attracted considerable interest as light absorbers in photovoltaic cells. However, toxic lead in the plurality of hybrid perovskites has negative environmental repercussions. This study focused on the structural, electronic, and optical properties of a lead-free organic–inorganic perovskites CH3NH3SnX3 (X = Cl, Br and I). An analysis of results got using density-functional theory (DFT). The electronic properties got using DFT showed that an increase in ionic radius of anion X led to a decrease in the band gap. However, the optical property results revealed for all structures of the CH3NH3SnX3 perovskite exhibited high absorption coefficients (approximately 105 cm-1) in the ultraviolet and visible regions. The results of our study suggest that halide substitution could motivate the development of lead-free optoelectronic materials.
Keywords: Hybrid halide perovskites, Lead-free perovskite, Density functional theory (DFT)

ECO-FRIENDLY CORROSION INHIBITOR FOR CARBON STEEL IN 1M HYDROCHLORIC ACID SOLUTION: EXPERIMENTAL APPROACH

KABIRI LOUBNA
Sultan Moulay Slimane University, School of Technology, Laboratory of engineering and Applied Technologies

FORSAL ISSAM
Sultan Moulay Slimane University, School of Technology, Laboratory of engineering and Applied Technologies

ELHARAMI ANAS
Sultan Moulay Slimane University, School of Technology, Laboratory of engineering and Applied Technologies

Abstract
In this study, plant extract was used as a new friendly inhibitor for carbon steel corrosion resistance in a 1.0 M HCl solution. The extract performance was evaluated by PDP and EIS methods. The results of this study showed that the inhibition efficiency of the extract raised from 88 to 93%, with concentrations from 0.5 to 2 g/L. However, as temperature increased from 293K to 323 K, inhibition efficiency decreased from 93 to 84%. EIS method confirmed that the inhibition efficiency of extract remained virtually constant with rising immersion time. The polarization method (PDP) indicates that the extract acts as a mixed-type inhibitor with an anodic influence.
Keywords: Extract, Carbon steel, EIS, PDP, Inhibition efficiency.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

FORMULATION AND EVALUATION OF DELAYED-RELEASE PELLETS OF ESOMEPRAZOLE MAGNESIUM TRIHYDRATE USING EXTRUSION SPHERONIZATION

Faizan Afzal
Hajvery University Lahore

Abstract
Esomeprazole is a Proton pump inhibitor (PPI), used in the management of gastrointestinal (GI) diseases, including gastroesophageal reflux disease. It rapidly degrades in acidic media, but it has acceptable stability under alkaline conditions, so the stability of esomeprazole magnesium greatly depends on the pH.

Aim
The prime aim of this research work was to design a formulation of Esomeprazole magnesium trihydrate (EMT) oral delayed-release (enteric-coated) pellets by using two different enteric polymers, to enhance its absorption and prevent degradation through bypassing the stomach as compared to other available dosage forms available in the market.

Methodology
In the present study, the extrusion-spheronization technique was used to formulate core pellets of EMT. These pellets were divided into two equal portions, the first portion coated with Eudragit L100 and the other portion with Eudragit L100-55. Eudragit L100-55 (dissolve at above 5.5-6 pH) and Eudragit L100 (dissolve at pH 6-7) were used as enteric coating polymers for targeted release of the enteric-coated pellets in the Duodenum and jejunum, respectively by the enteric coating of pellets. And Sodium bicarbonate was added as an antacid in the sachet with pellets.

Conclusion
These results manifested that the percentage of the drug was significantly increased in systemic circulation because of targeted drug absorption through the duodenum and jejunum. As IV %drug release of the formulation is almost the same as that of the marketed product, i.e., 102.99 and 102,45, respectively. The formulation has shown satisfactory results concerning all pharmacokinetic parameters and we believe it can be marketed successfully.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THE ROLE OF HIGH FAST FOOD, SUGARY BEVERAGE, AND SUGAR INTAKE IN THE DEVELOPMENT OF CHRONIC KIDNEY DISEASE: A CLINICAL AND LITERATURE-BASED ANALYSIS

Faizan Afzal
Hajvery University Lahore

Abstract
Chronic Kidney Disease (CKD) represents a rapidly growing global health concern, contributing significantly to morbidity, mortality, and healthcare costs. The increasing prevalence of CKD has been closely associated with modifiable lifestyle and dietary factors, especially the widespread consumption of fast foods, sugary beverages, and refined sugars. These dietary habits, now prevalent across all age groups and socioeconomic backgrounds, are known to contribute to key risk factors for CKD, including obesity, hypertension, diabetes mellitus, and metabolic syndrome. Despite growing awareness, limited clinical research incorporates real-time patient data to substantiate these associations.
This study aims to bridge this gap by combining an extensive literature review with analysis of real-time clinical data from patients diagnosed with CKD who have a documented history of high intake of processed foods and sugary beverages. The review explores the pathophysiological mechanisms—including increased oxidative stress, chronic low-grade inflammation, insulin resistance, and glomerular hyperfiltration—that underlie diet-induced renal damage. The clinical data, drawn from primary care settings and nephrology clinics, include laboratory parameters, lifestyle questionnaires, and progression patterns in CKD staging, offering direct insight into how dietary excesses translate into kidney dysfunction.
Through in-depth case studies, the research highlights variations in disease progression based on dietary patterns, demonstrating that early dietary interventions—especially reduced sugar and sodium intake—may decelerate kidney function decline. Moreover, patient outcomes reflect how education, counseling, and diet modification can impact long-term renal health, even in early-stage CKD.
This integrative approach strengthens the evidence that fast food and sugary beverage consumption are not merely associated with but are likely contributing to renal deterioration. Public health implications are substantial: this study underscores the necessity for early lifestyle interventions, tailored dietary counseling, and public health policies that limit the availability and marketing of nephrotoxic food products.
By presenting both theoretical foundations and real-world data, this paper offers a holistic perspective on the role of nutrition in CKD and calls for the urgent implementation of preventive strategies in both clinical and community settings. It lays the groundwork for more targeted future research that combines nutritional epidemiology, clinical nephrology, and health policy.
Keywords: Chronic Kidney Disease (CKD), Early-stage CKD, Kidney Disease Prevention, Dietary Habits, Obesity, Hypertension, Kidney Disease Progression Fast Food Consumption, Sugary Beverages, Nutritional Modifications, Lifestyle Changes.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

PRESCRIPTION DRUG MISUSE (PDP): A CROSS SECTIONAL AND DESCRIPTIVE TYPE OF STUDY IN PUBLIC AND PHARMACIES TO EVALUATE ROOT CAUSE OF DRUG MISUSE

Faizan Afzal
Hajvery University, Euro campus

Abstract

Background and purpose

Prescription drug misuse (PDM) represents an emerging global issue. The present Data indicate that young adults are misusing prescription drugs tremendously. People are at risk of developing health problems because of PDM. The study aimed to identify factors associated with PDM among health workers (Pharmacists/Pharmacy Staff) and the Public in Lahore, Pakistan.

Method and instrument

The present study was a cross-sectional, closed-ended, questionnaire-based survey conducted between July 01 to October 31, 2021. A total of 500 people participated in the study (including 250 participants from the public and 250 Doctors / Medical staff from Pharmacies / Medical Stores). The issue of PDM among two significant groups was measured from different areas including Hospitals, Community Pharmacies, and Private Clinics of Lahore, Pakistan. Descriptive and Chi-square analysis using SPSS was utilized to analyze and evaluate data to determine the root cause of PDM.

Objective

The objective of the study was to make a closed-ended questionnaire to address changing policies regarding Prescription drug Misuse (PDM), Choosing the best methodology to prevent PDM, ensure effective and responsive planning of drug use for prevention, treatment, and care services, identify common errors, and key points that the PDM may have made.

Results

The Data from Chi-square have suggested that there was a strong correlation between PDM, Education Level, Socioeconomic Status (SES), Family income, Age of the patient, Area Distribution, Availability of Pharmacist at Pharmacy, and Physician Prescription Writing as the value of P<5% or 0.05, the level of significance. So, the need of the hour is to change the attitude and knowledge of all in the community and at the National Level.

Conclusion

The survey was done periodically at a specified time to continuously produce data that reflect current changes in PDM at the local level. The primary aims of this study were to design a strategy to prevent PDM, eliminate the risk of PDM, develop and validate a scale measuring attitude towards PDM for non-medical reasons, evaluation of the impact of health with education on PDM, and explain the possible ways by which PDM can be prevented.

Keywords: Prescription drug misuse (PDM), Prescription Drug Prevention (PDP), Prescription Misuse (PM), Prescription Drug Monitoring Program (PDMP).

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THYROID HORMONE LEVELS AND THEIR ASSOCIATION WITH PLASMA ZINC LEVELS AMONG ADOLESCENT AFGHAN REFUGEES; A CROSS-SECTIONAL STUDY

Dr. Saima Shaheen
Department of Biochemistry, Khyber Girls Medical College,

Dr. Nabila Sher
Khyber Girls Medical College

Abstract

Introduction

Thyroid hormones play an important role in the development and maintenance of nearly all tissues. In Pakistan, hypothyroidism and hyperthyroidism prevalence are 4.1% and 5.1%, respectively, and with increasing age, prevalence increases approximately to 10% in adults over 65 years of age. Malnutrition or nutritional deficiencies in the body can be the cause of thyroid disorders. Zinc (Zn) and copper (Cu), have important roles in regulating biological processes, maintaining normal thyroid function, and preventing thyroid diseases.

Objective: The objective of study was to find out levels of the thyroid hormones (TSH, T3 and T4) and its association with plasma zinc levels among adolescents Afghan refugees living in Peshawar, Pakistan.

Methodology

Study design: Cross-sectional study

Study setting; It was conducted in the experimental Laboratory of Hayatabad Medical Complex, Hayatabad, Peshawar, Khyber Pakhtunkhwa (Pakistan) and University of Nottingham, England.

Subjects: A total of 206 adults from Khazana Afghan Refugee Camp, Peshawar were recruited and demographic details were done using a standard questionnaire.

Methods

We measured the patient's weight and height to calculate body mass index (BMI). Each participant blood sample was taken, so that many indicators could be measured. The concentrations of plasma zinc were measured by Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICPMS) ,and TSH, T3, and T4 were done by using cobas e 601 which is a completely automated analyzer that performs immunoassay analysis using electrochemiluminescence (ECL) technology.

Results

Gender was equally divided into 103 females and 103 males with age group of 10-14 was (65.5%) and 15-19 was (34.5%). According to results (99.0%) participants had normal TSH levels, (79.1%) of participants had normal T3 levels, while (78.6%) of participants had normal T4 levels. T3 and T4 was low in (10.7 and 18.4 %) respectively. Serum Zinc levels in majority (65%) of participants had normal zinc levels while 35% of the participants were found to be deficient in zinc. There was significant association between gender and age group p value 0.02. A significant association was found between the gender and T3 levels. Females had more ratio of increased T3 levels. There was significant association between gender and T4 levels. However there was no significant association between thyroid hormones Zinc and other parameters.

Conclusion

This non-significant study did not find a direct relationship between thyroid hormones and zinc levels, there is still evidence to suggest that maintaining adequate zinc levels may be important for proper thyroid function. Further research is needed to fully understand the relationship between these two factors. Keywords; malnutrition, hyperthyroidism, hypothyroidism

Keywords: malnutrition, hyperthyroidism, hypothyroidism
Registration number: 2019/KMU/ KGMC/MPhil/BIO/1

UNRAVELING LAYERED TITANS: HOW MXENE ARCHITECTURES REDEFINE PROPERTIES FOR FUTURE PHYSICAL TECHNOLOGIES

Dr. S. Kalaiselvan
Department of Chemistry, Rathinam Technical Campus

Dr. M. Mohanasundari
Department of Physics, Rathinam Technical Campus

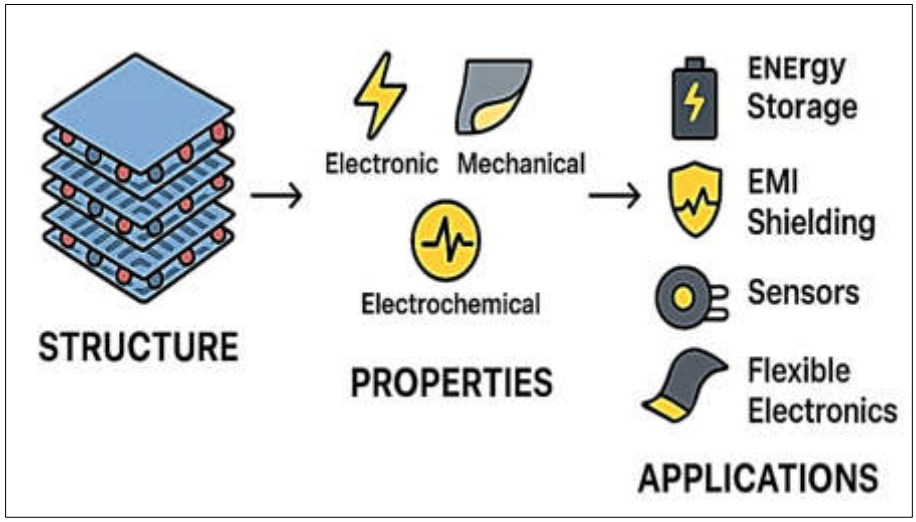
R. Induja
Department of Mathematics, Rathinam Technical Campus

A. Yogeshwari
Department of Mathematics, Rathinam Technical Campus

Abstract
MXenes—atomically thin carbides and nitrides derived from MAX phases—represent a rapidly advancing class of layered materials capable of transcending the performance boundaries of conventional physical devices. Their unique structural architecture, composed of transition-metal layers terminated with functional surface groups, enables tunable electronic, mechanical, and electrochemical behavior that is rarely achievable in other 2D systems. This architectural precision allows MXenes to manipulate charge transport, electromagnetic interactions, and interfacial chemistry in ways that directly influence device efficiency and miniaturization. As a result, MXene-enabled platforms are reshaping technological frontiers in high-rate energy storage, adaptive electromagnetic interference shielding, nanoscale sensing, and flexible electronics. The synergy between controllable surface terminations, metallic conductivity, and hydrophilic interlayer galleries provides a versatile toolbox to engineer multifunctional systems with enhanced responsiveness, durability, and structural adaptability. While oxidation stability, large-scale synthesis, and controlled interface integration remain challenges, ongoing breakthroughs in surface engineering, heterostructure design, and composite fabrication are rapidly bridging these gaps. Thus, MXenes emerge not merely as materials, but as architectural catalysts redefining how structure and properties converge to drive the next era of intelligent physical technologies.

Keywords: MXenes; layered architectures; 2D materials; structure–property relationship; physical devices; energy storage; electromagnetic shielding; flexible electronics; surface engineering

Graphical Abstract



5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

TOWARDS CIRCULAR MANAGEMENT OF INDUSTRIAL SALINE EFFLUENTS: VALORIZATION OF SODIUM FROM NaOH AND NaCL SOURCES

Mohamed EL MORSY
ORCID: 0009-0005-3979-1940

Prof. Dr. Laila AFIA
Ibnou Zohr University, Faculty of Sciences, Department of chemisrty, Laboratory of Materials and Environment (LME)
ORCID: 0009-0003-6324-8396

ABSTRACT
Large quantities of saline effluents are generated in many industrial operations, particularly during caustic-cleaning processes using sodium hydroxide (NaOH) and during water-softening cycles based on sodium chloride (NaCl). In Morocco, these sodium-rich waste streams remain insufficiently valorized despite their high chemical content and their potential relevance within sustainable resource-recovery strategies. Their discharge places considerable pressure on wastewater treatment systems due to elevated salinity, the high alkalinity of NaOH-derived streams, and the cumulative environmental impact on aquatic ecosystems. Thus, these effluents represent both an environmental burden and an underexploited industrial resource.

This research investigates innovative pathways for recovering and transforming sodium contained in these effluents into value-added products, in line with circular-economy principles. Several approaches are explored, including: (i) selective separation and purification of sodium ions, (ii) electrochemical processes for NaOH regeneration, and (iii) the formation of market-relevant sodium-based compounds such as sodium carbonate and sodium bicarbonate. The study emphasizes process optimization, reduction of energy consumption, and the suitability of these technologies for industries generating continuous saline discharges.

In addition to technical aspects, the feasibility of integrating sodium-recovery systems into Moroccan industrial sectors, particularly medium-sized agri-food and water-treatment facilities, is assessed. The objective is to shift from a conventional linear disposal model to a closed-loop approach in which sodium is recovered, reused, or converted into valuable chemical inputs. By turning a costly polluting stream into a strategic resource, this work contributes to environmental protection, industrial cost reduction, and the development of sustainable industrial symbiosis.

Keywords: Sodium recovery, NaOH effluents, Water softening, NaCl regeneration, Circular economy.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

MOTORSİKLET SÜRÜCÜLERİNİN KASK TAKMA DURUMLARININ GÖRÜNTÜ İŞLEME VE MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ

Öğr. Gör. Dr. Eren DAĞLI
Selçuk Üniversitesi, Doğanhisar Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma ve Trafik Hizmetleri Programı
ORCID: 0000-0002-3892-0270

Doç. Dr. Yavuz Selim TAŞPINAR
Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-7278-4241

ÖZET
Son yıllarda, bilgisayarla görme ve makine öğrenmesine dayalı akıllı sistemlerin kullanımı özellikle iş güvenliği uygulamalarında büyük önem kazanmıştır. Endüstriyel ortamlarda en kritik gereksinimlerden biri, çalışanların baret gibi koruyucu ekipmanları takıp takmadığının denetlenmesidir. Bu çalışmada, görüntü tabanlı analiz yoluyla baret kullanımını otomatik olarak tespit eden bir sınıflandırma modeli geliştirilmiştir. Kullanılan veri seti, üç sınıftan oluşmaktadır: Helmet (Baretli), Person_no_helmet (Baretsiz kişi) ve No_person (Kişi yok). Amaç, bir kişinin baret takıp takmadığını doğru bir şekilde ayırt etmek ve karede herhangi bir kişinin bulunmadığı durumları dışlamaktır. Bu hedef doğrultusunda, üç farklı denetimli makine öğrenmesi algoritması Yapay Sinir Ağı (YSA), Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Lojistik Regresyon (LR) kullanılmış ve performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Modeller, sınıflandırma doğruluğunu artırmak amacıyla ön işleme, normalizasyon ve özellik çıkarımı adımlarından geçirilen dengeli bir veri setiyle eğitilmiştir. Sonuç olarak, Lojistik Regresyon modeli %99,9 ile en yüksek doğruluk oranına, SVM %99,7, Yapay Sinir Ağı ise %99,4 doğruluk oranına ulaşmıştır. Bu sonuçlar, iyi yapılandırılmış veri ve uygun ön işleme adımlarıyla, görece basit modellerin bile karmaşık yapılı modellere göre daha yüksek başarı gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, üç yöntemin de görsel verilerden baret kullanımını tespit etmede yüksek genelleme kabiliyeti ve kararlılığa sahip olduğunu göstermektedir. Önerilen yaklaşım, gerçek zamanlı izleme ve güvenlik denetim sistemlerine entegre edilerek kural ihlallerinin otomatik olarak tespit edilmesini ve iş güvenliğinin artırılmasını sağlayabilir. Ayrıca bu çalışma, baret tespiti alanında klasik ve sinir ağı tabanlı sınıflandırıcıların karşılaştırmalı analizini sunarak, model karmaşıklığı ile performans arasındaki dengeye ilişkin önemli çıkarımlar sağlamaktadır. Geliştirilen sistem, akıllı fabrikalar, inşaat sahaları ve otonom izleme platformlarında iş güvenliği yönetmeliklerine uyumu destekleyecek potansiyele sahiptir.
Anahtar Kelimeler: Kask, Makine Öğrenmesi, Görüntü İşleme, Kaza önleme, Sınıflandırma

ANALYSIS OF HELMET WEARING PERFORMANCE OF MOTORCYCLE RIDER BY USING IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING METHODS

ABSTRACT
In recent years, the use of intelligent systems based on computer vision and machine learning has gained great importance, especially in occupational safety applications. One of the most critical requirements in industrial environments is ensuring that employees wear protective equipment such as helmets. In this study, a visual classification model was developed to automatically detect helmet usage through image-based analysis. The dataset used consists of three classes: Helmet, Person_no_helmet, and No_person.

The aim is to accurately distinguish whether a person is wearing a helmet or not and to exclude cases where no person appears in the frame. To achieve this, three different supervised machine learning algorithms—Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVM), and Logistic Regression (LR)—were employed and their performances were comparatively evaluated. The models were trained using a balanced dataset that underwent preprocessing, normalization, and feature extraction stages to improve classification accuracy. As a result, the Logistic Regression model achieved the highest classification accuracy of 99.9%, followed by SVM with 99.7%, and ANN with 99.4%. These results demonstrate that even relatively simple models such as Logistic Regression can outperform more complex architectures under well-structured data and appropriate preprocessing conditions. The findings reveal that all three methods exhibit high robustness and generalization ability in detecting helmet usage from visual data. The proposed approach can be integrated into real-time surveillance and safety monitoring systems, enabling automatic detection of rule violations and enhancing workplace safety. Moreover, this research contributes to the field by providing a comparative analysis of classical and neural-based classifiers on helmet detection tasks, offering insights into the trade-offs between model complexity and performance. The proposed system demonstrates potential for deployment in smart factory environments, construction sites, and autonomous monitoring platforms to ensure compliance with occupational safety regulations.

Keywords: Helmet, Machine Learning, Image Processing, Accident Prevention, Classification

INTRODUCTION

Traffic safety continues to be one of the most significant public health and public safety issues facing modern societies. The rapid expansion of road transport, the proliferation of motor vehicle diversity, and the rapid shift in urbanization are among the primary factors increasing both the number and severity of traffic accidents. Consequently, the risks posed to motorcycle and moped riders, in particular, are significantly higher than those faced by other vehicle types. According to reports by the World Health Organization, a significant portion of deaths in motorcycle accidents result from head trauma. This underscores the vital importance of helmet use and clearly demonstrates that the use of protective equipment is a mandatory safety component. Helmets are essential safety equipment that protect the head by absorbing the impact, friction, and impact that motorcycle riders may encounter. However, numerous studies conducted in various countries and Turkey indicate that helmet use rates have not reached the desired levels. Drivers' tendency not to wear helmets is influenced by various factors, including risk perception, driving habits, environmental influences, individual comfort expectations, inadequate legal enforcement, and lack of oversight. Misconceptions that helmets are "unnecessary," especially for short-distance driving, and the physical discomfort caused by hot weather conditions are frequently cited as factors negatively impacting helmet use. Increasing helmet use is critical not only for individual safety but also for reducing public health expenditures, alleviating emergency room burdens, and preventing long-term economic losses. Numerous studies have demonstrated that in societies with low helmet use, the rate of deaths and serious injuries from traffic accidents is significantly higher. Therefore, analyzing helmet-wearing behavior and scientifically examining the reasons for not wearing helmets has become crucial for developing applicable policy recommendations. Numerous studies on helmets are available in the literature.

In one study, they used video-based observation data from December 2021 to February 2022 to investigate the helmet-wearing behavior of e-scooter users in Denmark, using computer vision methods for helmet detection.

They obtained results with accuracy close to human observations using the applied computer vision methods. They developed a detection algorithm that can automatically identify whether e-scooter users are wearing helmets. This study has been used in the field of urban micromobility safety (Siebert, Riis, Janstrup, Lin, & Hüttel, 2023). In another study, the authors and colleagues used video footage to investigate helmet use to reduce the risk of head trauma in cyclists, using computer vision methods for cyclist detection and helmet use analysis. They achieved classification results with approximately 90% accuracy using machine learning and image processing methods. They developed an automatic detection system that monitors the head area of a cyclist and determines whether they are wearing a helmet. This system has been used in the field of traffic safety and micromobility observation analyses (Li, Hajimirsadeghi, Zaki, Mori, & Sayed, 2014). In another study, to investigate the low helmet use rate among motorcycle riders, they used data obtained from video images to detect motorcycles and drivers using K-Nearest Neighbor (KNN)-based methods. The applied classification methods achieved accuracy of 84% for the near lane, 68% for the far lane, and 74% for both lanes. They developed a detection system that automatically determines whether motorcycle riders are wearing helmets by analyzing their head area (Waranusast, Bundon, Timtong, Tangnoi, & Pattanathaburt, 2013). In another study, to investigate the high accident risk of two-wheeler users and the serious loss of life due to helmetless riders in India, they used video surveillance data to perform automatic helmet detection using deep learning-based methods. They achieved accuracy of 93.6% using YOLOv8 and image processing methods. They developed a device/system that detects drivers who are not wearing helmets, automatically detects their license plate, and records it in a database (Prakash-Borah, Devnani, Kumar-Das, Vetagiri, & Pakray, 2024). In order to investigate traffic violations committed by two-wheeler drivers in India, they used data obtained from complex traffic images to perform driver detection, helmet status analysis, and license plate recognition using deep learning-based methods. The applied DetectNet–ResNet18 and YOLOv8 methods achieved 98.56% accuracy in helmet detection and 97.6% accuracy in license plate detection of helmetless drivers. They developed a two-stage automatic inspection system that can simultaneously detect drivers, helmet status, and license plate (Deshpande et al., 2025). In another study, they used field data to investigate helmet non-use on motorcycles, which is one of the major causes of high traffic fatality rates in developing countries, and used computer vision and machine learning methods to detect helmet violations. They achieved 97% violation detection accuracy and 15% false alarm rate using the applied image processing and classification methods. They developed a scalable device/system consisting of a GPU server and multiple clients that automatically determines whether the driver and passenger are wearing a helmet (Chairat, Dailey, Limsoonthrakul, Ekpanyapong, & KC, 2020). In another study, they used real-time surveillance data to investigate safety problems arising from traffic law violations in different countries, using OpenCV and deep learning-based methods to detect seat belts and helmets. They obtained successful results providing real-time and continuous surveillance using the applied image processing and deep learning methods. They proposed an automatic detection system running on Raspberry Pi that can capture and record images of drivers violating the rules (Maduri, Singh, Sharma, Mishra, & Mishra, 2021). To investigate motorcycle riders' non-compliance with helmet rules, they used video data from the AI City Challenge 2023 competition to detect helmet violations using YOLOv7-based deep learning methods. They achieved an accuracy value of 0.6422 mAP for the best model among the applied YOLOv7-E6E, YOLOv7-CBAM, and YOLOv7-SimAM models. Using different image sizes and improved model architectures, they proposed a system that enables helmet detection in challenging conditions (occultations, fast vehicle movements, shadows, wide viewing angles, low light, and weather conditions) (Tsai et al., 2023).

In another study, they aimed to examine the helmet usage rates of motorcycle users. a Using video data obtained from seven cities in Myanmar, they performed motorcycle and driver detection and helmet use analysis using deep learning-based methods. They achieved high accuracy results ranging from −4.4% to +2.1% compared to human observations with the applied algorithm. They proposed a system that can automatically detect motorcycles, the number of riders on them, and helmet usage status using 91,000 labeled video frames (Siebert & Lin, 2020). In another study, they used CCTV image data to investigate traffic violations in the Philippines, and in particular non-compliance with the "No Helmet, No Ride" law, and detected helmet usage among motorcycle drivers using deep learning and computer vision methods. They obtained results that can accurately distinguish whether drivers are wearing helmets or not using convolutional neural network (CNN)-based image classification and object detection methods. They developed a deep learning-based system developed using different pre-trained models (Giron et al., 2020). A review of the literature reveals the motivation for this article as follows:

• The Helmet Detection Dataset, comprising 672 images across three classes, was used.
• 1000 features were extracted from each image using the SqueezeNet CNN architecture.
• The resulting features were classified using ANN, LR, and SVM machine learning methods.
• Performance evaluations of the models were conducted.

The remaining sections of the article are structured as follows: Section 2 presents the material method, Section 3 presents the experimental results, and Section 4 presents the conclusion.

MATERIAL AND METHODS

Helmet Detection Dateset

The dataset contains three classes: Helmet, Person_no_helmet, and no_person. There are 280 images in the Helmet class, 222 in the Person_no_helmet class, and 170 in the no_person class. The dataset contains a total of 672 images. The dataset was downloaded from kaggle.com (On Vehicle Helmet Detection Dataset). Sample images from the dataset are shown in Figure 1.



Figure 1. Images in the dataset according to classes

Convolutional Neural Networks (CNN)

Convolutional neural networks (CNN) are widely used, particularly in image processing and computer vision. These networks learn spatial relationships in data and efficiently extract local features. Their basic structures consist of convolution, pooling, and fully connected layers. Convolutional layers extract features from the input using filters, while pooling layers provide dimensionality reduction and preserve important features. Fully connected layers, on the other hand, translate the learned information into classification or prediction tasks. One of the key advantages of CNNs is that they reduce the need for manual feature engineering. While traditional methods rely on expert knowledge for feature extraction, CNNs perform this process automatically. Furthermore, parameter sharing and local connections enable efficient learning on large datasets. Modern CNN architectures, with their deep layers and skip connections, both increase accuracy and stabilize the learning process. CNNs are not only limited to image classification and object detection, but are also used in areas such as medical image analysis, autonomous vehicle systems, and natural language processing. This broad application area and high performance make CNNs a fundamental tool in artificial intelligence-based systems (Koklu, Cinar, Taspinar, & Kursun, 2022).

SqueezeNet

SqueezeNet is a lightweight convolutional neural network that aims to reduce the number of parameters in deep learning models. This network reduces model size and computational costs while maintaining high accuracy. The core structure of SqueezeNet is built on "Fire modules." Each Fire module first reduces the number of channels using a "squeeze" layer with a 1x1 convolution, and then expands the features using 1x1 and 3x3 convolutions with an "expand" layer. This approach increases parameter efficiency and ensures the model's lightweight nature. SqueezeNet's low parameter count makes it particularly suitable for use in resource-limited environments such as embedded systems and mobile devices. Additionally, the network achieves high accuracy on large datasets like ImageNet and reduces memory usage during training. These features make SqueezeNet an effective deep learning model preferred in both research and industrial applications (Kursun, Cinar, Taspinar, & Koklu, 2022).

Artificial Neural Network

Artificial neural networks (ANNs) are artificial structures that mimic the connections between nerve cells in the human brain. These networks effectively perform tasks such as learning from data, pattern recognition, and prediction. ANNs consist of input, hidden, and output layers, with neurons in each layer connected by weights. The input layer receives data, the hidden layers process the information and extract features, and the output layer produces the final result. The learning process in ANNs is accomplished by optimizing weights and backpropagating errors. This method minimizes the difference between the network's predictions and the actual values and increases the model's accuracy. Different architectures utilize single-layer or deep multi-layer structures, successfully solving complex problems. ANNs are applied in many fields, including image processing, natural language processing, financial forecasting, and medicine, and offer high flexibility and generalization capabilities. Thanks to these features, artificial neural networks are becoming one of the fundamental building blocks of modern artificial intelligence applications (Taşpınar, Sarıtaş, Çınar, & Koklu, 2020).

Logistic Regression

Logistic regression is a statistical method widely used, especially in classification problems. This method models the relationship between data and classes when the dependent variable is categorical and estimates probabilities. Unlike linear regression, logistic regression limits the output value between 0 and 1 and calculates probabilities using a sigmoid function. This allows the model to predict the probability that the data belongs to a specific class. The model's learning process involves optimizing the weights using the maximum likelihood method. This method minimizes the difference between the predicted values and the true class values and increases the model's accuracy. Logistic regression is adaptable to both two-class and multi-class problems and offers an easy-to-interpret model. Today, logistic regression is used in many fields, including medicine, finance, marketing, and the social sciences. It is particularly preferred in applications such as risk analysis, disease prediction, and customer behavior modeling. Thanks to its simplicity and explainability, this method is considered an effective tool in both academic studies and industrial applications (Taşpınar, Çınar, & Koklu, 2021).

Support Vector Machine

Support Vector Machines (SVM) are a powerful machine learning method widely used in classification and regression problems. By projecting data into a high-dimensional space, SVM finds the widest margin between classes, ensuring accurate classification. Essentially, it constructs the decision surface using support vectors that define the boundaries between the data, thus achieving general generalization. SVM works as a linear classifier for linearly separable data and uses kernel functions to project data into a high-dimensional space for non-linearly separable data. This approach enables the modeling of complex patterns and relationships. Furthermore, regularization parameters are used to minimize the risk of overfitting the model. SVM has been effectively applied in many fields, including medicine, finance, bioinformatics, and image processing. It achieves high accuracy, particularly on small datasets, and offers a computationally efficient solution. These features make SVM an important machine learning tool of choice for both academic research and industrial applications (Koklu et al., 2022).

Confusion matrix

The confusion matrix is a fundamental method used to evaluate the performance of classification algorithms. This matrix shows the relationship between predicted classes and true classes in tabular form. It typically has four main components: true positive (TP), false positive (FP), true negative (TN), and false negative (FN). These values reveal which classes the model correctly predicted and which classes it made errors in. The confusion matrix is used to calculate performance metrics such as accuracy, sensitivity, specificity, and F1 score. These metrics quantify the performance of a classification model and enable comparisons between different models. Furthermore, the confusion matrix provides a more comprehensive assessment, especially in cases where relying solely on accuracy can be misleading, especially in imbalanced datasets. The confusion matrix is applied in many fields, such as medicine, finance, image processing, and natural language processing. It is used to identify the strengths and weaknesses of a model and guide improvement processes. Thanks to these features, the confusion matrix becomes a basic and indispensable tool in the performance analysis of classification algorithms (Taspinar, 2025).

		PREDICTED	
ACTUAL		1	0
	1	TP	FN
	0	FP	TN

Figure 2. Two class confusion matrix

Performance metrics

Performance metrics are fundamental tools used to evaluate the accuracy and reliability of classification models. One of the most common metrics is accuracy, which indicates the ratio of the number of examples correctly predicted by the model to the total number of examples. Accuracy is effective in summarizing overall performance, but it can be misleading in imbalanced datasets. Precision measures the proportion of examples predicted as positive by the model that are actually correct and takes into account false positives. This metric is especially important in situations where false alarms are costly. Precision, or recall, indicates the proportion of true positive examples correctly predicted by the model and focuses on minimizing false negatives. The F1 score takes the harmonic mean of precision and sensitivity and combines these two metrics in a balanced manner, providing comprehensive information about how well the model handles both false positives and false negatives (Taspinar, Koklu, & Altin, 2022). Table 1 provides the formulas for these metrics.

Table 1. Formulas for performance metrics

Metrics	Equation
Accuracy	$\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} x100$
Precision	$\frac{TP}{TP+FP}$
Recall	$\frac{TP}{TP+FN}$
F-1 Score	$2x\frac{Precision\ x\ Recall}{Precision+Recall}$

EXPERIMENTAL RESULTS

In this study, the On Vehicle Helmet Dataset was used to detect helmet wearing status using image processing and machine learning methods. The SqueezeNet CNN model was used to extract features from the images. 1000 features were obtained from each image. ANN, LR, and SVM methods were used for classification. A computer with a Core i7™ 12700K 3.61 GHz processor, an NVIDIA GeForce RTX 3080Ti graphics card, and 64 GB of RAM was used. Python programming language was used. For the ANN method, the parameters were 100 hidden layers, ReLu activation function, regularization 0.0001, and number of iterations 100. For the SVM method, the parameters were cost 1, regression loss epsilon 0.1, kernel RBF, and iteration 100. For the LR method, the parameters were Ridge L2 regularization type. Training and testing were performed using the cross-validation method. The k value was set to 10 in this method. The procedures performed in the study are shown in Figure 2.

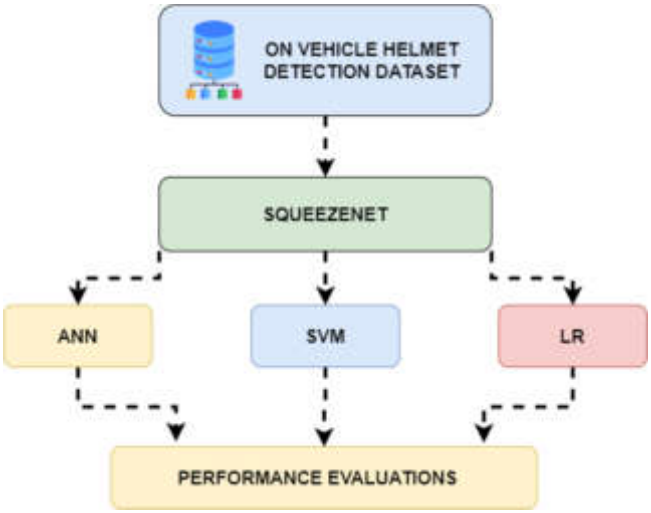


Figure 2. Flow chart of study

The 1000 image features obtained for each image from the SqueezeNet model were provided as input to the machine learning algorithms. The confusion matrix obtained from the ANN model as a result of the classifications is shown in Figure 3.

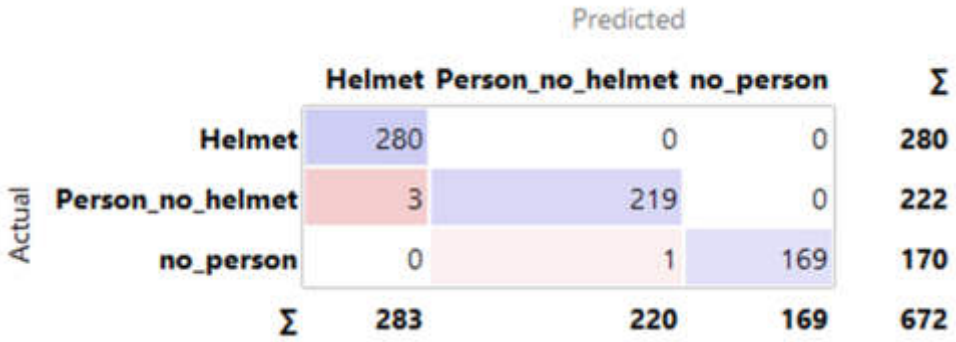


Figure 3. Confusion matrix of ANN model

According to Figure 3, the ANN model correctly classified 280 images of the Helmet class. It correctly classified 219 images of the Person_no_helmet class. It correctly classified 169 images of the no_person class. It classified 2 images of the Person_no_helmet class as Helmet. It classified 1 image of the No_person class as Person_no_helmet. The confusion matrix obtained from the LR model is shown in Figure 4.

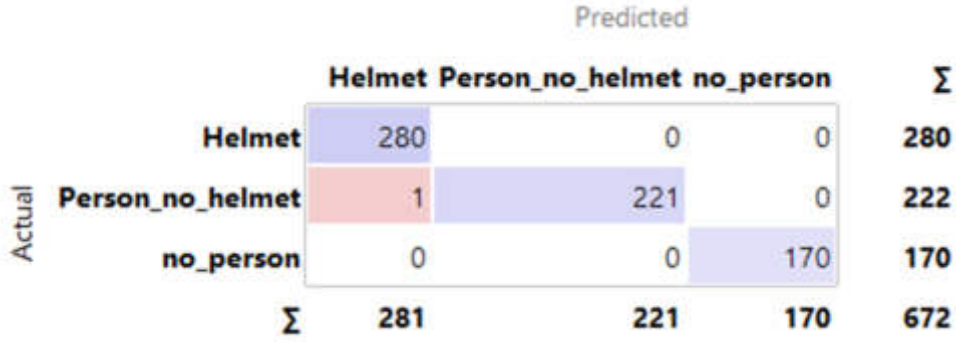


Figure 4. Confusion matrix of LR model

According to Figure 4, the LR model correctly classified 280 images belonging to the Helmet class. It correctly classified 221 images belonging to the Person_no_helmet class. It also correctly classified 180 images belonging to the No_Person class. It classified 1 image belonging to the Person_no_helmet class as a Helmet. Figure 5 shows the confusion matrix of the SVM model.

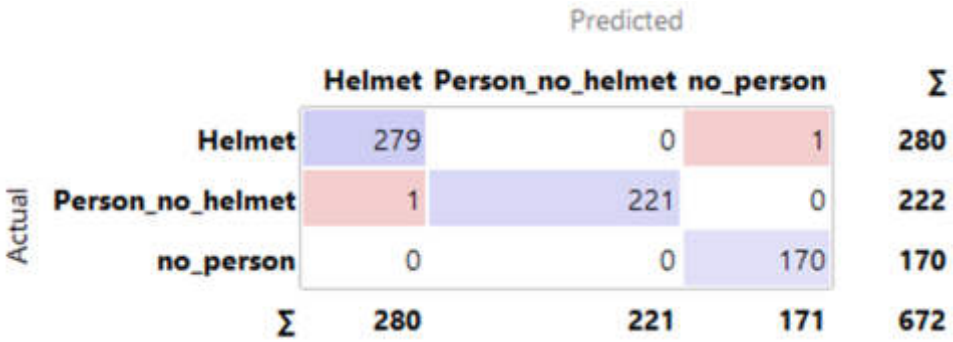


Figure 5. Confusion matrix of SVM model

According to Figure 5, the SVM model correctly classified 279 images as Helmet, 221 images as Person_no_helmet, and 170 images as no_person. It classified one image of the Person_no_helmet class as Helmet. It classified one image of the Helmet class as no_person. The performance metrics calculated using the models' confusion matrices are shown in Table 2.

Table 2. Performance metrics of all models

	Accuracy (%)	F1 Score	Precision	Recall
ANN	99.4	0.994	0.994	0.994
LR	99.9	0.999	0.999	0.999
SVM	99.7	0.997	0.997	0.995

When Table 2 is examined, it is seen that the model with the highest classification success is the LR model. The model with the lowest classification success is the ANN model. The classification success of the SVM model was found to be 99.7%.

CONCLUSIONS

This study presents an effective image-based classification system for automatically inspecting helmet use, a critical need in industrial occupational safety applications. Based on analyses conducted on a balanced dataset consisting of three classes (Helmet, Person_no_helmet, No_person), Logistic Regression, SVM, and Artificial Neural Network models achieved high accuracy rates. In particular, Logistic Regression's 99.9% accuracy demonstrates that well-prepared datasets and robust preprocessing steps are key factors in determining performance, regardless of model complexity. These findings demonstrate that even relatively simple models for detecting helmet use from visual data can have high generalization capabilities. The developed approach can be applied in many areas where occupational safety is vital, such as smart factories, construction sites, logistics warehouses, mining facilities, autonomous security, and monitoring platforms.

In such environments, the system can be integrated with real-time camera feeds to instantly inspect whether employees are wearing helmets and automatically detect violations, speeding up reporting processes and preventing potential workplace accidents. Thus, the system is a powerful tool that supports compliance with occupational safety regulations, reduces costs, and minimizes human error.

However, the study has some limitations. First, the dataset used was obtained under controlled conditions and has limited representation of real-world variables such as different lighting conditions, camera angles, intense movement, or crowded scenes. Furthermore, the model was evaluated on only three classes; its performance needs to be retested in multiple classification scenarios, such as detecting different types of helmets, safety vests, or other personal protective equipment. Additionally, operational parameters of the system, such as computational load, hardware requirements, and latency, should be validated in the field in real-time applications. The study presents a comparative analysis of classical and neural network-based methods for helmet detection, demonstrating valuable results regarding the balance between performance and complexity in model selection. The high success rates achieved provide a strong basis for integrating the system into real-time occupational safety monitoring solutions.

REFERENCES

Chairat, A., Dailey, M., Limsoonthrakul, S., Ekpanyapong, M., & KC, D. R. (2020). Low cost, high performance automatic motorcycle helmet violation detection. Paper presented at the Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision.

Deshpande, U. U., Deshpande, V., Koti, R., Patil, R., Chate, R. A. A., Tandur, V. R., . . . Charantimath, V. (2025). Computer-vision based automatic rider helmet violation detection and vehicle identification in Indian smart city scenarios using NVIDIA TAO toolkit and YOLOv8. Frontiers in Artificial Intelligence, 8, 1582257.

Giron, N. N. F., Billones, R. K. C., Fillone, A. M., Del Rosario, J. R., Cabatuan, M. K., Bandala, A. A., & Dadios, E. P. (2020). Motorcycle rider helmet detection for riding safety and compliance using convolutional neural networks. Paper presented at the 2020 IEEE 12th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM).

Koklu, M., Cinar, I., Taspinar, Y. S., & Kursun, R. (2022). Identification of sheep breeds by CNN-based pre-trained InceptionV3 model. Paper presented at the 2022 11th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO).

Kursun, R., Cinar, I., Taspinar, Y. S., & Koklu, M. (2022). Flower recognition system with optimized features for deep features. Paper presented at the 2022 11th Mediterranean conference on embedded computing (MECO).

Li, J., Hajimirsadeghi, H., Zaki, M. H., Mori, G., & Sayed, T. (2014). Computer vision techniques to collect helmet-wearing data on cyclists. Transportation Research Record, 2468(1), 1-10.

Maduri, P. K., Singh, G., Sharma, S., Mishra, R. K., & Mishra, N. K. (2021). Seat belt and helmet detection using deep learning. Paper presented at the 2021 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N).

On Vehicle Helmet Detection Dataset. Retrieved from: https://www.kaggle.com/datasets/rajeevsekar21/on-vehicle-helmet-detection-dataset/data

Prakash-Borah, J., Devnani, P., Kumar-Das, S., Vetagiri, A., & Pakray, P. (2024). Real-time helmet detection and number plate extraction using computer vision. Computación y Sistemas, 28(1), 41-53.

Siebert, F. W., & Lin, H. (2020). Detecting motorcycle helmet use with deep learning. Accident Analysis & Prevention, 134, 105319.

Siebert, F. W., Riis, C., Janstrup, K. H., Lin, H., & Hüttel, F. B. (2023). Computer vision-based helmet use registration for e-scooter riders–The impact of the mandatory helmet law in Copenhagen. Journal of safety research, 87, 257-265.

Taspinar, Y. S. (2025). Machine Learning-Driven E-Nose-Based Diabetes Detection: Sensor Selection and Feature Reduction Study. Sensors, 25(21), 6607.

Taspinar, Y. S., Koklu, M., & Altin, M. (2022). Acoustic-driven airflow flame extinguishing system design and analysis of capabilities of low frequency in different fuels. Fire technology, 58(3), 1579-1597.

Taşpınar, Y. S., Çınar, İ., & Koklu, M. (2021). Improvement of football match score prediction by selecting effective features for Italy Serie A League. MANAS Journal of Engineering, 9(1), 1-9.

Taşpınar, Y. S., Sarıtaş, M. M., Çınar, İ., & Koklu, M. (2020). Gender determination using voice data. International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers, 8(4), 232-235.

Tsai, C.-M., Hsieh, J.-W., Chang, M.-C., He, G.-L., Chen, P.-Y., Chang, W.-T., & Hsieh, Y.-K. (2023). Video analytics for detecting motorcyclist helmet rule violations. Paper presented at the Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.

Waranusast, R., Bundon, N., Timtong, V., Tangnoi, C., & Pattanathaburt, P. (2013). Machine vision techniques for motorcycle safety helmet detection. Paper presented at the 2013 28th International conference on image and vision computing New Zealand (IVCNZ 2013).

ARAÇ KAZA DURUMLARININ GÖRÜNTÜ İŞLEME VE MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ

Öğr. Gör. Dr. Eren DAĞLI
Selçuk Üniversitesi, Doğanhisar Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma ve Trafik Hizmetleri Programı
ORCID: 0000-0002-3892-0270

Doç. Dr. Yavuz Selim TAŞPINAR
Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-7278-4241

ÖZET

Günümüzde araç kazalarının önlenmesi, trafik güvenliği alanında en kritik araştırma konularından biri haline gelmiştir. Gelişen görüntü işleme ve makine öğrenmesi teknikleri sayesinde kazaların hem öncesine hem de sonrasına ait sahnelerin otomatik olarak analiz edilmesi, olay tespiti ve karar destek sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, araç kazalarına ait görüntülerden oluşan iki sınıflı ("before" kaza öncesi, "after" kaza sonrası) bir veri seti kullanılarak, kazaların otomatik olarak sınıflandırılması amaçlanmıştır. Böylelikle sistem, kaza gerçekleşip gerçekleşmediğini yüksek doğruluk oranıyla belirleyebilen bir görsel analiz altyapısı oluşturmayı hedeflemektedir. Çalışmada üç farklı denetimli makine öğrenmesi yöntemi olan K-En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbors, KNN), Rastgele Orman (Random Forest, RF) ve Karar Ağacı (Decision Tree) algoritmaları kullanılmıştır. Veri seti, sınıflar arası denge sağlanacak şekilde düzenlenmiş; ön işleme, boyutlandırma, normalizasyon ve özellik çıkarımı adımlarından geçirilmiştir. Modellerin performans değerlendirmesi için doğruluk (accuracy) metriği kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Random Forest modeli %99,9 doğruluk oranı ile en yüksek başarıyı göstermiştir. KNN modeli %99,4, Decision Tree modeli ise %93,5 doğruluk oranına ulaşmıştır. Bu sonuçlar, topluluk (ensemble) temelli yöntemlerin karmaşık görsel veriler üzerinde daha kararlı ve genelleştirilebilir sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Çalışmanın bulguları, kaza öncesi ve sonrası görüntülerin ayırt edilmesinde makine öğrenmesi tabanlı modellerin son derece etkili olduğunu göstermektedir. Önerilen yaklaşım, akıllı ulaşım sistemleri, otonom araç güvenlik modülleri ve trafik gözetleme sistemlerine entegre edilerek olay tespiti, risk analizi ve erken uyarı mekanizmalarında kullanılabilir. Ayrıca bu çalışma, klasik makine öğrenmesi yöntemlerinin kazaya ilişkin görsel verilerdeki farklılıkları yüksek doğrulukla tanıyabildiğini ortaya koyarak, görüntü tabanlı trafik güvenliği uygulamaları için güçlü bir referans oluşturmaktadır. Gelecekte bu yöntemin derin öğrenme modelleriyle birleştirilmesi, gerçek zamanlı kaza tespit sistemlerinin doğruluğunu daha da artırabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Araç kazası sınıflandırma, Makine öğrenmesi, Görüntü işleme, Random Forest, K-En Yakın Komşu (KNN)

ANALYSIS OF VEHICLE ACCIDENT CASES USING IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING METHODS

ABSTRACT

Today, the prevention of traffic accidents has become one of the most critical research topics in the field of transportation safety. With the rapid development of image processing and machine learning techniques, the automatic analysis of pre- and post-accident scenes plays a key role in accident detection and decision-support systems. In this study, a two-class image dataset consisting of “before” (pre-accident) and “after” (post-accident) scenes was used to automatically classify traffic accident images. The main objective is to design an image-based analytical framework capable of determining whether an accident has occurred with high accuracy. Three different supervised machine learning algorithms K-Nearest Neighbors (KNN), Random Forest (RF), and Decision Tree (DT) were employed in the study. The dataset was balanced and processed through several preprocessing steps including resizing, normalization, and feature extraction. Model performance was evaluated based on classification accuracy. The experimental results showed that the Random Forest model achieved the highest accuracy with 99.9%, followed by KNN with 99.4%, and Decision Tree with 93.5%. These findings indicate that ensemble-based algorithms such as Random Forest provide more stable and generalizable results for complex visual data compared to single-tree methods. The results of the study demonstrate that machine learning models are highly effective in distinguishing between pre- and post-accident scenes. The proposed approach can be integrated into intelligent transportation systems, autonomous vehicle safety modules, and traffic monitoring infrastructures for event detection, risk assessment, and early-warning mechanisms. Furthermore, this research provides a comparative evaluation of classical machine learning methods on accident-related visual data, emphasizing their ability to achieve high classification performance without the need for deep learning architectures. In future work, combining this approach with deep learning models could further improve the accuracy and real-time performance of automatic accident detection systems.

Keywords: Helmet, Machine Learning, Image Processing, Accident Prevention, Classification

INTRODUCTION

Today, increasing vehicle traffic worldwide places road transportation in a critical position, both economically and socially. This congestion increases the frequency and severity of traffic accidents, leading to serious consequences such as loss of life, injuries, and property damage. According to World Health Organization data, traffic accidents are among the leading causes of death globally and constitute a serious public health problem, particularly in developing countries. Therefore, ensuring traffic safety has become one of the most fundamental goals of modern transportation systems. In recent years, advances in intelligent transportation technologies have accelerated efforts to prevent accidents and ensure rapid post-incident response. Rapid advances in image processing, computer vision, and machine learning are enabling the automation of traffic safety applications. Analyzing large-scale visual data, particularly generated by surveillance cameras, in-vehicle driver assistance systems, and autonomous vehicle sensors, allows for the automated assessment of both the pre- and post-accident events. In this context, processes such as determining whether vehicle accidents have occurred, classifying the moment of the incident, and risk assessment can be performed faster, more reliably, and more independently of human error using machine learning-based models. Classifying pre- and post-accident images is a critical problem encountered in intelligent transportation systems.

This type of classification both increases the accuracy of incident detection systems and contributes to the effectiveness of decision support mechanisms. Classical machine learning methods can make this distinction using features extracted from visual data and offer lightweight, fast, and computationally efficient solutions for use in traffic safety. Therefore, analyzing accident images constitutes an important research area in the safety-focused transformation of modern transportation technologies.

In one study, the authors used comprehensive image data they generated to improve traffic safety, using YOLOv5, DeepSORT, and ResNet152-based methods to perform vehicle detection, vehicle tracking, traffic accident detection, accident severity classification, and fire detection. In the first model, each vehicle was assigned a unique ID using YOLOv5 and DeepSORT, and 99.2% MAP was achieved. In the second model, the YOLOv5 algorithm achieved 83.3% mAP accuracy in detecting accidents and classifying their severity. Finally, the ResNet152-based fire detection model achieved 98.9% accuracy. By combining all these models in a real-time prototype interface, the authors significantly increased the overall system speed using parallel computing techniques (Basheer Ahmed et al., 2023). In another study, they used comprehensive image and video data compiled from various sources to improve traffic accident detection in smart cities, using action recognition-based methods to perform accident prediction and detection. This new dataset, created using methods such as human posture estimation and object motion analysis, included examples from different weather conditions, road types, and global regions. Using the proposed dataset and modern algorithms, the authors achieved meaningful results by addressing the challenges faced in traffic accident detection, such as changing environments, rapid actions, and data constraints (Adewopo et al., 2024). In another study, they used Surrogate Safety Measures (SSM) data to examine the applications of computer vision techniques in traffic safety analyses, using various traffic video sets to perform vehicle detection, vehicle tracking, and vehicle trajectory extraction. The study evaluated numerous CV methods, ranging from classical approaches to current deep learning-based models, and thoroughly examined video pre- and post-processing techniques. The authors proposed solutions to practical problems encountered in SSM-based safety analyses, obtaining comprehensive and instructive results (Abdel-Aty, Wang, Zheng, & Abdelraouf, 2023).

In another study, they used video-based traffic data to improve traffic flow in smart cities, using YOLO-based methods to perform vehicle detection, vehicle counting, classification, and density analysis. These methods allowed the separation of vehicle types, the determination of traffic density, and the dynamic adjustment of signal durations. Thus, effective findings have been presented for an intelligent traffic management system that operates without the need for human intervention (Darwhekar, Patil, Ghodke, Bawkar, & Rudrawar, 2022). In another study, they used the Lost and Found dataset to detect unexpected road obstacles in ADAS systems, using image-based semantic segmentation and open-set recognition methods. The probability outputs from both methods were combined within a Bayesian framework to form the final decision. This combined approach maintained the strengths of the independent methods, achieving high detection performance with a low false positive rate. Superior results were achieved, particularly in the detection of unexpected obstacles at long distances (Ci, Xu, Lin, & Lu, 2022). In another study in the literature, they used original and open datasets for automatic traffic accident detection, using deep learning-based methods to perform visual feature extraction and temporal pattern analysis. Convolutional layers were used to model image-based features, while recurrent layers were used to model the temporal relationships defining the accident moment. At the end of the training process, the developed model achieved 98% accuracy on publicly available traffic accident datasets, demonstrating high detection performance independent of road structure.

This approach has yielded significant results in reducing delays caused by human factors (Robles-Serrano, Sanchez-Torres, & Branch-Bedoya, 2021). In one study, the authors used traffic scene data compiled from traffic cameras to perform real-time anomaly and accident detection. They performed anomaly detection using a YOLOv5-based detection model, background estimation, road mask extraction, and adaptive thresholding methods. Candidate anomalies were fed into a decision tree, and thus the final anomaly detection was achieved. The proposed method achieved effective results in accurate start-end times in traffic scenes, achieving an F1 score of 0.8571 and an s4 score of 0.5686 as a result of experimental evaluations (Aboah, 2021). Based on literature studies, the following steps were performed in this study:

- The Car Crash Dataset, containing a total of 2004 images in two classes: After and Before, was used.
- The features of the images in the dataset were extracted using the SqueezeNet architecture.
- 1000 features obtained from each image were provided as input to the machine learning algorithms.
- KNN, RF, and DT machine learning methods were used in the classification.
- Performance analyses of the obtained results were conducted.

MATERIAL AND METHODS

Car Crash Dateset

The dataset contains two classes: after and before. The after class contains 1273 images, and the before class contains 731. The dataset contains a total of 2004 images. The dataset was downloaded from kaggle.com (Car Crash Dataset). Sample images from the dataset are shown in Figure 1.



Figure 1. Images in the dataset according to classes

Convolutional Neural Networks (CNN)

Convolutional neural networks (CNNs) stand out as highly effective structures for extracting meaning from visual data. These networks can learn complex relationships by automatically capturing local patterns in images. Structurally, they consist of convolution layers, where filters scan specific regions, pooling layers, which simplify information, and fully connected layers, which carry the resulting representations to the decision-making stage. A key feature of CNNs is that they eliminate the manual feature design required in traditional methods. Parameter sharing and regional connections reduce computational overhead and make learning more stable on large-scale datasets.

Current CNN architectures offer higher accuracy and better generalization performance thanks to increased depth and specialized connection strategies. Used in a wide range of applications, from image classification and autonomous driving systems to medical diagnosis and language processing, CNNs have become one of the fundamental building blocks of modern artificial intelligence solutions (Taspinar, 2025).

SqueezeNet

SqueezeNet is a lightweight yet efficient CNN architecture designed to make deep learning models more compact. Its core idea is to significantly reduce the number of weights in the model without compromising accuracy. The architecture consists of specialized blocks called "Fires." These blocks first collapse feature maps using 1×1 filters, and then enrich the information with an expansion phase using a combination of 1×1 and 3×3 filters. This structure minimizes parameter usage and reduces computational costs. SqueezeNet's small size allows it to run smoothly on resource-limited platforms such as mobile devices and embedded hardware. Despite this, it maintains satisfactory accuracy levels on large-scale datasets and utilizes memory efficiently. These features position SqueezeNet as a minimalist yet powerful deep learning solution frequently preferred in practical applications (Gencer, Servi, & Taspinar, 2025).

K Nearest Neighbor (KNN)

The K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm is a basic example-based learning approach among supervised learning methods, widely used especially in classification and regression problems. KNN is defined as a "lazy learning" algorithm that does not require any parameter learning steps during the training process, instead making decisions directly based on pattern similarity. The algorithm's fundamental principle is to determine the k nearest neighbors of an example to be classified based on its position in the feature space and to make the final decision based on the class distribution of these neighbors. Measurement of proximity between examples is usually calculated using Euclidean, Manhattan, or Minkowski distance metrics. The most significant advantage of KNN is that it requires no assumptions about the data distribution and can successfully model complex boundary structures. However, significant limitations include increased computational cost in large datasets and its susceptibility to noisy data. Choosing the appropriate k value is critical for the model's generalization performance; low k values can lead to overfitting, while high k values can lead to oversmoothing of decision boundaries. Despite this, KNN continues to be a basic and reliable method in the machine learning literature due to its features such as high interpretability, flexibility and easy adaptability to multi-class problems (Özyer, YASAR, & TASPINAR, 2025).

Random Forest (RF)

Random Forest is a machine learning method based on ensemble learning that provides high accuracy and stability in classification and regression problems. The algorithm operates on the principle of training a large number of decision trees using random sampling and feature selection, and then obtaining the final result by voting or averaging the outputs of these trees. The bootstrap sampling technique applied to the dataset increases the model's diversity and reduces the risk of overfitting by ensuring that each tree is trained on different subsets. Furthermore, using a randomly selected subset of features at each node improves the model's generalization capacity by reducing correlation between trees. Among the key advantages of Random Forest are its effective performance on high-dimensional datasets, its robustness to noise and outliers, and its ability to calculate feature importance.

However, its limitations include its lower interpretability compared to a single decision tree. Despite this, Random Forest is positioned as a powerful ensemble method frequently preferred in modern machine learning studies thanks to its statistical stability, accuracy performance and wide application area (Sen & Taspinar, 2025).

Decision Tree (DT)

Decision trees are highly interpretable supervised learning methods used in both classification and regression problems. This algorithm sequentially partitions the dataset into subsets based on specific rules and ultimately produces class labels or continuous value predictions at leaf nodes. During the separation process, the feature that provides the best separation is selected using statistical measures such as information gain, Gini index, entropy, or variance reduction. Thus, a decision tree hierarchically structures the data space, breaking complex decision boundaries into simple and understandable rules. The most important advantages of decision trees include their fast training process, high interpretability, and ability to work with both categorical and numerical data. However, a single decision tree's susceptibility to noise and its tendency to overfit can pose significant limitations. Therefore, pruning techniques or ensemble methods (e.g., Random Forest) are frequently preferred. Nevertheless, decision trees remain a fundamental model in the machine learning literature due to their explainable structure and flexible use (Sen & Taspinar, 2024).

Confusion matrix

The complexity matrix is a fundamental measurement tool used to evaluate the performance of classification models. This matrix presents the relationship between the model's true class labels and the predicted classes in a tabular format, enabling detailed analysis of classification errors. In binary classification problems, the matrix consists of true positives (TP), true negatives (TN), false positives (FP), and false negatives (FN). These values directly indicate which classes the model succeeded in and which cases it made errors in. The information obtained through the complexity matrix allows for the calculation of performance metrics such as accuracy, precision, recall, and F1-score. These metrics allow for quantitative assessment of the model's overall accuracy, its sensitivity in correctly recognizing the positive class, its sensitivity, and its error-success balance. The complexity matrix offers a more comprehensive analysis, particularly in imbalanced data sets, where simply looking at the accuracy value can be misleading. In these respects, the complexity matrix stands out as a critical tool for assessing the reliability and generalization ability of classification models (Taspinar, 2023).

		PREDICTED	
		1	0
ACTUAL	1	TP	FN
	0	FP	TN

Figure 2. Two class confusion matrix

Performance metrics

Various performance metrics are used to evaluate the performance of classification models. Accuracy represents the ratio of the examples correctly classified by the model to the total number of examples and indicates the overall level of accuracy.

However, in datasets with unbalanced class distributions, accuracy alone may not be a sufficient performance metric. Precision is a metric that reveals the proportion of examples predicted as positive by the model are actually positive. In applications where false positives are critical, precision becomes an important evaluation tool. Recall indicates the proportion of true positive examples correctly identified as positive by the model. Recall is a key factor in scenarios where reducing false negatives is critical. The F1-score is a holistic performance measure that balances the two metrics by taking the harmonic mean of precision and recall. In imbalanced datasets, where a balance between precision and recall is particularly important, the F1-score more accurately reflects model performance. When these metrics are considered together, the strengths and weaknesses of classification models can be evaluated from a multidimensional perspective (Feyzioğlu & Taspinar, 2023). Table 1 shows the formulas for performance metrics.

Table 1. Formulas for performance metrics

Metrics	Equation
Accuracy	$\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} x100$
Precision	$\frac{TP}{TP+FP}$
Recall	$\frac{TP}{TP+FN}$
F-1 Score	$2x\frac{Precision\ x\ Recall}{Precision+Recall}$

EXPERIMENTAL RESULTS

In this study, the Car Crash Dataset was used to detect accidents using image processing and machine learning methods. The SqueezeNet CNN model was used to extract features from the images. 1000 features were obtained from each image. KNN, RF, and other methods were used for classification. A computer with a Core i7™ 12700K 3.61 GHz processor, an NVIDIA GeForce RTX 3080Ti graphics card, and 64 GB of RAM was used. The Python programming language was used. Training and testing were performed using the cross-validation method. In this method, the k value was set to 10. The steps performed in the study are shown in Figure 2.

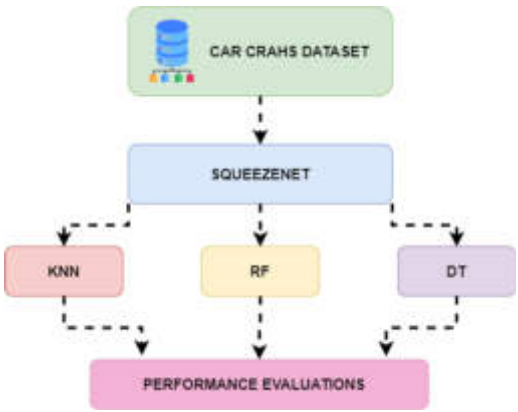


Figure 2. Flow chart of study

The 1000 image features obtained for each image from the SqueezeNet model were provided as input to the machine learning algorithms. The confusion matrix obtained from the KNN model as a result of the classifications is shown in Figure 3.

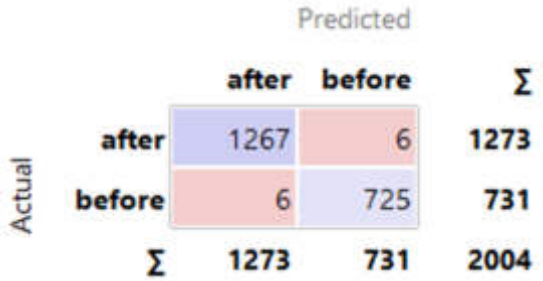


Figure 3. Confusion matrix of KNN model

According to Figure 3, 1267 images belonging to the "after" class were correctly classified. 725 images belonging to the "before" class were correctly classified. 6 images belonging to the "after" class were classified as "before." 6 images belonging to the "before" class were classified as "after." Figure 4 shows the complexity matrix of the RF model.

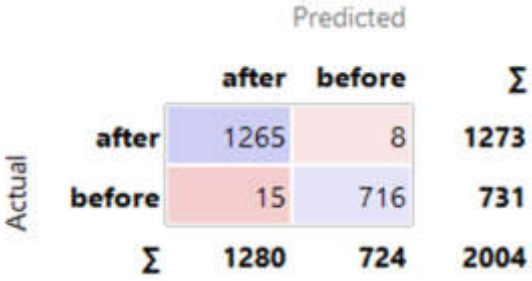


Figure 4. Confusion matrix of RF model

According to Figure 4, 1265 images belonging to the "adeter" class were correctly classified. 716 images belonging to the "before" class were correctly classified. Conversely, 8 images belonging to the "after" class were classified as "before." 15 images belonging to the "before" class were also classified as "after." Figure 5 shows the confusion matrix obtained from the DT model.

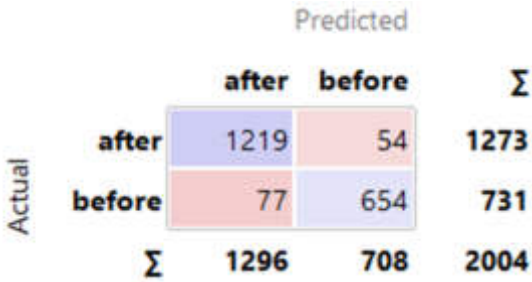


Figure 5. Confusion matrix of DT model

According to Figure 5, 1219 images were correctly classified as "after." 654 images were correctly classified as "before." 54 images belonging to the "after" class were classified as "before." 77 images belonging to the "before" class were classified as "after." Table 2 shows the performance metrics obtained from the models.

Table 2. Performance metrics of all models

	Accuracy (%)	F1 Score	Precision	Recall
KNN	99.4	0.994	0.994	0.994
RF	98.9	0.989	0.989	0.989
DT	93.5	0.934	0.934	0.935

When Table 2 is examined, it is seen that the model with the highest classification success is the KNN model. The model with the lowest classification success is the DT model. The classification success of the RF model was found to be 98.9%.

CONCLUSIONS

In this study, the performance of three different supervised machine learning methods was evaluated on a dataset where images related to vehicle accidents were divided into two classes: "pre-accident" and "post-accident." The findings reveal that the Random Forest algorithm, in particular, is highly effective in distinguishing accident situations with high accuracy. While the KNN and Decision Tree models also demonstrate high performance, ensemble-based methods appear to produce more consistent and generalizable results. However, the study has several limitations. The limited visual diversity of the dataset, limited to two classes, does not fully represent the complex accident dynamics in real-world scenarios. Furthermore, the use of only classical machine learning methods prevents the potential performance improvements that deep learning-based models can provide. The reliance on manual methods for preprocessing and feature extraction also limits the scalability of the system. In future studies, the use of larger, more diverse, and multi-class datasets could improve the models' ability to distinguish different accident types. Integrating deep learning-based convolutional neural networks or hybrid models can significantly improve system accuracy and generalizability through automatic feature extraction. Furthermore, optimizations focused on real-time processing increase model performance's adaptability to real-world traffic surveillance applications. In this context, integrating sensor fusion, video stream analysis, and time-series-based accident detection mechanisms contributes to transforming the system into a holistic incident detection platform.

REFERENCES

Abdel-Aty, M., Wang, Z., Zheng, O., & Abdelraouf, A. (2023). Advances and applications of computer vision techniques in vehicle trajectory generation and surrogate traffic safety indicators. Accident Analysis & Prevention, 191, 107191.

Aboah, A. (2021). A vision-based system for traffic anomaly detection using deep learning and decision trees. Paper presented at the Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition.

Adewopo, V., Elsayed, N., Elsayed, Z., Ozer, M., Zekios, C. L., Abdelgawad, A., & Bayoumi, M. (2024). Big data and deep learning in smart cities: A comprehensive dataset for AI-driven traffic accident detection and computer vision systems. Paper presented at the 2024 IEEE 3rd International Conference on Computing and Machine Intelligence (ICMI).

Basheer Ahmed, M. I., Zaghdoud, R., Ahmed, M. S., Sendi, R., Alsharif, S., Alabdulkarim, J., . . . Krishnasamy, G. (2023). A real-time computer vision based approach to detection and classification of traffic incidents. Big data and cognitive computing, 7(1), 22.

Car Crash Dataset. Retrieved from: https://www.kaggle.com/datasets/rounakpaul/car-crash

Ci, W., Xu, T., Lin, R., & Lu, S. (2022). A novel method for unexpected obstacle detection in the traffic environment based on computer vision. Applied Sciences, 12(18), 8937.

Darwhekar, K., Patil, A., Ghodke, S., Bawkar, R., & Rudrawar, S. (2022). Computer vision based intelligent traffic management system. Paper presented at the 2022 6th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology.

Feyzioğlu, A., & Taspınar, Y. S. (2023). Detection of Defects in Rolled Stainless Steel Plates by Machine Learning Models. International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers, 11(1), 37-43.

Gencer, Y. D., Servi, S., & Taspinar, Y. S. (2025). Detection of Drone and Non-Drone Objects with Machine Learning Methods Using Visual Data. Paper presented at the 2025 International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD).

Özyer, B., YASAR, A., & TASPINAR, Y. S. (2025). Drone Detection with Deep Learning and Image Processing: CNN-Based Feature Extraction and Machine Learning Classification. International Journal of Applied Methods in Electronics and Computers, 13(1), 12-18.

Robles-Serrano, S., Sanchez-Torres, G., & Branch-Bedoya, J. (2021). Automatic detection of traffic accidents from video using deep learning techniques. Computers, 10(11), 148.

Sen, H. F., & Taspinar, Y. S. (2025). Obesity Prediction Using Machine Learning Methods: Performance Analysis of DT, RF, and ANN Models. Paper presented at the 2025 7th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (ICHORA).

Taspinar, Y. S. (2025). Machine Learning-Driven E-Nose-Based Diabetes Detection: Sensor Selection and Feature Reduction Study. Sensors, 25(21), 6607.

YAPI YENİLEME ÇALIŞMALARINDA MEYDANA GELEN BİR İŞ KAZASININ ISHİKAWA YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ VE ÖNLEM ÖNERİLERİ: BİR ÜNİVERSİTEDEKİ FOTOVOLTAİK (PV) PANEL MONTAJ OLAYI ÖRNEĞİ

Doç. Dr. Redvan GHASEMLOUNIA
İstanbul Gedik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0003-1796-4562

Neşe Ferda CİZRELİOĞULLARI
İstanbul Gedik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği
ORCID: 0000-0002-7954-1840

ÖZET
İş kazaları, ani ve istenmeyen olaylar sonucunda yaralanma ya da ölümle sonuçlanabilen durumlardır. Bu kazalar yalnızca bireysel hatalardan değil, daha karmaşık ve çok katmanlı sistemsel eksikliklerden kaynaklanmaktadır. İş kazalarının araştırılmasıyla birlikte hem yasal süreç yerine getirilmiş olacak hem de benzer veya daha ciddi kazaların önlenmesi mümkün olacaktır. Kök neden analizi, çalışanların ve yöneticilerin risk farkındalığını artırarak organizasyonda proaktif bir güvenlik kültürünün gelişmesine katkıda sağlar.
Çalışmamızda, Türkiye'deki bir üniversite de yürütülen yenileme çalışmaları kapsamında meydana gelen bir iş kazası, Ishikawa yöntemiyle incelenmiştir. Ishikawa yöntemi, bir sistemdeki sorunları belirlemek için kullanılan bir araçtır. Nedenler ve sonuçların nasıl bağlantılı olduğunu gösterir ve neyin yanlış gittiğini analiz etmeye yardımcı olur. Fotovoltaik (PV) panellerin Personel Yükseltici Platform (Manlift) kullanılarak montajı sırasında elinden yaralanan bir alt yüklenici işçisinin durumu bu yöntemle değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, bir İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) yönetim sisteminin bulunmadığı, risk değerlendirmelerinin yetersiz olduğu, işçi eğitimlerinin eksik kaldığı ve denetim süreçlerinin yetersiz olduğu belirlenmiştir. Bu sistemsel zayıflıkları gidermek amacıyla bir Düzeltici Eylem Planı (Corrective Action Plan, CAP) geliştirilmiştir.
Çalışmamız, kapsamlı İSG yönetim sistemlerinin, düzenli yüklenici denetimlerinin ve sıkı çalışma izni kontrollerinin benzer kazaların önlenmesinde kritik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca çalışmamız inşaat projelerinde proaktif güvenlik yönetiminin önemini ortaya koymakta ve gerçek bir olayın analizi yoluyla gelecekteki akademik çalışmalara da rehberlik edecektir.
Anahtar Kelimeler: İş kazası, Kök Neden Analizi, Ishikawa yöntemi, İş Sağlığı ve Güvenliği, Düzeltici Eylem Planı, İnşaat Güvenliği

AN ANALYSIS OF A WORKPLACE ACCIDENT DURING BUILDING RENOVATIONS USING THE ISHIKAWA METHOD, AND RECOMMENDATIONS FOR PREVENTIVE MEASURES: THE CASE OF A PHOTOVOLTAIC (PV) PANEL INSTALLATION INCIDENT AT A UNIVERSITY

ABSTRACT
Workplace accidents are situations that can result in injury or death due to sudden and unexpected events. These accidents are caused not only by individual errors but also by more complex and multi-layered systemic deficiencies. Investigating workplace accidents ensures that legal processes are followed and also makes it possible to prevent similar or more serious accidents. Root cause analysis contributes to the development of a proactive safety culture within the organisation by increasing risk awareness among employees and managers.

In our study, a workplace accident that occurred during renovation work at a university in Turkey was investigated using the Ishikawa method. The Ishikawa method is a tool used to identify problems within a system. It shows how causes and effects are connected and helps to analyse what has gone wrong. The situation of a subcontractor worker who injured his hand during the installation of photovoltaic (PV) panels using a Personnel Lifting Platform (Manlift) was evaluated using this method. The analysis revealed that there was no Occupational Health and Safety (OHS) management system in place, risk assessments were inadequate, worker training was insufficient, and monitoring processes were inadequate. A Corrective Action Plan (CAP) was developed to address these systemic weaknesses.
Our study emphasises that comprehensive OHS management systems, regular contractor inspections, and strict work permit controls are critical in preventing similar accidents. Furthermore, our study highlights the importance of proactive safety management in construction projects and will guide future academic research through the analysis of a real-life incident.
Keywords: Work accident, Root Cause Analysis, Ishikawa method, Occupational Health and Safety, Corrective Action Plan, Construction Safety

GİRİŞ

İş kazaları, beklenmedik ve istenmeyen olayların tetiklediği, yaralanma veya ölümle sonuçlanabilen kritik vakalardır. İş kazaları toplumsal acılara ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Nag ve Patel, 1998). İş kazası sonucu ortaya çıkan sağlık sorunları yalnızca işçileri değil, aynı zamanda şirketin ödediği sağlık maliyetini de etkilemektedir. İş sağlığı ve güvenliği yönetiminin rolü, kazalar, olaylar ve hastalıklardan kaynaklanan maliyetlerin iyi azaltılması ve çalışanların motivasyonun artması anlamına geldiğinden, firmaları rekabet gücü ve üretkenliğinin güçlendirilmesi açısından da çok önemlidir (Nai'em ve ark., 2020). İş kazalarının doğru bir şekilde tahmin edilmesi, işyeri güvenliğinin teşvik edilmesi ve risk yönetimi stratejilerinin iyileştirilmesinde büyük önem taşımaktadır. İş kazaların kök sebep analizlerin yapılması yeni kazaların önlenebilmesine de olanak sağlayacaktır (Demirkesen, 2024).
İnşaat sektörü, işçilerin yaşamı ve sağlığı için yüksek düzeyde bir tehdit ile karakterizedir.
İnşaat sektöründe iş kazalarının çoğunlukla tekil insan hatasından değil; birbiriyle etkileşen süreç, organizasyon ve denetim zayıflıklarının oluşturduğu sistemsel birikimden doğduğunu göstermektedir (Camino López ve ark., 2008). Çalışanların yaşı, cinsiyeti, iş sözleşmesi türleri, hizmet süreleri, faaliyet türü, kullanılan ekipmanlar, denetimler, çalışan eğitimleri gibi birçok unsur iş kazalarında rol oynamaktadır (Saiful ve ark.,2017). İşgücü demografisindeki değişikliklerde inşaat sektöründe kazaların azaltılmasında göz önüne alınması gereken unsurlardan biridir (Yi ve ark., 2012).
Sebep-sonuç veya balık kılçığı diyagramı olarak da bilinen Ishikawa Diyagramı uygulanabilirlik ve anlaşılabilirlik açısından kolay olduğu için farklı işlerde ve olaylarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Adib ve ark., 2024). Ishikawa Diyagramı, 5 M (Makine, İnsan Gücü, Malzeme, Ölçüm, Yöntem) kullanılır ve yönetim ve çevre gibi varyasyonlar da vardır (Elyoussoufi ve ark., 2022). PV panel montajı sırasında oluşan kaza da görünen davranış (elleçleme/konumlandırma sırasında sıkışma) ardında, iş izni sistemi, eğitim ve yetkinlik doğrulaması, Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) kullanımı, saha gözetimi ve yüklenici yönetimi zincirindeki kopuklukların yer aldığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle çalışmanın amacı, söz konusu kazayı Ishikawa (balık kılçığı) yöntemi ile sistematik olarak çözümlemek; belirlenen kök nedenleri düzeltici/önleyici eylemler (CAP) ile eşleştirerek, benzer olayların tekrarlanma olasılığını düşürecek, uygulanabilir bir yol haritası ortaya koymaktır.

Çalışmanın katkısı üç boyutludur:
(i) Vaka–temelli, çok etkenli nedenlerin kategorik haritalanması;
(ii) Kök neden → eylem (CAP) izlenebilirliğinin kurulması;
(iii) Yüklenici odaklı işlerde proaktif güvenlik kültürünü güçlendirecek izin–eğitim–denetim ekseninde ölçülebilir iyileştirme başlıklarının tanımlanması.

METEDOLOJİ

Ishikawa yöntemi, bir sonuca (kaza) giden çoklu nedenleri alt kategoriler altında görünür kılar. Klasik kılçıklar: İnsan (Man), Makine/Ekipman (Machine), Yöntem/Prosedür (Method), Malzeme (Material), Çevre/Ortam (Environment) ve Yönetim/Ölçüm (Management/Measurement). Bu sınıflama, güvenlik yönetim sistemlerinin bileşenleriyle (yetkinlik, bakım, izin, denetim, kaynak–malzeme yönetimi, performans izleme) doğal eşleşme sağlar.
İncelenen vakada Ishikawa, dosyalarla belgelenmiş şu eksenlere odaklanmıştır:
İnsan: Operatör sertifikası/mesleki yeterlilik, iş-özel İSG eğitimleri, PPE kullanım davranışı.
Makine/Ekipman: Manlift erişim–yaklaşma riskleri, periyodik kontrol kayıtlarının varlığı, yetkisiz kullanımın önlenmesi.
Yöntem: Çalışma izni prosedürünün işletilmesi, yöntem beyanı ve iş-özel risk değerlendirmesinin sahaya aktarımı.
Malzeme: Mekanik eldiven vb. uygun KKD'nin temini, teslimi ve kullanım denetimi.
Çevre: Şantiye–işletme arayüzünde sıkışma bölgeleri, işaretleme ihtiyacı.
Yönetim/Ölçüm: Yüklenici yönetimi, danışman/işveren denetimi, sözleşmesel yaptırımların işletilmesi, kayıt/iz sürülebilirliği.

OLAYIN TANIMI VE VERİ TOPLAMA

Bir üniversite yerleşkesinde yürütülen yenileme çalışmaları kapsamında fotovoltaik (PV) panellerin montajı için manlift kullanılırken sıkışma/ezilme türünde iş kazası meydana gelmiştir. Alt yüklenici çalışanının sol el parmakları (yüzük–serçe) manlift platformu ile çelik konstrüksiyon arasında sıkışmıştır.
Olayın özeti ve bağlamı aşağıda sıralnmıştır.
Faaliyet: Otoparkta PV panelleri için çelik konstrüksiyona erişim ve montaj, manlift ile çalışma.
Olayın Seyri: Yaralı personel başka bir çalışanla birlikte manlifte yükselirken sol el yüzük ve serçe parmakları manlift ile çelik konstrüksiyon arasında sıkışmıştır; manlifti yaralı kişi kullanmıştır.
Sonuç ve Sınıflama: Acil serviste ayaktan tedavi; Kayıp günlü kaza (LTI) – 3 gün.

Saha ziyareti, yaralı ile telefon görüşmesi, fotoğraflar, yetkililerle mülakat ve İSG dokümanlarının incelenmesi yapılmıştır. Kontrol edilen ana kayıtlar arasında eğitimler, yetkinlik sertifikaları, periyodik kontroller, KKD teslim kayıtları, yöntem beyanları, risk değerlendirmeleri, çalışma izni prosedürü, kilitleme/etiketleme (LOTO), acil durum planları ve alt yüklenici İSG dokümanları bulunmaktadır. Kaza araştırmasında ortaya çıkarılan deliller Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Delil Takip Tablosu

LTI–3 gün	**Kaza sınıflaması ve tedavi bilgisi**
Çalışma izni uygulanmamış	İş İzin Sistemi (Permit-to-work-PTW) sisteminde genel uygulama eksiği
Yetkinlik/Operatör belgesi yok	Yaralıda manlift operatör sertifikası yok
Mekanik eldiven kullanılmamış	KKD uygunsuzluğu
Yöntem beyanı aktarılmamış	Yöntem beyanı (Method of statement) eksik
Denetim/izleme kayıtları yetersiz	Yüklenici ve ana yüklenici tarafında izleme- denetim zafiyeti

Ishikawa Analizi (Sebep–Sonuç) kazaya uygulaması şu şekildedir.

İnsan (Man)

Operatör belgesi yok / yetkisiz kullanım: Yaralı, manlifti operatör sertifikası olmaksızın kullanmıştır → yaklaşma/sıkışma riskine doğrudan maruz kalma arttı.

İş-özel İSG eğitimi yok: Mekanik iş için eğitim almamış; davranışsal farkındalık ve tehlike tanıma zayıf.

KKD (mekanik eldiven) kullanılmaması: Sıkışma sonucunda doku hasarı artmıştır.

Sağlık uygunluğu riski: Önceden el tendon ameliyatı bilgisi, iş atamasında dikkate alınmamıştır.

Makine/Ekipman (Machine)

Manlift–konstrüksiyon arayüzü: Sıkışma zonlarının işaretlenmemesi ve hareketli platformda eş zamanlı çalışma; ikinci kişi gözetimi/işaretçi eksikliği.

Yöntem/Prosedür (Method)

Çalışma izni (PTW) yok: Permit-to-work işletilmemiş; iş-özel RA ve yöntem beyanı sahaya aktarılmamış; yetkin kişi gözetimi yok.

Saha başlamadan onay kapısı yok: İzin formu onayı olmadan iş başlatılmış. (CAP tasarımında açık şekilde tanımlı gereklilikler)

Malzeme (Material)

Uygun KKD temin/kullanım denetimi zayıf: Mekanik eldiven bulundurulması ve kullanımının izlenmesi eksik.

Çevre/Ortam (Environment)

Şantiye–işletme arayüzü: Otopark-çelik konstrüksiyon alanında erişim planlaması ve sıkışma bölgelerinin görünürleştirilmesi yetersiz

Yönetim/Ölçüm (Management/Measurement)

İSG yönetim sisteminin uygulanmaması, denetim ve yaptırım eksikliği: Yüklenici izleme-denetim kayıtları yetersiz; sözleşmesel yaptırımların işletilmemesi, çalışma izni ve yetkinlik kapılarında disiplin yok.

Yapılan kök sebep analizin sonucu şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Ishikawa Analizi (Sebep–Sonuç) Grafiği

DÜZELTİCİ VE ÖNLEYİCİ EYLEMLER (CAP)

Kazaların yeniden yaşanmaması için düzenleyici ve önleyici faaliyetler yürütülmelidir (Kotek ve Tabas, 2012). Bildirilen olaylara verilen yanıtlar, semptomun ele alındığı düzeltici veya tekrarını önlemek amacıyla kök sebeplerin ele alındığı düzeltici olabilir. Tespit edilen sorunlar veya bunların kök nedenleri, henüz ortaya çıkmamış kalıpları veya sorunları arama eğilimindeyse, alınan eylem proaktiftir ve önleyici olarak kabul edilir (Motschman ve Moore,1999). Önleyici eylem düzeyi geometrik yorumlaması nitel, nicel, görsel ve dinamiktir (Carpio de los Pinos ve ark., 2023). Kök sebep analizleri ile proaktif problem çözme mümkün olacaktır (Fishleder ve ark., 2025).

Temel nedenlere yönelik önleyici ve düzenleyici öneriler, Tablo 2'de gösterildiği gibi benzer projeler ve görevlerde temel nedenlerden kaynaklanabilecek riskleri azaltmak için oluşturulmuştur.

Tablo 2. Kazanın temel nedenleri ve önerilen önleyici/düzenleyici tedbirler

Neden	**Somut eylem örneği**
Operatör sertifikası yok	Sertifikasız çalışmayı engelleyen turnike/izin kontrolü ve liste doğrulama
PTW uygulanmadı	Onaysız işe başlatmama, imzalı izin formu ve numaralı kayıt
RA/MoS aktarılmadı	İş-özel risk değerlendirmesi ve yöntem beyanının saha brifingi
İşaretçi yok	Manlift operasyonlarında işaretçi zorunluluğu ve vardiya ataması
KKD kullanılmadı	KKD teslim tutanağı, sahada rastgele gözlem; uygunsuzluğa anında müdahale
Sıkışma bölgeleri görünür değil	Fiziksel bariyer/şerit veya uyarı levhaları
Yönetim/denetim boşluğu	Günlük kontrol listeleri ve uygunsuzluk raporları
Yaptırımlar işletilmedi	İş durdurma ve günlük parasal kesinti prosedürü

Başlangıç kapıları (ön koşullar): Çalışma izni (PTW) onayı ve yetkinlik/operatör sertifikası doğrulaması olmadan iş başlatılmamalıdır. PTW formu; iş tanımı, tehlikeler–riskler, yöntem beyanı (MoS), KKD, önlemler, sorumlular ve imzaları içerir. Böylece "belge" değil "kapı" görevi görür, onay yoksa başlatma yoktur.
Yürütüm kontrolleri (operasyon): Manlift operasyonları için işaretçi görevlendirmesi, sıkışma bölgelerinin fiziksel işaretlenmesi ve uygun KKD kullanımının aktif takibi zorunludur. Vardiya bazlı iş çizelgesi, erişim planı ve görsel uyarılar; yaklaşma riskini operasyon sırasında düşük seviyede tutar.
Doğrulama–yaptırım (yönetimsel iskelet): Günlük saha denetimleri, fotoğraflı kontrol listeleri ve kapanış takibi ile CAP maddeleri iz sürülebilir kılınır. Yüksek riskli uygunsuzluklarda anında iş durdurma, süreli düzeltmelerde takip–kapanış, tekrarda günlük parasal kesinti gibi yaptırımlar, davranışın kalıcı olarak değişmesini sağlar.

SONUÇ ve TARTIŞMA

Olayların hızlı bir şekilde yönetilmesinin yanı sıra, olayların kapsamlı ve objektif bir şekilde araştırılması ve tekrarlanmalarını önlemek için uygun düzeltici önlemlerin alınması gereklidir. Bu amaçla, olayların altında yatan nedenleri belirlemeyi amaçlayan bir kök neden analizi yapılmalıdır (Lee, 2024). Ishikawa metodu kaza araştırmalarında da kullanılmış bir yöntemdir (Carvalho ve ark. ,2021). Ishikawa diyagramı iş sağlığı ve güvenliği alanlarında proaktif olarak uygulanabilir. Bir etkinin olası nedenlerini belirlemek ve bir araya getirmek için yapılandırılmış ve sistematik bir yaklaşım sağlar (Wong ve ark., 2016).
İncelen vakada, "insan hatası" anlatısını aşarak kazaların çok-etkenli ve sistemsel doğasını görünür kılıyor. Özellikle PTW–yetkinlik–denetim üçlüsünden herhangi birinin aksaması, sıradan bir erişim işini sıkışma/ezilme gibi yüksek sonuç şiddetine sahip bir olaya dönüştürebiliyor. Bulgular; yetkisiz ekipman kullanımı, iş-özel risk değerlendirmesi ve yöntem beyanının sahaya aktarılmaması, KKD kullanımındaki disiplin eksikliği ve denetim–yaptırım boşluklarının birlikte çalıştığını gösteriyor.
Çalışmamız, PV panel montajı sırasında gerçekleşen manlift–konstrüksiyon sıkışma olayını Ishikawa yöntemiyle çözümleyerek kök nedenleri İnsan–Makine–Yöntem–Malzeme–Çevre–Yönetim eksenlerinde haritalamış; her nedeni özgül bir CAP eylemine bağlamıştır. İshikawa çıktılarına dayanarak geliştirilen CAP, her kılçığı doğrudan bir eyleme bağlayarak neden, eylem, kanıt ve iz sürülebilirliğini sağladı. Önerilen önleyici ve düzenleyici faaliyetler; onaysız iş başlatmama (PTW), yetkinlik/operatör sertifikası doğrulaması, iş-özel RA & yöntem beyanı brifingi, işaretçi ve fiziksel işaretleme, KKD temini–kullanım denetimi, günlük denetim–kapanış takibi ve yaptırım rejimi adımlarından oluşur. Bu bütünleşik yaklaşım, olasılığı düşüren süreçsel kapılar ile şiddeti sınırlayan teknik/operasyonel kontrolleri aynı çatı altında toplayarak benzer kazaların tekrarını azaltmayı hedefler.
Sonuç olarak, bu vaka Ishikawa diyagramının sadece bir analiz aracı değil, düzeltici/önleyici mimarinin tasarım matrisi olduğunu göstermektedir. Gelecek çalışmalarda, farklı şantiyelerde çoklu vaka karşılaştırması ile Ishikawa kılçıklarının tekrar eden örüntüleri haritalanarak kurumsal dersler kalıcılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

Adib, K., Mazouzi, M., & Elyoussoufi, S. (2024). Investigation of annual trucks fatal accidents in El Hajeb province of Morocco using TRIZ-Ishikawa diagram. Heliyon, 10(4), e26295. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26295

Camino López M. A. Ritzel D. O. Fontaneda I. Gonzales Alcantara O. J., 2008, Construction industry accidents in Spain, Journal of Safety Research, volume 39, p. 497-507.

Carvalho, R., Lobo, M., Oliveira, M., Oliveira, A. R., Lopes, F., Souza, J., Ramalho, A., Viana, J., Alonso, V., Caballero, I., Santos, J. V., & Freitas, A. (2021). Analysis of root causes of problems affecting the quality of hospital administrative data: A systematic review and Ishikawa diagram. International Journal of Medical Informatics, 156, 104584. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104584

Carpio de los Pinos, A. J., González García, M. N., Santos Baptista, J., & Rodrigues, F. (2023). Geometric interpretation of risk and prevention, by implementation of the "Level of Preventive Action" risk assessment method. Safety Science, 167, 106259. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106259

Demirkesen, S. (2024). Prediction of number of insured having work accident in Turkish construction industry. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Management, Procurement and Law, 177(4), 193–206. https://doi.org/10.1680/jmapl.23.00022

Elyoussoufi, S., Mazouzi, M., Cherrafi, A., & Tamasna, E. M. (2022). TRIZ-ISHIKAWA diagram, a new tool for detecting influencing factors: A case study in HVAC business. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Istanbul, Turkey. https://doi.org/10.46254/AN12.20220670

Fishleder, M. H., Hannafin, C. L., Ponce, L. M., Reyes, C., Flug, J. A., Haug, L. P., & Tan, N. (2025). Exploring the feasibility and effectiveness of simulated root cause analysis for radiology training. Current Problems in Diagnostic Radiology. Advance online publication.

Kotek, L., & Tabas, M. (2012). HAZOP study with qualitative risk analysis for prioritization of corrective and preventive actions. Procedia Engineering, 42, 808–815. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.473

Lee, A. (2024). Root cause analysis of incidents. In [E. A. Editör] (Ed.), Encyclopedia of Food Safety (2nd ed., pp. 151–161). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822521-9.00227-6

Motschman, T. L., & Moore, S. B. (1999). Corrective and preventive action. Transfusion Science, 21(2), 163–178. https://doi.org/10.1016/S0955-3886(99)00088-0

Nag, P. K., & Patel, V. G. (1998). Work accidents among shiftworkers in industry. International Journal of Industrial Ergonomics, 21(3–4), 275–281. https://doi.org/10.1016/S0169-8141(97)00050-4

Nai'em, F., Darwis, A. M., Noviponiharwani, & Amin, F. (2020). Analysis of work accident cost on occupational safety and health risk handling at construction project of Hasanuddin University the Faculty of Engineering. Enfermería Clínica, 30(Supplement 6), 312–316. https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2020.06.070

Saiful I. M. Razwanul I. Tarek M., 2017, Safety Practices and Causes of Fatality in Building Construction Projects: A Case Study for Bangladesh, Jordan Journal of Civil Engineering, 11(2).

Wong, K. C., Woo, K. Z., & Woo, K. H. (2016). Ishikawa diagram. In W. O'Donohue & A. Maragakis (Eds.), Quality improvement in behavioral health (pp. 119–132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26209-3_8.

Yi, J., Kim, Y., Kim, K., & Koo, B. (2012). A suggested color scheme for reducing perception-related accidents on construction work sites. Accident Analysis & Prevention, 48, 185–192. https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.022

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ELASTOMER MATRİSLİ KOMPOZİT TAKVİYELERİN MEKANİK KARAKTERİZASYONU

Nedimcan ÖNDER
Pe-Ga Otomotiv Süspansiyon San. ve Tic. A.Ş
ORCID: 0000-0001-7644-8694

Hasan KASIM
Materials Processing and Applications Development (MPAD) Department of Mechanical and Materials Engineering, The University of Alabama at Birmingham (UAB)
ORCID: 0000-0002-3024-5207

ÖZET
Kompozit malzemeler, birçok mühendislik uygulamasında yük taşıma ve deformasyon altındaki kararlı davranışları nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yapılarda takviye sayısı, kesit alanı, matris ve takviye malzeme özellikleri; yük aktarımı, başlangıç rijitliği ve doğrusal olmayan deformasyon bölgesini belirleyen temel parametrelerdir. Bu çalışmada, elastomer matrise gömülü 1, 2, 3, 4 ve 5 takviyeli kompozit numunelere ve kaplamasız tek takviye numunesine oda sıcaklığında ISO 2062 Method A standardına uygun tek eksenli çekme testi uygulanmış ve her konfigürasyon için 5 tekrar gerçekleştirilmiştir. Kuvvet–uzama eğrilerinin analizi sonucunda başlangıç düşük rijitlik bölgeleri (toe) belirlenmiş; bu bölge sonrasındaki lineer aralıktan eksensel rijitlik ve elastisite modülü değerleri hesaplanmıştır. Elastomer matrisin düşük modülü, yük altında kolay şekil değiştirmesi, elyafların matris içinde hizalanma gereksinimi ve elyaflar arası mikro-sürtünmenin aşılması nedeniyle kaplamalı kompozitlerde başlangıç düşük rijitlik bölgesi %50–55 aralığında gerçekleşmiş, kaplamasız tek kord ipinde bu değer %31 olarak bulunmuştur. Takviye eleman sayısı arttıkça toe bölgesinin yalnızca sınırlı ölçüde azalması, bu davranışın baskın olarak elastomer matris tarafından belirlendiğini göstermektedir. Buna karşılık takviye sayısının artması eksensel rijitliği belirgin biçimde yükseltmiş (1 elyaf: 350 N → 5 elyaf: 1103 N) ve etkin elastisite modülü artan elastomer oranı ile heterojen gerilme dağılımı nedeniyle 0.26 GPa'dan 0.19 GPa'a düşmüştür. Elde edilen sonuçlar, elastomer matrisli kompozitlerde yük aktarımının başlangıç aşamalarını, rijitlik gelişimini ve modül değişimini anlamada güvenilir bir mühendislik yaklaşımı sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Başlangıç Düşük Rijitlik, Elastisite Modülü, Kompozit Malzeme

MECHANICAL CHARACTERIZATION OF ELASTOMER-COATED COMPOSITE STRUCTURES

ABSTRACT
Composite materials are widely used in engineering because they can carry high loads and show stable behavior under deformation. In these structures, the number of reinforcements, cross-sectional area, and material properties of both matrix and reinforcement are key parameters influencing load transfer, initial stiffness, and nonlinear deformation behavior. In this study, composite specimens with 1, 2, 3, 4, and 5 reinforcements embedded in an elastomer matrix, as well as one uncoated single-reinforcement specimen, were tested under uniaxial tension at room temperature according to ISO 2062 Method A. Each configuration was tested five times. From the force–elongation curves, the initial low-stiffness (toe) region was identified, and axial stiffness and elastic modulus were calculated from the following linear part.

Because the elastomer matrix has a low modulus and deforms easily, and because the fibers need to align and overcome micro-slip, the toe region of the coated composites was very large (50–55%), while it was 31% for the uncoated single fiber. The fact that the toe region becomes only slightly smaller with more fibers shows that this behavior is mainly controlled by the elastomer matrix rather than the number of fibers. On the other hand, adding more fibers greatly increased the axial stiffness (1 fiber: 350 N → 5 fiber: 1103 N), while the elastic modulus decreased from 0.26 GPa to 0.19 GPa due to the higher amount of elastomer and the more uneven stress distribution. Overall, the results provide a clear understanding of how load transfer begins in elastomer-matrix composites and how stiffness and modulus change with different fiber configurations.
Keywords: Initial Low-Stiffness (Toe) Region, Young Modulus, Composite Material

BİLYALI DÖVME UYGULANMIŞ GRAFİT TAKVİYELİ Ti-6Al-4V KOMPOZİTİNİN TRİBOLOJİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Furkan TUNÇ
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0008-8635-3881

Yasemin YILDIRAN AVCU
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0003-3293-4257

ÖZET
Bu çalışmada Ti-6Al-4V alaşımı, grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompozitin ve bilyalı dövülmüş grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompozitin reciprocating kayma aşınma testleri altındaki tribolojik davranışları, 2.5 N ve 5 N normal yük koşullarında sistematik olarak incelenmiştir. Sürtünme katsayısı (COF) – mesafe eğrileri ile aşınmış yüzeylerin SEM analizleri birlikte değerlendirilerek yük, kompozit takviyesi ve yüzey modifikasyonunun aşınma mekanizmaları üzerindeki etkisi ortaya konmuştur. Yük artışı Ti-6Al-4V alaşımında adezyon ve delaminasyon mekanizmalarının güçlenmesine, ortalama COF'un 0.594'ten 0.480'e düşerek %19 azalmasına, buna rağmen yüzeyde derin aşınma izleri, yoğun debris oluşumu ve kararsız bir tribolojik rejime yol açmıştır. Grafit takviyeli kompozitte 2.5 N yükte sınırlı iyileşme gözlenmiş olsa da 5 N yük altında grafit tabakalarının yüzeye daha etkin taşınmasıyla sürekli bir üçüncü cisim tribofilmi oluşmuş; bu sayede COF 0.539'dan 0.150'ye düşerek %72 oranında azalmıştır. Bilyalı dövme uygulanmış grafit kompozitte ise yüzey sertliği artışı ve grafit transferinin birleşmesiyle hibrit bir aşınma mekanizması gelişmiş; delaminasyon baskılanmış, aşınma izleri hafiflemiş ve COF 0.552'den 0.162'ye düşerek %71 oranında azalmıştır. Bulgular, düşük yük seviyelerinde malzemeler arasındaki farkın sınırlı kaldığını, ancak yük 5 N seviyesine ulaştığında grafit takviyesi ve bilyalı dövme işleminin sürtünme katsayısını ve aşınma şiddetini belirgin biçimde azalttığını göstermektedir. Sonuç olarak grafit takviyesi ile bilyalı dövme işleminin birleşimi, yüksek yük altında Ti-6Al-4V matrisli malzemelerin tribolojik performansını iyileştirmek için etkili bir yüzey mühendisliği yaklaşımı sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Bilyalı dövme; Grafit; Reciprocating kayma; Ti-6Al-4V; Sürtünme katsayısı.

INVESTIGATION OF THE TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF SHOT-PEENED GRAPHITE-REINFORCED Ti-6Al-4V COMPOSITE

ABSTRACT
In this study, the tribological behaviors of Ti-6Al-4V alloy, graphite-reinforced Ti-6Al-4V composite, and shot-peened graphite-reinforced Ti-6Al-4V composite under reciprocating sliding conditions were systematically investigated at normal loads of 2.5 N and 5 N. The friction coefficient (COF)–distance curves were evaluated together with SEM analyses of the worn surfaces to elucidate the influence of applied load, composite reinforcement, and surface modification on the dominant wear mechanisms. With increasing load, Ti-6Al-4V exhibited intensified adhesion and delamination mechanisms, leading to a decrease in average COF from 0.594 to 0.480 (19% reduction), yet the surface displayed deep wear grooves, abundant metallic debris, and an unstable tribological regime.

In the graphite-reinforced composite, only limited improvement was observed at 2.5 N; however, at 5 N, effective transfer and spreading of graphite layers resulted in the formation of a continuous third-body tribofilm, reducing the COF from 0.539 to 0.150—a 72% decrease. In the shot-peened graphite composite, the combination of increased surface hardness and graphite transfer produced a hybrid wear mechanism; delamination was suppressed, wear scars became shallower, and the COF decreased from 0.552 to 0.162—a 71% reduction. The findings reveal that differences between the materials remain modest at lower loads, whereas at 5 N the incorporation of graphite and the application of shot peening significantly reduce both friction and wear severity. Overall, the synergy between graphite reinforcement and shot peening offers an effective surface engineering strategy for improving the tribological performance of Ti-6Al-4V-based materials under high load conditions.
Keywords: Coefficient of friction; Graphite; Reciprocating sliding; Shot peening; Ti-6Al-4V.

GİRİŞ

Titanyum alaşımları, yüksek özgül dayanımları, mükemmel korozyon dirençleri ve biyouyumlulukları sayesinde havacılık, otomotiv, enerji ve biyomedikal sektörlerinde kritik bileşenlerin tasarımında yaygın olarak tercih edilen gelişmiş mühendislik malzemeleridir [1-3]. α–β faz yapısına sahip Ti-6Al-4V alaşımı ise, bu sınıfın en çok kullanılan temsilcisi olup yüksek sıcaklık stabilitesi, yorulma dayanımı ve korozyon direncinin yanında, hafiflik-dayanım dengesi bakımından üstün özellikler sunmaktadır [2]. Bununla birlikte Ti-6Al-4V, sürtünme ve aşınma açısından avantajlı bir malzeme değildir; özellikle kuru kayma koşullarında yüksek sürtünme katsayısı, adezyon ağırlıklı aşınma davranışı, yüzey kaynaklanması, transfer tabakası oluşumu ve belirgin yüzey hasarı gibi sınırlayıcı mekanizmalar göstermektedir [2]. Bu nedenle titanyum alaşımlarının tribolojik performansının iyileştirilmesi, yüzey mühendisliği ve kompozit tasarımı alanlarında önemli bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir [2, 4].

Tribolojik performansı iyileştirmeye yönelik stratejiler genel olarak iki ana yaklaşıma dayanmaktadır: (i) matris alaşımının kompozit takviyelerle modifikasyonu [2-6], (ii) yüzey özelliklerini mekanik veya fiziksel yöntemlerle geliştiren yüzey modifikasyon işlemleri [7]. Kompozit takviye yaklaşımında, Ti-6Al-4V matrisine grafit, MoS_2, h-BN veya karbür/oksit fazları gibi ikinci faz partiküllerinin eklenmesi ile yüzeyde sürtünmeyi düşürücü üçüncü cisim tabakalarının oluşması ve aşınma direncinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır [8]. Grafit, tabakalı kristal yapısı ve düşük kesme gerilmesi sayesinde metal matris kompozitlerde katı yağlayıcı olarak yaygın şekilde kullanılmakta, temas sırasında yüzey üzerinde kolayca kayabilen ve sürtünme katsayısını düşürebilen bir tribofilm oluşturmaktadır. Ancak grafitin etkisi uygulanan normal yük, yüzey topografyası, matrisle olan arayüz dayanımı ve grafitin hacimsel dağılımının homojenliği gibi parametrelere oldukça duyarlıdır [3]. Literatürde grafit takviyeli kompozitlerde tribofilm stabilitesinin her zaman sağlanamadığı, bazı durumlarda düzensiz parçacık taşınımı nedeniyle sürtünme katsayısında dalgalanmaların görülebildiği rapor edilmektedir.

Yüzey modifikasyon yöntemleri, malzemenin mikro yapısını, yüzey pürüzlülüğünü, sertliğini ve kalıntı gerilme profilini değiştirerek sürtünme ve aşınma mekanizmalarını etkilemektedir [7, 9]. Bu yöntemler arasında bilyalı dövme (shot peening), yüzeyde ciddi oranda plastik deformasyon oluşturan, tane incelmesi sağlayan, yüzey sertliğini artıran ve yüzeyde kalıcı basma gerilmeleri oluşturan etkili bir mekanik yüzey iyileştirme işlemidir [10]. Bilyalı dövme yorulma dayanımındaki iyileştirici etkileri literatürde oldukça iyi bilinse de son yıllarda tribolojik performans üzerine de önemli pozitif katkılar sunduğu gösterilmiştir [10-13].

İşlem sonrası oluşan yüzey topografyası, asperite yoğunluğundaki artış, yüzey sertliğindeki yükselme ve kalıcı basma gerilmeleri, kayma sırasında temas alanının stabilizasyonunu hızlandırarak daha kararlı bir sürtünme rejiminin gelişimine katkıda bulunmaktadır [11]. Özellikle kompozit sistemlerde bilyalı dövme sonrası yüzeyde hem mekanik kilitlenme davranışının hem de üçüncü cisim tabakasının daha kararlı hale geldiği bildirilmiştir.

Tribolojik davranış yalnızca malzeme sistemine değil, aynı zamanda yük, hız, sıcaklık ve kayma rejimi gibi dışsal parametrelere de son derece duyarlıdır. Bu nedenle malzeme modifikasyonlarının gerçek temas koşullarındaki etkisinin anlaşılması için, farklı yük seviyelerinde detaylı tribolojik analizlerin yapılması önem taşımaktadır. Uygulanan normal yük, temas yüzeyinin gerçek temas alanını, tribokimyasal süreçlerin aktivasyonunu, transfer tabakası oluşumunu ve üçüncü cisim mekanizmalarını doğrudan etkileyerek sürtünme katsayısını ve yüzey hasarını belirleyen temel bir parametredir. Düşük yük seviyelerinde tribofilm oluşumu sınırlı olabilecekken, daha yüksek yüklerde üçüncü cisim tabakasının kompaktlaşması ve stabilizasyonu hızlanabilmektedir. Ancak bu mekanizma tüm malzemeler için aynı yönde işlememekte; örneğin adezyon eğilimi yüksek metallerde yük artışı, sürtünme katsayısında ciddi dalgalanmalara yol açabilmektedir.

Bu çalışmada, Ti-6Al-4V alaşımı, grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompoziti ve bilyalı dövme uygulanmış grafit kompozitin kuru reciprocating kayma koşullarında, 2.5 N ve 5 N normal yük seviyeleri altında sürtünme karakteristikleri deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen COF–mesafe eğrileri, alıştırma (run-in) ve kararlı kayma (steady-state) bölgeleri özelinde değerlendirilerek yük artışının tribolojik rejimlerin gelişimi üzerindeki rolü ortaya konmuştur. Böylece hem kompozit takviyesinin hem de bilyalı dövme yüzey işleminin farklı yük seviyeleri altındaki etkileri sistematik olarak analiz edilmiş; tribolojik kararlılık, yapışma - kayma (stick–slip) davranışı, üçüncü cisim tabaka oluşumu ve sürtünme katsayısı seviyelerindeki değişimler üç farklı malzeme sisteminde bütüncül bir bakışla incelenmiştir. Bu yönüyle çalışma, titanyum alaşımlarında sürtünme ve aşınma davranışının yük duyarlılığını anlamaya katkı sağlarken, kompozit takviyesi ile yüzey modifikasyonunun birlikte kullanıldığı hibrit yaklaşımların performans üzerindeki ortak etkisine dair bulgular sunmaktadır.

YÖNTEM

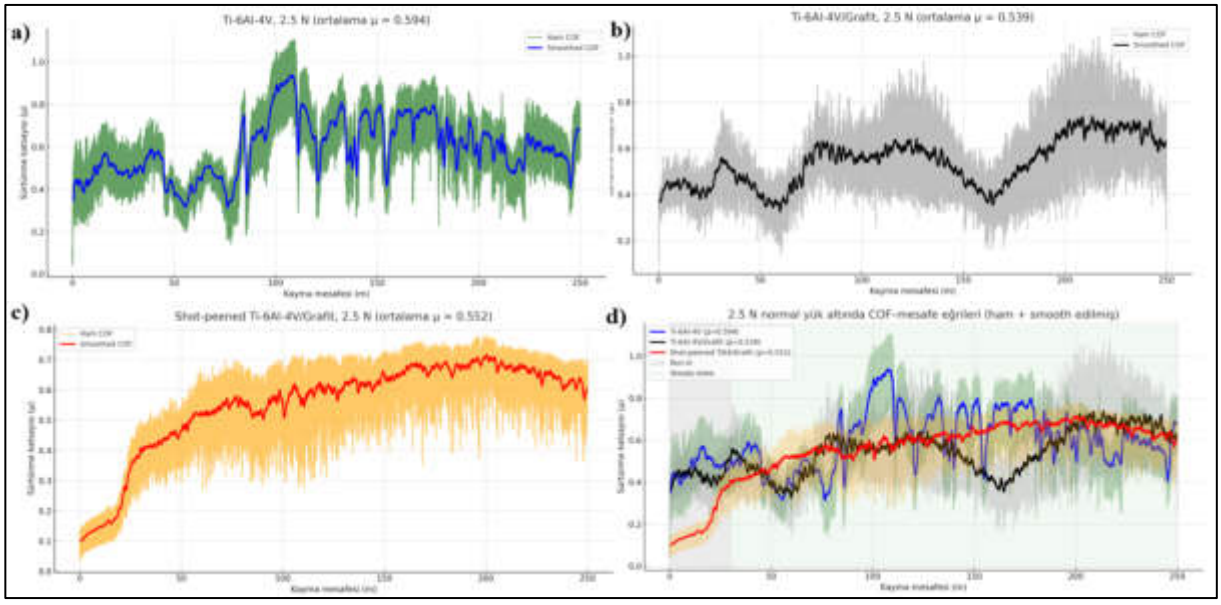
Bu çalışmada, matris malzemesi Ti6Al4V olan ve kütlece %5 grafit içeren bir metal matris kompoziti üretilmiş ve kompozit numunelerin yüzeylerine bilyalı dövme işlemi uygulanmıştır. Elde edilen kompozit numunelerin, bilyalı dövülen kompozit numunelerin ve referans olarak seçilen Ti6Al4V alaşımının tribolojik davranışları incelenmiş ve birbirleiyle kıyaslanmıştır. Kompozit üretiminde kullanılan Ti6Al4V ve grafit tozları, homojen bir karışım elde edilmesi amacıyla bilyalı değirmende 300 dev/dak hızda 45 dakika süreyle karıştırılmıştır. Homojen toz karışımı, 950 °C sıcaklık, 45 MPa basınç ve 45 dakika süre altında, 10^{-4} mbar mertebesinde vakum ortamında basınç destekli sinterleme yöntemi ile kompozit numunelere dönüştürülmüştür.

Bilyalı dövme işlemleri, CNC kontrollü bir bilyalı dövme test sisteminde gerçekleştirilmiştir. Bu sistem, hava kompresörü, basınç regülatörü, püskürtme kabini ve ilgili pnömatik ekipmandan oluşmakta ve işlem parametrelerinin hassas kontrolüne olanak tanımaktadır. Çalışmada bilya çap aralığı 0.9–1.0 mm ve sertliği ise yaklaşık 450 HV olan S60 tipi paslanmaz çelik bilyalar kullanılmıştır. Üretilen grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompozit numunelere 90° çarpma açısında, 5 bar püskürtme basıncında ve 5 dakika dövme süresinde bilyalı dövme işlemi uygulanmıştır.

Tribolojik testler reciprocating kayma koşullarını simüle eden bir tribometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karşıt malzeme olarak 10 mm çapında alümina (Al_2O_3) bilya tercih edilmiş, böylece metal-seramik temaslı bir sistem elde edilmiştir. Testler sinus profilli reciprocating modda, 5 mm genlik, 6.37 Hz frekans ve yaklaşık 10 cm/s maksimum doğrusal hız altında, toplam 250 m kayma mesafesinde gerçekleştirilmiştir. Normal yük seviyeleri 2.5 N ve 5 N olarak seçilmiş ve her bir numune–yük kombinasyonu için deneyler üç tekrar gerçekleştirilmiştir.
Bilyalı dövme sonrası ve aşınma testleri sonrası numunelerin yüzey morfolojileri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.

BULGULAR

Bu bölümde Ti-6Al-4V alaşımı, grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompozit ve bilyalı dövme uygulanmış grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompoziti 2.5 ve 5 N normal yük altında elde edilen COF sonuçları ve aşınma yüzeyleri değerlendirilmiştir.
Şekil 1'de 2.5 N normal yük altındaki COF sonuçları, üç malzeme sisteminin temas koşullarına verdiği farklı tribolojik yanıtların mikro yapısal özelliklerden güçlü şekilde etkilendiğini göstermektedir. Şekil 1-a'da Ti-6Al-4V alaşımı, hem alıştırma (run-in) hem de kararlı kayma (steady-state) bölgelerinde nispeten kararlı COF profili ile tipik adezyon-abrazyon dengesi sergilemiştir. Bu durum, alaşımın homojen mikro yapısı ve yüzeydeki malzeme transferinin daha düzenli gerçekleşmesi ile ilişkilidir.
Şekil 1-b'de grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompoziti, grafitin katı yağlayıcı doğasına rağmen yüksek COF seviyeleri ve belirgin dalgalanma amplitüdü ile en kararsız tribolojik sistem olmuştur. Bu dalgalanmalar, grafit parçacıklarının düzensiz şekilde yüzeye taşınması, geçici üçüncü cisim tabakasının lokal olarak oluşup bozulması ve yapışma - kayma (stick–slip) davranışının baskın olması ile açıklanmaktadır. Bu nedenle kararlı kayma bölgesinde dahi COF eğrisi dar bir banda oturmamış, geniş aralıklı salınımlarla ilerlemiştir.



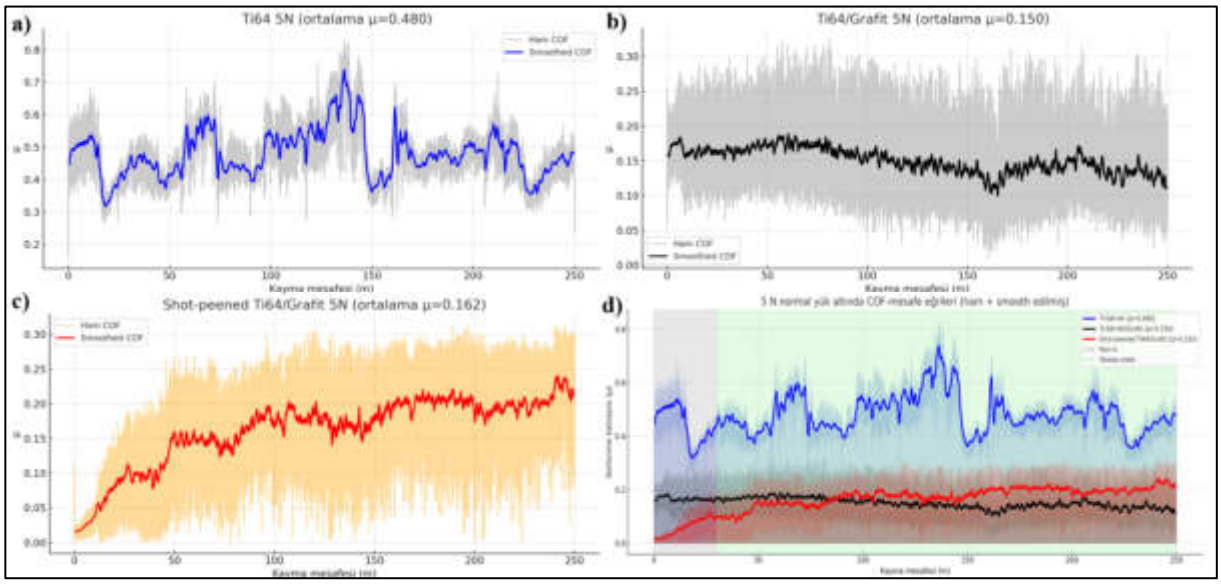
Şekil 1. 2.5 N normal yük altında a) Ti-6Al-4V, b) grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompozit, c) bilyalı dövme uygulanmış kompozit malzeme ve d) Ti-6Al-4V, grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompoziti ve bilyalı dövme uygulanmış kompozit malzemelerin ham COF–mesafe eğrileri.

Şekil 1-c'de bilyalı dövme uygulanmış Ti64/Grafit kompozit ise bilyalı dövmenin oluşturduğu soğuk işlenmiş yüzey tabakası, artırılmış yüzey sertliği ve mikro asperite yoğunluğu sayesinde daha stabil bir sürtünme profili göstermiştir. Düşük başlangıç COF değerleri, yüzey adaptasyonunun hızla gerçekleştiğini; kararlı kayma (steady-state) bölgesindeki göreceli stabilite ise mekanik kilitlenmenin ve kompakt üçüncü cisim tabakasının oluştuğunu göstermektedir.

Genel olarak, 2.5 N yük altında grafit takviyesi sürtünmeyi düşürmek yerine dalgalanmayı artırmış, bilyalı dövme ise grafit kompozitin tribolojik kararlılığını belirgin şekilde iyileştirmiştir. Şekil 2'de 5 N normal yük altında üç malzeme sisteminin tribolojik davranışları belirgin biçimde farklılık göstermiştir. Şekil 2-a'da Ti-6Al-4V numunesi, artan temas basıncının etkisiyle kayma boyunca yüksek dalgalanmalı ve karmaşık bir sürtünme profili sergilemiştir. Mikro çıkıntıların sürekli kesilmesi, geçici üçüncü cisim tabakasının oluşup dağılması ve yüzeyde oluşan adezyon kontrollü temas bölgeleri, COF eğrisindeki keskin iniş-çıkışlara neden olmuştur. Bu nedenle Ti64 numunesi, çalışmadaki en tutarsız tribolojik yanıtı göstermiştir. Şekil 2-b'de Ti-6Al-4V/Grafit kompoziti, aynı yük seviyesi altında oldukça düşük ortalama COF değerleri ve dar bir dalgalanma bandı ile çalışmıştır. Grafit, katı yağlayıcı özelliği sayesinde yüzeyde zayıf bir kaygan tabaka oluşturmuş ve kontakt yüzeydeki mekanik kilitlenmeyi azaltmıştır. Steady-state bölgesindeki düşük COF değeri ($\mu \approx 0.150$), grafit partiküllerinin yüzeye düzenli şekilde taşınmasına ve nispeten stabil bir tribofilm oluşturmasına bağlanabilir.

Şekil 2-c'de bilyalı dövme uygulanmış grafit kompozit, düşük başlangıç COF değerleriyle karakteristik bir alıştırma (run-in) davranışı sergilemiştir. Yüzeydeki yoğun plastik deformasyon ve mikro çukur–tepe yapısı, yüzey adaptasyonunu hızlandırmış ve steady-state bölgesinde grafit kompozit ile benzer COF değerlerine ulaşmasını sağlamıştır. Ancak bilyalı dövme sayesinde yüzey topografyası daha mekanik kilitlenme eğilimli olduğu için COF grafiği grafit kompozite göre daha kararlı bir yapıya sahiptir.

Genel olarak, 5 N yük altında grafit takviyesi sürtünmeyi belirgin biçimde azaltırken, bilyalı dövme uygulaması tribolojik kararlılığı artırmakta ve yüzey adaptasyonunu iyileştirmektedir.



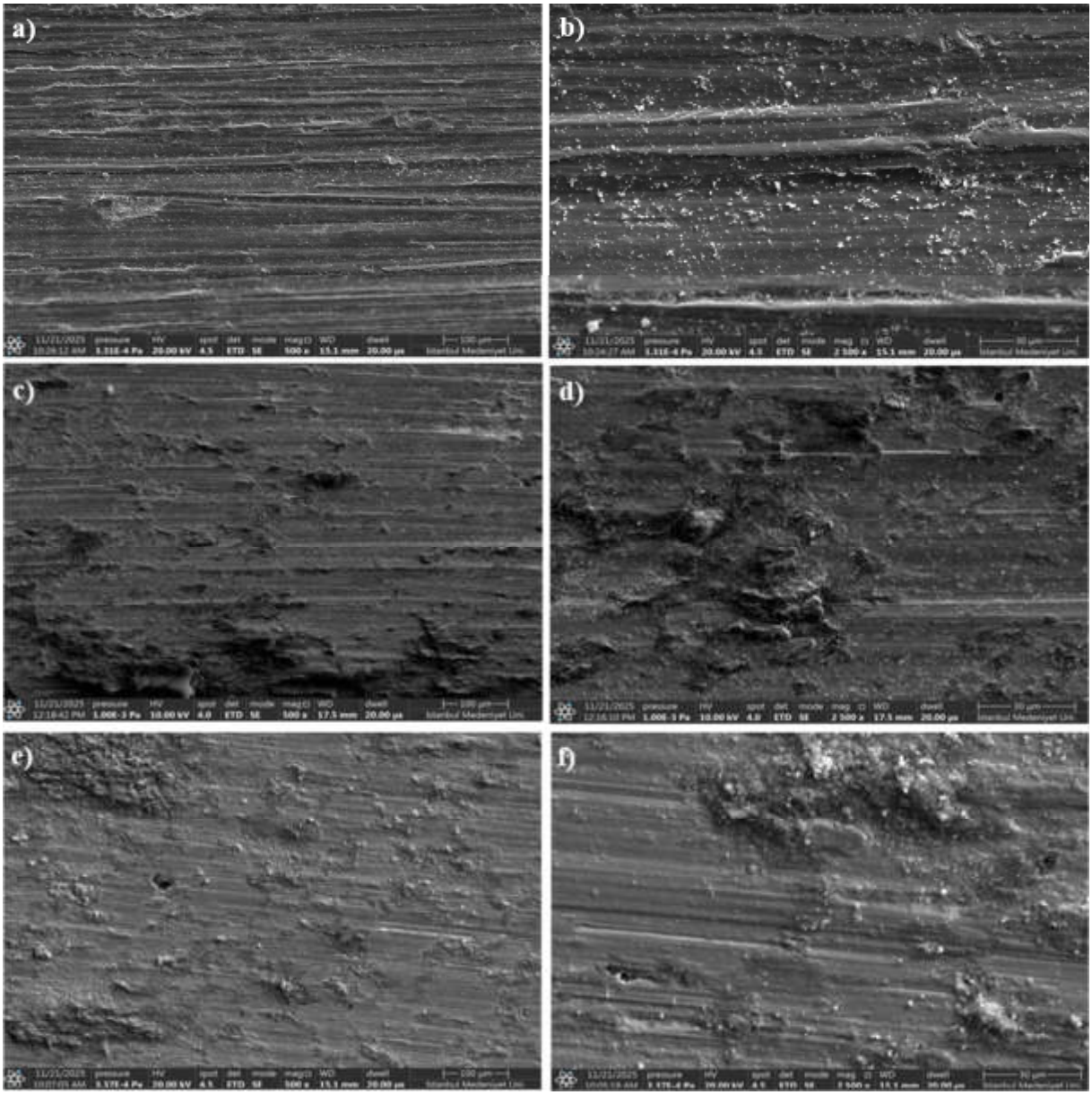
Şekil 2. 5 N normal yük altında a) Ti-6Al-4V, b) grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompozit, c) bilyalı dövme uygulanmış kompozit malzeme ve d) Ti-6Al-4V, grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompoziti ve bilyalı dövme uygulanmış kompozit malzemelerin ham COF–mesafe eğrileri.

Şekil 3-a'da Ti-6Al-4V alaşımının düşük büyütmeli SEM görüntüsü (500×), yüzey boyunca kayma yönü ile hizalanmış belirgin ve derin çizgisel aşınma izleri ve makro-seviyede plastik akma hatları gözükmektedir. Bu izler, yüksek temas basıncı altında asperitelerin kesilmesi ve yüzeyde adezyon-kontrollü mikro kaynaklanmaların oluşmasıyla ilişkilidir. Yüksek büyütmede (2500×) yüzey üzerinde çok yoğun metalik debris, mikro-pullanma (delamination pits) ve düzensiz transfer tabakası kalıntıları gözlenmektedir (Şekil 3-b). Bu morfoloji, Ti-6Al-4V'nin 5 N yük altında yüksek sürtünme katsayısı ($\mu \approx 0.480$) ve geniş COF dalgalanma aralığıyla uyumludur. Aşınma mekanizmaları ağırlıklı olarak adhesive wear + abrasive ploughing + delamination davranışlarının birleşimidir.

Grafit takviyeli kompozitin düşük büyütmeli SEM görüntüsü (500×), yüzey boyunca kayma yönünde yayılmış yumuşak görünümlü siyah tonlu bölgeler ve nispeten daha düzensiz fakat daha hafif aşınma izleri göstermektedir (Şekil 3-c). Bu bölgeler grafit tabakalarının yüzeye taşındığını ve sürekli, kompakt bir üçüncü cisim tribofilmi oluşturduğunu göstermektedir. Yüksek büyütmede (2500×) yüzeyin büyük bir kısmını kaplayan grafit-zengin film, düşük kesme direncine sahip sürtünme kolaylaştırıcı bir tabakanın varlığını doğrulamaktadır (Şekil 3-d). Bu tribofilm, metal-metal temasını belirgin şekilde azaltmış ve aşınma ürünlerinin çoğunlukla grafit kaynaklı olmasına yol açmıştır. Pullanma izleri belirgin biçimde azalmış, derin oyuklar neredeyse tamamen bastırılmıştır. Bu yapı, grafit kompozitin 5 N yük altında Ti64'e kıyasla %68.8 COF azalışı ($\mu \approx 0.150$) sunmasını açıklayan temel mekanizmadır. Baskın aşınma mekanizması graphite-controlled mild wear olarak tanımlanabilir.

Bilyalı dövme uygulanmış grafit kompozit hibrit bir yüzey davranışı sergilemiştir. Düşük büyütmeli görüntü (500×), yüzeyde bilyalı dövme ile oluşan dalgalı mikro-topografyanın kayma sırasında tamamen düzleşmediğini, buna karşın yer yer grafit transferinin gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 3-e). Metal-metal temasın kısmen devam ettiği parlak bölgeler ile grafitçe zengin koyu bölgeler birlikte gözlenmiş, bu durum yüzeyin hem sert hem de lokal olarak yağlayıcı tabakalar içerdiğini göstermektedir.

Yüksek büyütmeli SEM görüntüsü (2000×), yüzeyin sertlik kazanmış tabakasının mikro-oyulma derinliğini azalttığını ve grafit parçacıklarının asperite çukurlarına yerleşerek bir load-bearing composite layer oluşturduğunu göstermektedir (Şekil 3-f). Bu yapı daha kararlı bir tribofilm oluşmasına katkı sağlamakta ancak grafit kompozitte olduğu kadar homojen bir yayılma görülmemektedir. Pullanma izleri minimum düzeyde olup, bilyalı dövme sayesinde yüzey altı kesme gerilmelerinin düşmesi delamination mekanizmasını belirgin biçimde baskılamıştır. Bu özellikler bilyalı dövme kompozitin 5 N altında %66.3 COF azalımı ($\mu \approx 0.162$) sağlamasını ve grafit kompozite kıyasla daha kararlı bir sürtünme rejimi göstermesini açıklamaktadır. Baskın mekanizma hibrit hafif aşınma (grafit + sertleşmiş yüzey) olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3. 5 N normal yük altında aşınan yüzeylerin morfolojileri; Ti-6Al-4V a) 500x ve b) 2500x; grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompozit c) 500x ve d) 2500x; bilyalı dövme uygulanmış grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompozit e) 500x ve f) 2500x.

Her üç malzeme karşılaştırıldığında, aşınma mekanizmalarının uygulanan yük ve yüzey modifikasyonu ile belirgin şekilde değiştiği görülmektedir. Ti-6Al-4V, yüksek yük altında adezyon, mikro kaynaklanma ve delamination mekanizmalarının birlikte çalıştığı kararsız bir yüzey morfolojisi göstermiştir. Grafit takviyesi ise metal-metal temasını minimize ederek yüzeyi grafit tabakasıyla kaplamış, bu nedenle sürtünme ve aşınmayı dramatik biçimde azaltmıştır. Bilyalı dövme uygulaması ise hem yüzey sertliğini hem de grafit tribofilminin stabilitesini artırmış, böylece grafit kompozitin düşük COF avantajını daha kararlı bir sürtünme rejimi ile birleştirmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın tribolojik bulguları, hem sürtünme katsayısı (COF) verilerinin hem de aşınmış yüzey morfolojilerinin, uygulanan normal yük ve malzeme modifikasyonuna bağlı olarak belirgin şekilde değiştiğini göstermektedir. Ti-6Al-4V alaşımı gerek 2.5 N gerek 5 N yük altında en yüksek COF değerlerini sergilemiş olup, yük arttıkça ortalama COF'un 0.594'ten 0.480'e düşerek yalnızca %19 oranında azalması, bu alaşımın adezyon eğilimli doğası gereği aşınma mekanizmalarının yük altında daha agresif hâle geldiğini göstermektedir. 5 N yük altında yüzeyde gözlenen derin mikro-oyuklar, yoğun metalik debris ve süreksiz transfer tabakası, COF eğrisindeki belirgin dalgalanmalarla birlikte adhesive–abrasive–delamination bileşenlerinden oluşan kararsız bir aşınma rejimine işaret etmektedir.

Grafit takviyeli Ti-6Al-4V kompoziti, düşük yük seviyesinde Ti-6Al-4V alaşımına kıyasla sınırlı bir iyileşme gösterirken (COF azalımı %9.3), 5 N yük altında grafit tabakalarının yüzeye daha etkin taşınıp kompakt bir üçüncü cisim tribofilmi oluşturmasıyla COF'un 0.539'dan 0.150'ye düşerek %72 oranında azalması, yük arttıkça grafit tabanlı yağlayıcı mekanizmanın baskın hâle geldiğini göstermektedir. SEM görüntülerinde kayma yönünde yayılmış grafit tabakaları, sığ aşınma izleri ve düşük debris oluşumu, kompozitin grifit kontrollü hafif aşınma geliştirdiğini doğrulamaktadır. Bu nedenle grafit takviyesi, özellikle yüksek yük seviyelerinde Ti-6Al-4V alaşımı matrisinin metal-metal temasını belirgin biçimde azaltarak aşınma şiddetini düşürmektedir.

Bilyalı dövme uygulanmış grafit kompozit ise her iki mekanizmanın (grafit tribofilmi ve yüzey sertliği artışı) birleştiği hibrit bir aşınma davranışı sergilemiştir. Bilyalı dövme sonrası yüzeyde oluşan sertleşmiş deformasyon tabakası, asperite çökmesini sınırlayarak yüzey adaptasyonunu hızlandırmış; yüksek yük altında ise grafit transferinin daha kararlı bir şekilde gerçekleşmesine katkı sağlamıştır. Bu nedenle COF'un 2.5 N'da 0.552'den 5 N'da 0.162'ye düşerek %71 oranında azalması, bilyanı dövmenin özellikle ağır yük koşullarında grafit takviyeli yapının stabilitesini artırdığını göstermektedir. SEM analizlerinde görülen daha sığ aşınma izleri, düşük delaminasyon eğilimi ve yer yer stabil grafit tabakaları, bilyalı dövmenin yüzey mühendisliği açısından önemli bir tamamlayıcı rol sağladığını göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, düşük yük seviyelerinde malzeme sistemleri arasındaki performans farkı sınırlı olmakla birlikte, yük 5 N seviyesine ulaştığında grafit takviyesi ve bilyalı dövme işlemi sürtünme katsayısını ve aşınma şiddetini belirgin biçimde azaltmıştır. Ti-6Al-4V alaşımı ağır yük altında kararsız ve şiddetli bir aşınma rejimine geçerken, grafit kompozit düşük COF ve hafif aşınma karakteri ile en iyi performansı göstermiştir. Bilyalı dövmenin grafit kompozit ise düşük COF değerlerini daha kararlı bir sürtünme rejimi ile birleştirerek hibrit bir üstünlük sunmuştur. Bu sonuçlar, grafit takviyesi ile bilyalı dövme işleminin birlikte uygulanmasının yüksek yük altındaki Ti-6Al-4V matrisli malzemelerde tribolojik performansı optimize eden etkili bir yüzey mühendisliği yaklaşımı olduğunu ortaya koymaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından FYL-2024-3963 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Yildiran Avcu, Y., et al., *Surface, Subsurface and Tribological Properties of Ti6Al4V Alloy Shot Peened under Different Parameters.* Materials (Basel), 2020. 13(19).

2. Zhao, R., et al., *Mechanical property and wear behavior of graphene-reinforced Ti-6Al-4V prepared by vacuum arc melting.* Materials & Design, 2025. 256.

3. Li, S., et al., *Powder metallurgy titanium metal matrix composites reinforced with carbon nanotubes and graphite.* Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2013. 48: p. 57-66.

4. Pathi, H., et al., *A Review on Processing Routes, Properties, Applications, and Challenges of Titanium Metal Matrix Composite.* East European Journal of Physics, 2021(3): p. 5-17.

5. Ammisetti, D.K. and S.S. Harish Kruthiventi, *Recent trends on titanium metal matrix composites: A review.* Materials Today: Proceedings, 2021. 46: p. 9730-9735.

6. Pan, H., et al., *Microstructure, mechanical and thermal properties of titanium matrix composites with different reinforcements.* Materials Research Express, 2022. 9(9).

7. DiCecco, L.-A., M. Mehdi, and A. Edrisy, *Dry-Sliding Wear Mechanisms of Shot-Peened Additive Manufactured Alpha Titanium Featuring TiB Particles.* Tribology Letters, 2021. 69(3).

8. Parveez, B., et al., *Scientific Advancements in Composite Materials for Aircraft Applications: A Review.* Polymers (Basel), 2022. 14(22).

9. Chen, C. and H. Zhang, *Characteristics of friction and wear of Al-Zn-Mg-Cu alloy after application of ultrasonic shot peening technology.* Surface and Coatings Technology, 2021. 423.

10. Zhang, Y., et al., *Effect of shot peening on residual stress distribution and tribological behaviors of 17Cr2Ni2MoVNb steel.* Surface and Coatings Technology, 2020. 386.

11. Haghighi, O., K. Amini, and F. Gharavi, *Effect of Shot Peening Operation on the Microstructure and Wear Behavior of AZ31 Magnesium Alloy.* Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2020. 56(1): p. 164-168.

12. Silva, K.H.S., et al., *Influence of shot peening on residual stresses and tribological behavior of cast and austempered ductile iron.* Wear, 2019. 440-441.

13. Walczak, M. and M. Szala, *Effect of shot peening on the surface properties, corrosion and wear performance of 17-4PH steel produced by DMLS additive manufacturing.* Archives of Civil and Mechanical Engineering, 2021. 21(4).

STRENX 700 (S700) YÜKSEK DAYANIMLI YAPI ÇELİKLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Çağlar ERARSLAN
Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü
Hidroan Ankara Hidrolik Makina San. Tic. Ltd. Şti.
ORCID: 0009-0003-1660-2161

Oğuz ERDEM
Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-8094-3222

ÖZET
Son yıllarda demir ve çelik üretim sanayisindeki teknolojik gelişmeler sayesinde, tasarımcılara istenilen mekanik özelliklere sahip çelik malzemeler sunulabilmektedir. Ekstrem koşullarda zorlu yük taşıma özelliği istenen ve yüksek darbe tokluğu gerektiren durumlar için özel olarak üretilen çeliklerin popülerliği gün geçtikçe artırmaktadır. İsveç merkezli ve alanında uzman bir imalatçı olan SSAB şirketi, Strenx markası adı altında yüksek dayanımlı yapı çelikleri üretmektedir. Strenx 700 çelikleri S700 olarak kodlanmıştır ve S700 adı altında üretilen MC D/E, E, MC Plus, CR, CR W, HR W, OME ve P700 serileri mekanik özellikler, kimyasal bileşimler ve kullanım alanları bakımdan farklılıklar göstermektedirler. Çeliklerde su soğutmalı termomekanik işlemler, yüksek dayanımlı düşük alaşımlı çeliklerin tane inceltme yoluyla yüksek mukavemet ve yüksek tokluk değerleri kazandırılmasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. S700 serisi çelik levhalar da termomekanik kontrollü haddeleme yöntemiyle üretilmektedir. Bu sayede mikroyapı düzeyinde, düzgün sıralı halde ve ince taneli olarak dizilmiş yapılar elde edilir ve böylece yüksek tokluk değerlerine ulaşılır. S700 çeliklerinin 700 MPa ve üzeri akma dayanımlarına sahip olmaları, daha yüksek performanslı tasarımlara ve yük taşıma kapasitesinin artmasına olanak tanır. Akma dayanımının yüksek olması sayesinde daha küçük kesit alana sahip çelik yapılar kullanılarak ağırlıkta neredeyse %40'a varan düşüşler elde edilebilir. S700 çeliklerinin yüksek mukavemet/ağırlık oranlarına sahip olmalarından ötürü tasarımcılar tarafından son zamanlarda daha çok tercih edilmektedir. Genelde zorlu yük taşıma koşullarında, yüksek çalışma basıncının olduğu durumlarda, denizcilik, inşaat ve savunma sanayi sektörlerinde S700 çeliklerinin kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, yüksek dayanımlı yapı çelikleri olarak bilinen S700 çeliği ve serileri hakkında kapsamlı bilgiler verilmiştir. S700 çeliklerinin üretim yöntemleri, kullanım alanları, yapısındaki alaşım elementlerinin etkisi, mekanik ve kimyasal özellikleri detaylı olarak açıklanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Yüksek dayanımlı çelikler, Strenx 700, S700, termomekanik kontrollü haddeleme, ince taneli yapılar, ekstrem koşullar.

A GENERAL OVERVIEW OF STRENX 700 (S700) HIGH STRENGTH STRUCTURAL STEELS

ABSTRACT
Thanks to technological developments in the iron and steel production industry in recent years, steel materials with the desired mechanical properties can be offered to designers. The popularity of steels produced specifically for situations requiring demanding load-carrying properties under extreme conditions and high impact toughness is increasing day by day.

SSAB, a Swedish-based manufacturer specializing in its field, produces high-strength structural steels under the Strenx brand. Strenx 700 steels are coded as S700 and the MC D/E, E, MC Plus, CR, CR W, HR W, OME and P700 series produced under the name S700 differ in terms of mechanical properties, chemical compositions and areas of use. Water-cooled thermomechanical processes in steels are widely used methods for imparting high strength and high toughness values to high strength low alloy steels through grain refinement. S700 series steel plates are also produced by thermomechanically controlled rolling method. In this way, at the microstructure level, well-ordered and fine-grained structures are obtained, thus achieving high toughness values. S700 steels have yield strengths of 700 MPa and above, allowing for higher performance designs and increased load carrying capacity. Thanks to the high yield strength, weight reductions of up to 40% can be achieved by using steel structures with smaller cross-sectional areas. S700 steels have recently become more preferred by designers due to their high strength/weight ratio. The use of S700 steels is increasing day by day, especially in difficult load-carrying conditions, high working pressures, in the maritime, construction and defense industries. In this study, comprehensive information is given about S700 steel and its series, known as high strength structural steels. The production methods of S700 steels, their areas of use, the effects of alloying elements in their structure, and their mechanical and chemical properties are explained in detail.
Keywords: High strength steels, Strenx 700, S700, thermomechanically controlled rolling, fine grain structures, extreme conditions.

1.GİRİŞ

Akma dayanımı 460 MPa'dan yüksek olan çeliklere yüksek dayanımlı çelikler denir. Bu sınıf çelikler yüksek mukavemet/ağırlık oranlarına sahiptirler. Bu özellikleri sebebiyle yapı malzemesi olarak yumuşak çeliklere nazaran daha çok tercih edilirler. Yüksek dayanımlı çeliklerin tasarımlarda tercih edilmesi, daha küçük boyutlarda imalatlara imkan tanır. Böylece malzeme tasarrufu ile ağırlıktan tasarruf sağlar [1]. Bu çeliklerin birleştirmesinde genellikle kaynak yöntemleri (Şekil 1) kullanılır [2]. S700 çeliğinin kaynağı sırasında karşılaşılan en önemli sorun, ısıdan etkilenen bölgede (IEB) yüksek sıcaklıktaki iri tanelerin bulunmasıdır. IEB'de iri tanelerin bulunması malzemenin mukavemet değerlerinde kötüleşmeye sebep olmaktadır [3].



Şekil 1. İki adet S700MC levhanın kaynakla birleştirilmesi

Górka, ısıl işlem sonrasında S700MC çeliğinde meydana gelen yapısal ve mekanik özelliklerdeki değişimleri incelemiştir. S700MC çeliğini 100 °C'den başlayarak 1300 °C'ye kadar 100'er derece aralıklarla ısıtarak tavlamıştır. Daha sonrasında çekme, darbe ve sertlik testlerine tabi tutmuştur. Çalışmasının sonunda, 600 °C'ye kadarki sıcaklıklarda malzeme yapısında göz ardı edilecek kadar az değişimler olduğunu keşfetmiştir. 700-1000 °C arasında mikroyapı ferritik-perlitik hale dönüşmüş, 1000 °C üzerine çıkıldığında ise tanelerde belirgin şekilde büyümeler olduğunu gözlemlemiştir. Bu artışlarla doğru orantılı olarak da sertlik ve çekme dayanımında önemli derecede düşüşler meydana geldiğini belirtmiştir. Sonuç olarak, S700MC çeliği için 600 °C üzerindeki sıcaklıklarda mekanik özelliklerin olumsuz etkilendiğini bildirmiştir [4]. Literatürde S700 çelikleriyle ilgili yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar genellikle S700 çeliklerinin farklı üretim yöntemleriyle kesilmesindeki performans çıktıları ve S700 çeliğinin kaynak edilebilirliğini araştırma üzerinedir. Örneğin; Gür ve arkadaşı, 10 mm kalınlıktaki S700MC malzemeye alın birleştirme yöntemiyle (Metal Active Gas) MAG kaynağı yaparak sertlik ve tokluğa olan etkilerini incelemişlerdir. MAG kaynak işleminden sonra ısı tesiri altındaki bölge (ITAB) ve mikroyapı incelemeleri, vickers sertlik ölçümleri ve çentik darbe testlerini yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlardan, ITAB'ın diğer kaynak bölgelerine kıyasla en düşük sertlik değerlerine sahip olduğunu keşfetmişlerdir. Buna karşın, aynı bölgede çentik darbe testlerinde en yüksek enerji emilimini gözlemlemişlerdir. Bu bulguyla, kaynak sırasında ITAB'da gerçekleşen ısıl çevrimlerin, S700MC çeliğinin bainitik-ferritik mikro yapısında yumuşamaya yol açtığı ve bunun sonucunda malzemenin sertliğinin azalarak sünekliğinin arttığı sonucuna varmışlardır. Bu tür çeliklerin kaynaklı imalatında ısı girdisinin, soğuma hızının ve ön tavlama sıcaklığının dikkatle seçilmesinin, kaynak sonrası mekanik performansın korunması açısından kritik önem arz ettiğini belirtmişlerdir [5].

Jaemsang ve arkadaşları, S700 MC çeliğin lazer ışınıyla kesim işleminde kesim parametrelerini değiştirerek kesim kalitesini incelemişlerdir. Çalışmalarında, kesme hızı, gaz basıncı ve lazer gücünü değiştirerek kesmeler yapmışlar ve elde ettikleri sonuçlarla Gri İlişkisel Analiz yöntemini kullanmışlardır. Deneysel çalışma sonuçlarından, 2600 W lazer gücü, 1500 mm/min kesme hızı ve 0,06 bar gaz basıncını optimum değerler olarak belirlemişlerdir. Optimum parametrelerle yaptıkları lazer kesim işlemi sonrasında, kerf genişliğini yaklaşık 0,696 mm ve yüzey pürüzlülüğünü ise yaklaşık olarak 3,87 µm olarak ölçmüşlerdir. S700 MC çeliğinin lazer ile kesiminde işleme parametrelerinin optimizasyonunun mekanik ve geometrik kaliteye doğrudan etki ettiğini belirtmişlerdir [6]. Lipiäinen ve arkadaşları, S700MC malzemenin CO_2 lazer, fiber lazer ve plazma kesim ile kesme işlemleri yaparak kesim yöntemlerinin kesim kenarındaki yorulma dayanımlarına olan etkilerini incelemişlerdir. Deney sonuçlarından, kesim bölgelerinde mikro yapının değiştiğini, IEB'de sertlik değişimi ve kesim yöntemine bağlı olarak kalıntı çekme gerilmelerinin oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Bu etkileri, yorulma dayanımını doğrudan etkileyen faktörler olarak değerlendirmişlerdir. Lazer ışını ile kestikleri numunelerde plazma ile kestiklerine kıyasla daha yüksek yorulma dayanımı gözlemlemişlerdir. Lazer kesimde daha dar bir ITAB ve daha düzgün bir kenar geometrisi elde etmişlerdir. Kenar kalitesi ve yüzey pürüzlülüğü ile yorulma dayanımının ters orantılı olduğu sonucuna varmışlardır. Yorulma dayanımını artırmak için kesim işlemi sonrası parça üzerinde kumlama, taşlama gibi işlemlerin yapılarak yorulma dayanımının artırılabileceğini belirtmişlerdir [7]. Pokropek ve arkadaşları, S700MC malzemenin haddeleme yönü ve yükleme koşullarının mekanik özellikler üzerindeki etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında, kontrollü termomekanik haddeleme yöntemiyle üretilen ince taneli ferrit-bainit mikroyapının, malzemede anizotropik davranışa sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Deneysel çalışmalarının sonuçlarına göre, çekme ve akma dayanımları haddeleme yönüne paralel kestikleri numunelerde dik kestikleri numunelere göre %6–7 daha yüksek olduğunu keşfetmişlerdir. Dinamik yükleme koşullarında ise malzemenin taşıma kapasitesinde %10'dan fazla artış gözlemlemişlerdir. Gözlemlerine göre, çeliğin şekil değiştirme hızına duyarlı olduğu sonucuna varmışlardır. Yüksek hızda yaptıkları haddelemelerde, süneklikte azalma ve gevrek kırılma eğilimlerinin ortaya çıktığını gözlemlemişlerdir. Çalışmaların sonucunda, S700MC çeliğinde haddeleme yönünün doğru seçiminin ve üretim sürecinde mikroyapısal kusurların azaltılmasının, yüksek dayanım gerektiren dinamik uygulamalarda malzemenin performansını önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir [8].

Nový ve arkadaşları, Strenx 700MC çeliğinin MAG kaynak yöntemiyle birleştirerek kaynak bölgesinde ultrasonik darbe işleminin çelikteki yorulma dayanımına etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmaların esas amacını, kaynak sonrası oluşan çekme gerilmelerini baskı gerilmelerine dönüştürerek yorulma ömrünü iyileştirmek olarak belirtmişlerdir. Deneylerinde 85N, 135N ve çift geçişli 2x85N olarak üç farklı UIT (Ultrasonic Impact Treatment) kullanmışlardır. İşlem sonrasında yüzeyde oluşan kalıcı gerilmeleri X-ışını yöntemiyle ölçmüşlerdir. Yorulma testleri R = -1 yük oranı ve yaklaşık 20 Hz frekansta döner bükme prensibinde yapmışlardır. Kaynak işleminden sonra yüzeyde oluşan çekme kalıcı gerilmelerinin, UIT işlemi sonrasında baskı gerilmelerine dönüştüğünü gözlemlemişlerdir. Etkin derinliği 1 mm ve maksimum baskı gerilmesi -400 MPa ile -800 MPa arasında ölçmüşlerdir. As-kaynaklı numunelerde 10^8 döngü için yorulma limiti yaklaşık 370 MPa iken, çift geçişli UIT (2×85 N) uygulamasıyla bu değeri yaklaşık 410 MPa'a çıkararak %11 oranında artış sağlamışlardır. Tek geçişli 85 N uygulamasının sınırlı bir iyileşme sunduğunu, 135 N'lik yüksek enerjili işlemin ise yüzeyin aşırı pürüzlenmesi nedeniyle yorulma dayanımını yalnızca 380 MPa seviyesine yükseltebildiğini keşfetmişlerdir. En iyi etkinin, yüzeyde aşırı plastisite oluşturmadan yeterli baskı gerilmesi sağlayan uygun UIT koşullarında elde edildiğini belirtmişlerdir. Kırılma yüzeyini incelediklerinde kaynaklı numunelerde çatlakların çoğunun ITAB çevresinde ve yüzeyden başladığını gözlemlemişlerdir. UIT uyguladıkları numunelerde ise çatlakların iç bölgelerdeki kaynak arayüzeyi etrafında oluştuğunu belirtmişlerdir. Strenx 700MC gibi yüksek dayanımlı çeliklerin kaynak bölgelerinde doğru UIT parametrelerin seçimiyle yorulma dayanımının artırılabileceğini bildirmişlerdir. Özellikle çift geçişli UIT parametrede yüksek baskı gerilmesi üretmesi ve yüzey pürüzlülüğünü kontrol altında tutması sebebiyle en verimli parametre olduğunu belirtmişlerdir [9].

Tuncel ve arkadaşı, soğuk haddelenmiş Strenx 700 CR çeliğinin Nd:YAG lazer kaynağında kaynak parametrelerinin optimizasyonunu araştırmışlardır. Strenx 700 CR çeliğinin Nd:YAG lazer kaynağıyla alın birleştirilmesinde, kaynak parametrelerinin çekme dayanımı üzerindeki etkilerini Taguchi ve ANOVA yöntemleriyle belirlemişlerdir. Optimizasyon süreçlerinde lazer güç oranı (%20, %40 ve %60), darbe süresini (2, 4 ve 6 ms) ve darbe frekansını (3, 5 ve 7 Hz) olarak ayarlamışlardır. Çekme dayanımı test sonuçlarını Taguchi metodunun 'daha büyük daha iyidir' (larger-is-better) kontrol karakteristliği ile optimize etmişlerdir. Maksimum çekme dayanımı için belirlenen en iyi parametre kombinasyonu A3B2C2 (%60 lazer gücü, 4 ms darbe süresi ve 5 Hz darbe frekansı) olarak tespit etmişlerdir. Kaynak parametrelerinin çekme dayanımına etkilerini Değişkenlerin Varyans Analizi (ANOVA) ile incelediklerinde ise çekme dayanımına en çok katkı oranının %84,26 ile lazer güç oranı olduğunu, bu faktörü %13,35 ile darbe süresinin ve %0,42 ile darbe frekansının izlediğini belirtmişlerdir. Optimizasyon sonucunda elde ettikleri optimum koşullar altında en yüksek deneysel çekme dayanımı değerini 969,33 MPa olarak ölçmüşlerdir.

Bu sonucun deney başlangıcı verisi olan 953,33 MPa'a göre %1,68'lik bir iyileşme sağladığını ve tahmini değer ile %0,81'lik bir hata ile bu lazer türünün Strenx 700 CR gibi yüksek dayanımlı çeliklerin başarılı bir şekilde birleştirilmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir [10].

Dalcin ve arkadaşları, Strenx 700MC yüksek dayanımlı çelikten imal ettikleri kare boş kesitli kolon-kiriş birleştirmelerinde kaynaklı bağlantıların statik eğilme davranışı üzerine kapsamlı bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarının temel hedefini, gazaltı metal ark kaynağı (GMAK) ile ürettikleri ve farklı ısı girdisiyle (0,3 ila 1,6 kJ/mm) çeşitli birleştirme konfigürasyonlarına sahip tam ölçekli proriplerin maksimum yük kapasitesini doğrulamak olarak açıklamışlardır. Deneysel eğilme testi sonuçları ile Sonlu Elemanlar Analizi (SEA) sonuçlarını karşılaştırarak, ısı girdisinin ve birleştirme geometrisinin nihai mukavemet değeri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmalarının sonucunda, ısı girdisi ve kaynak konfigürasyonlarının yük kapasitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. En iyi performansı 1,2 kJ/mm ısı girdisine sahip olan kaynak konfigürasyonun gösterdiğini keşfetmişlerdir. Bununla birlikte ısı girdisinin artmasının malzemenin IEB'de yumuşamaya neden olduğu belirtmişlerdir. Yüksek mukavemet sonuçları verse bile güvenli tasarım açısından 1 kJ/mm seviyesinin aşılmaması gerektiği sonucuna varmışlardır. Elde ettikleri bulgulardan, Strenx 700MC çeliğinde kolon-kiriş bağlantılarının mekanik performansının kaynak yönü, ısı girdisi ve birleştirme tasarımı gibi parametrelere yüksek derece duyarlı olduğu sonucuna varmışlardır [11].

Aksoy ve arkadaşları, STRENX 700MC ile AISI304 östenitik paslanmaz çeliğin GMAK yöntemini kullanarak birbirine kaynaklı birleşilebilirliğini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, S700MC'nin yüksek akma dayanımı ve ince taneli termomekanik yapısının, kaynak ısısı ve IEB üzerindeki etkilerini detaylı şekilde analiz etmişlerdir. Optimum mikro yapı oluşumu için ısı girdisini 10 kJ/mm olarak belirlenmişler ve mikro yapı analizlerinde S700 tarafında yaklaşık %60 bainit, %25 ferrit ve kalan kısmı tutulan östenit olarak tespit etmişlerdir. Bu dağılımın, S700'ün kaynak sonrası mekanik performansını doğrudan etkilediğini bildirmişlerdir. Kaynak işlemi öncesi ve sonrasını karşılaştırdıklarında IEB'de görülen yumuşama sebebiyle S700 çeliği sertliğinde bir miktar düşüş gözlemlemişlerdir. Mekanik testlerde ise S700 çeliğinin çekme dayanımının yaklaşık 515 MPa olduğunu ve numunelerin çoğunlukla IEB civarından kırıldığını tespit etmişlerdir. Üç noktadan eğme testlerinden elde ettikleri sonuçlara göre, S700'ün kaynak sonrası sünekliğinin azalmasına karşın plastik deformasyona karşı yeterli direnç sağladığını keşfetmişlerdir. S700 yüksek dayanımlı çeliğin doğru dolgu metali ve uygun kaynak parametreleri kullanılarak farklı metal birleşimlerinde başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır [12].

Muthukumaran ve arkadaşları, Strenx serisi yüksek dayanımlı çeliklerde kriyojenik işlemin (Deep Cryogenic Treatment – DCT) mekanik özellikler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Parametreleri Taguchi L9 deney tasarımını kullanarak optimize etmişlerdir. Araştırmalarında soğutma sıcaklığı, bekletme süresi ve ısıl çevrim gibi değişkenlerin mikro yapı ve sertlik üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. DCT sonucunda martensitik dönüşüm tamamlanarak ince ve homojen karbür çökelmelerin arttığını, bunlara bağlı olarak malzemenin sertlik ile aşınma direncinde önemli iyileşmelerin olduğunu keşfetmişlerdir. DCT sonrasında Strenx çeliklerde sertlik artışlarının %5–15, aşınma direnci artışlarının ise %20–40 seviyesinde olduğunu belirtmişlerdir. Taguchi yöntemiyle yaptıkları optimizasyon çalışmalarında "daha büyük daha iyidir" kriteri kullanarak optimum parametre kombinasyonunu (soğutma hızı, tavlama sıcaklığı ve süresi) belirlemişlerdir. Elde ettikleri deneysel sonuçları, ANOVA ile analiz ederek çekme mukavemeti üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. ANOVA sonuçlarına göre, inceledikleri faktörler arasında soğutma hızının toplam varyansa %90,42 oranında en etkili parametre olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu parametreyi %8,02 oran ile bekletme süresinin takip ettiğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlardan, yüksek dayanımlı çeliklerin ömrünü uzatmada DCT'nin etkin bir yöntem olduğunu ve doğru soğutma kinetiğinin mikroyapısal dönüşümlerdeki kritik bir rolü olduğunu keşfetmişlerdir. Yüksek dayanımlı çeliklerin performanslarında kriyojenik işlem parametrelerinin etkisinin yüksek olduğu sonucuna varmışlardır [13].

Vorkov ve arkadaşları, Strenx 700 MC ve Strenx 1300 gibi yüksek mukavemetli çeliklerin büküm yarıçapları için kuvvet, moment, temas koşulları ve yaylanma davranışlarını analitik olarak tahmin edebilen dairesel yaklaşım temelli bir model geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, büküm yarıçapı/sac kalınlığı oranının büyük olduğu durumlarda geleneksel analitik yaklaşımların yetersiz kaldığını belirtmişlerdir. Elastik-plastik deformasyon davranışını daha doğru temsil eden bir analitik yöntemi alternatif olarak sunmuşlardır. Geliştirdikleri modelin dairesel yaklaşım metodolojisinde mekanik davranışı doğru bir şekilde yansıtabilmesi için Lineer, Swift ve Aerens olmak üzere üç farklı pekleşme (hardening) yasasını formülasyona dahil etmişlerdir. Geniş yarıçaplı bükmeyi karakterize eden 3-nokta bükmeden 4-nokta bükmeye geçiş ve çoklu kırılma (multi-breakage) gibi karmaşık yükleme şemalarını da modellerine aktarmışlardır. Yine geliştirdikleri model ile Sonlu Elemanlar Analizi (SEA) tabanlı simülasyonlara düşük maliyetli, hızlı bir alternatif sunmayı başarmışlardır. Özellikle Strenx 700 MC ve Strenx 1300 gibi yüksek mukavemetli çeliklerin kalıp tasarımı sırasında karşılaşılan fazla yaylanma, yüksek bükme kuvveti gereksinimi ve kontak bölgesinin hassas geometrisi gibi kritik sorunlara çözüm sağlayabileceği sonucuna varmışlardır. Fakat model çalışmalarında, temas ve sürtünme davranışını basitleştirilmiş Coulomb sürtünmesiyle temsil ettikleri için karmaşık temas üreten ince veya yüksek mukavemetli çeliklerde hata payının arttığını belirtmişlerdir [14].

Keränen ve arkadaşları, S700 ve S960 yüksek mukavemetli çeliklerin yüksek sıcaklık ve basınç altındaki çekme testleri yaparak bu çeliklerin Eurocode 3 tasarım prosedürlerine dayalı yapı mühendisliği açısından uygunluklarını araştırmışlardır. Deneysel çalışmalarda S700 ve S960 çeliklerinin oda sıcaklığı ile 1000 °C arasındaki sıcaklıklarda çekme testlerini yapmışlardır. Bu çeliklerin yüksek sıcaklıklara karşı mukavemetli oldukları bilinmesine rağmen sıcaklık artışıyla birlikte dayanım değerlerinde düşüşler olduğunu belirtmişlerdir. 200-300 °C sıcaklıklar arasında akma dayanımında gözlemledikleri düşüşler 400 °C sıcaklıklara geldiklerinde daha hızlı bir şekilde gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Çekme dayanımının 600 °C üzerinde yaklaşık %50 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Çeliklerin süneklik değerlerinin 600 °C'ye kadar birbirine yakın değerler olarak elde etseler de bu sıcaklık eşiğini geçtiklerinde S960 çeliğinin S700'e kıyasla daha yüksek süneklik değerlerine ulaştığını keşfetmişlerdir. Yüksek mukavemetli çeliklerin yüksek sıcaklıklarda mekanik özelliklerinde kayıplar olduğunu tespit etmişlerdir. Martensitik, bainitik yapıda yumuşamaların olduğu ve bunun da tasarım kriterleri açısından olumsuz sonuçlar doğurabileceği sonucuna varmışlardır [15]. Goritskii ve arkadaşları, termomekanik haddeleme yöntemiyle üretilen %0,09 ila %0,14 ağırlıkça Ti içeren yüksek mukavemetli manganez içerikli çeliklerin darbe davranışını ve kırılma özelliklerini ayrıntılı biçimde incelemişlerdir. Çalışmalarında, S700MC ve Strenx 700 MC/MCE türündeki numunelerde, mikro yapıda yer alan titanyum ve alüminyum kaynaklı karbonitrürler ile oksit karakterli inklüzyonların, malzemenin kırılma direncine yönsel bir etki oluşturduğunu keşfetmişlerdir. Bu inklüzyonların haddeleme doğrultusunda uzaması, kırılma sırasında geniş sünek çukur oluşumlarını ve bazı numunelerde tabakalar arası ayrılma (delaminasyon) bölgelerini tetiklediği sonucuna varmışlardır. Bunun sonucu olarak enine yöndeki darbe tokluğunun belirgin bir biçimde azaldığını belirtmişlerdir. S700 çeliklerinin akma dayanımının 780–860 MPa aralığında olduğunu fakat, darbe tokluğu açısından yöne bağlılık (anizotropi) sergilediklerini bildirmişlerdir.

Anizotropi katsayısının 2 ile 11 arasında değişmesiyle bu malzemenin yükleme yönüne oldukça duyarlı bir kırılma tepkisine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bazı numunelerde enine darbe tokluğunun ciddi ölçüde düşmesini ise, mikro yapıdaki Ti(C,N) ve Al-oksit kümelerinin çatlak başlatma potansiyelinin artmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca, boyuna ve enine numunelerde ölçtükleri sünek-gevrek geçiş sıcaklıklarının 25–59 °C arasında farklılık göstermesini, kırılma davranışının haddeleme yönüne güçlü bir biçimde bağlı olduğuna bağlamışlardır. S700 sınıfı çeliklerde kırılmanın yalnızca mukavemet düzeyiyle açıklanamayacağı, kimyasal bileşimdeki bileşenlerin, inklüzyon karakterinin, tane yöneliminin ve uygulanan haddeleme koşullarının kırılma mekanizmasını belirgin şekilde şekillendirebileceği sonucuna varmışlardır. Titanyum ve alüminyumun birlikte bulunduğu mikro yapılarda, inklüzyonların büyüme eğilimi ve haddeleme sürecinde parçalanması enine yönde gevrek davranışı artıran temel etkenlerden biri olarak öne çıktığını vurgulamışlardır. Bu nedenle, S700 kalite çeliklerin kullanıldığı uygulamalarda darbe yüklerinin yönü ile sünek-gevrek geçiş karakteristiğinin mutlaka hesaba katılması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, geçiş sıcaklığının değerlendirdiklerinde T50 (9–59 °C) parametresinin daha güvenilir bir gösterge olduğunu bildirmişlerdir [16].

Curry ve arkadaşları, 3 mm kalınlığındaki Strenx 700 sınıfı yüksek dayanımlı çelik plakaların yakın alan hava patlamalarına karşı zamana bağlı yapısal tepkilerini inceledikleri kapsamlı bir deneysel çalışma yürütmüşlerdir. Strenx 700 çeliğinin test malzemesi olarak seçilmesinin nedenini, dar kimyasal bileşim toleranslarına sahip olması ve en az 700 MPa akma dayanımı sayesinde yüksek şekil değiştirme hızlarında kararlı ve tekrarlanabilir bir mekanik tepki verebilmesi olarak açıklamışlardır. Çalışmalarında kullandıkları kare çelik plakaları dört kenarından rijit bir çerçeveye sabitlenmişler ve yük uygulamadıkları arka yüzeylerinde oluşan deformasyon alanını, üç boyutlu sayısal görüntü korelasyonu (3D-SGK) yöntemi kullanılarak ayrıntılı bir şekilde ölçmüşlerdir. 3D-SGK deneylerinde küresel patlayıcı yükler uygularken, çalışmalarını destekleyen ConWep türevi (HCBD) deneylerinde 50 mm yer değiştirme mesafesinde konumlandırarak 38 mm çapındaki PE10 patlayıcılarıyla uzaysal olarak değişen özgül impuls verilerini bağımsız olarak elde etmişlerdir. 3D-SGK tekniği ile belirledikleri hız alanlarını ters dinamik analiz yöntemiyle değerlendirmişler ve plaka üzerine etki eden patlama basıncının zamansal ve mekânsal dağılımını geriye dönük olarak hesaplamışlardır. Bu yöntemle elde ettikleri özgül impuls alanını, HCBD deneylerinde ölçtükleri değerlerle yüksek düzeyde uyum gösterdiğini saptamışlardır. Özellikle plakanın merkez bölgesinde yaklaşık 7–8,5 MPa·ms arasında değişen ve kenarlara doğru 0,1 MPa·ms seviyesinin altına düşen yüksek impuls seviyelerini ve radyal dağılımı doğru şekilde yakaladıklarını keşfetmişlerdir. 3D-SGK sistemindeki yer değiştirme belirsizliğinin 0,01 mm'nin altında tutulmasın ve patlama yükü dağılımının yüksek doğrulukla yeniden oluşturulmasının mümkün olduğunu gözlemlemişlerdir. Strenx 700 plakalarının yakın alan patlama yükleri altında kararlı, tekrarlanabilir ve yüksek şekil değiştirme hızına duyarlı bir deformasyon davranışı sergilediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, 3D-SGK tabanlı ters çözüm yaklaşımının HCBD verileriyle birleştirilmesiyle gerçekçi patlama basıncı–impuls alanlarının deneysel olarak tanımlanması için güvenilir bir yöntem elde edilebileceği sonucuna varmışlardır [17].

S700 serisi çelikler sahip olduğu yüksek akma dayanımı nedeniyle işleme esnasında yüksek kesme kuvvetleri gerektiren ve takım ömrünü hızla tüketebilen bir malzeme olduğundan, daha verimli ve çevresel açıdan sürdürülebilir soğutma–yağlama tekniklerine olan ihtiyaç her geçen gün giderek artmaktadır. Bu bağlamda Usca çalışmasında, yüksek dayanım sınıfındaki S700 çeliğinin frezeleme işlemleri sırasında ortaya çıkan ısıl yükler, yüzey bütünlüğü bozulmaları ve takım aşınması gibi kritik sorunların, selüloz nanokristal (C-NC) temelli bir nanofluid kullanarak azaltmaya yönelik bir çözüm sunmayı amaçlamıştır.

Çalışmasında kullandığı nanoakışkanı, toplam sıvı hacminin binde beşi (%0,5) oranında C-NC süspansiyonu ekleyerek hazırlamıştır. Bu C-NC katkısını daha sonra sentetik yağ ile birlikte hibrit Minimum Miktarda Yağlama (çift akışlı MQL) yaklaşımında değerlendirmiştir. Yaptığı çalışmalar sonucunda elde ettiği bulgulardan, C-NC katkılı nanofluidin özellikle hibrit kullanımda S700 çeliğinin işlenebilirliğini belirgin şekilde artırdığını belirlemiştir. Çift fazlı yağlama–soğutma yaklaşımı, kuru işleme koşullarında gözlenen yüksek kesme sıcaklıklarını yaklaşık yarı yarıya azalttığını ve yüzey kalitesinde ise dikkate değer iyileşmeler sağladığını keşfetmiştir. Ayrıca takım aşınmasının yavaşlamasını ve talaş oluşumunun daha kararlı bir hâl almasını, C-NC nanofluidinin yüksek ısıl iletkenliği ve yüzeyde oluşturduğu ince yağlayıcı filmle ilişkili olduğunu saptamıştır. C-NC esaslı nanofluid ile MQL yağının birlikte kullanılmasıyla S700 gibi işlenmesi güç çeliklerde hem takım ömrünü uzattığını hem de daha stabil ve enerji açısından verimli bir üretim süreci sunduğunu tespit etmiştir [18].

S700 malzeme grubunda kaynak bölgesinin ısıl çevrim nedeniyle çekme yönünde kalıcı gerilmeler biriktirmesi, yüzey bütünlüğünün bozulması ve mikro çatlaklara uygun bir ortam oluşması sık karşılaşılan bir durumdur. Söz konusu etkiler, tekrarlı yük altında çalışan çelik bileşenlerde dayanım kaybına önemli ölçüde katkı sağlar. Ultrasonik Darbe İşlemi (UDI) ise kaynak yüzeyinde kontrollü plastik şekil değiştirme oluşturarak bu bölgeyi sıkıştırma yönlü kalıcı gerilmelerle güçlendiren, yüzey sertliğini artıran ve çatlak başlangıcını geciktirme potansiyeli taşıyan bir yüzey işlem metodudur. Cong ve arkadaşları, S700 sınıfı yüksek dayanımlı yapı çeliğinden oluşturdukları kaynaklı bağlantıların yorulma davranışını, uygulanan UDI'nin farklı parametreleri üzerinden incelemişlerdir. Çalışmalarında, iki farklı işlem süresi (10 ve 15 dakika) ile iki farklı darbe genliğini (18 ve 25 mikrometre) birleştirerek dört ayrı deney uygulama seti tasarlamışlardır. Elde ettikleri deneysel bulgulardan, UDI'nin S700 çeliğinde yapılan kaynaklı birleştirmelerin yorulma ömründe belirgin bir iyileşme sağladığını keşfetmişlerdir. Özellikle darbe genliğinin yüksek seçilmesi ve işlemin daha uzun süre uygulanması, yüzeyde daha geniş bir plastik şekil değiştirme bölgesinin oluşmasına ve buna bağlı olarak yüzey sertliğinin artmasına yol açtığı sonucuna varmışlardır. Sıkıştırma yönlü kalıcı gerilmelerin daha derine nüfuz etmesiyle yorulma dayanımındaki gelişme en üst düzeye ulaştığını gözlemlemişlerdir. Mikroyapı ve kırılma yüzeylerinin detaylıca incelediklerinde, işlem görmüş numunelerde çatlakların yüzeyden değil, daha iç kesimlerden başlamaya eğilim gösterdiğini ve çatlak ilerlemesinin özellikle erken aşamalarda belirgin şekilde yavaşladığını tespit etmişlerdir. Uygun UDI parametrelerinin S700 sınıfı çeliğin kaynaklı bağlantılarında yorulma kaynaklı hasarı ciddi ölçüde azaltabildiği ve bu yönüyle yöntemin dinamik yüklerin hâkim olduğu çelik yapılarda kullanılabilecek güvenilir bir yüzey iyileştirme tekniği olduğu sonuca varmışlardır [19].

Bu çalışmada, yüksek dayanımlı yapı çelikleri olarak bilinen S700 çeliği ve serileri hakkında kapsamlı bilgiler verilmiştir. S700 çelikleriyle literatür yapılmış olan çalışmalar incelenerek S700 çeliklerinin üretim yöntemleri, kullanım alanları, yapısındaki alaşım elementlerinin etkisi, mekanik ve kimyasal özellikleri detaylı olarak açıklanmıştır.

2. S700 ÇELİKLERİN TÜRLERİ VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

S700 çelikleri yüksek dayanımlı düşük alaşımlı yapı çelikleridir. 700 MPa ve üzerinde akma dayanımına sahiptirler. Mukavemet/ağırlık oranları nedeniyle yumuşak çeliklere kıyasla daha etkili çeliklerdir. Kaynaklı imalata uygundurlar. Şekil 2'de görüldüğü levha halinde buldukları gibi çubuk, lama ve profil formları da bulunmaktadır. Sehim vermeye karşı dirençli çeliklerdir [1, 5, 20]. İsveç merkezli ve alanında uzman bir imalatçı olan SSAB şirketi, Strenx markası adı altında yüksek dayanımlı yapı çelikleri üretmektedir. S700 adı altında üretilen MC D/E, E, MC Plus, CR, CR W, HR W, OME ve P700 serileri mekanik özellikler, kimyasal bileşimler ve kullanım alanları bakımdan farklılıklar göstermektedirler [20].



Şekil 2. S700 çeliği levhalar [21]

2.1. Strenx 700MC D/E

EN 10149-2 standarttı kapsamında bulunan bu çelikler, S700MC çelik gruplarının özelliklerini karşılayan sıcak haddelenmiş yapısal çeliklerdir. Bobin, kesik bobin veya 16 metreye kadar uzunluklarda sac halinde, 2-10 mm kalınlıklarda ve 1600 mm genişliklerde bulunabilmektedir. Genelde zorlu yük taşınacak alanlarda tercih edilmektedir [20]. Tablo 1'de S700MC D/E çeliğinin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 1. Strenx 700MC D/E çeliğinin kimyasal bileşimi [20].

C (% max)	Si (% max)	Mn (% max)	P (% max)	S (% max)	Nb (% max)	V (% max)	Ti (% max)
0,12	0,21	2,10	0,02	0,01	0,09	0,2	0,15

2.2. Strenx 700 E/F

Strenx 700 E 4-160 mm kalınlıklar arasında, Strenx 700 F ise 4–130 mm kalınlıklar arasında bulunabilmektedir. Kalınlığa göre değişmekle birlikte 3350 mm'ye kadar genişliklerde ve 14630 mm'ye kadar uzunluklarda temin edilebilmektedirler. Zorlu yük taşınacak alanlar için oldukça uygundur [20]. S700 E çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Strenx 700 E/F çeliğinin kimyasal bileşimi [20].

C (%max	Si (%max	Mn (%max	P (%max	S (%max	Cr (%max	Cu (%max	Ni (%max	Mo (%max	B (%max
0,2	0,6	1,6	0,020	0,010	0,8	0,3	2,0	0,7	0,005

2.3. Strenx 700MC Plus

EN 10149-2 standarttı kapsamındadır ve Strenx 700MC çeliklerinin gereksinimlerini karşılarlar. 3-12 mm kalınlıklarda, 1525 mm'ye kadar genişliklerde ve 12,3 m'ye kadar uzunluklarda sac şeklinde bulunabilmektedirler. Strenx 700MC D/E çelikleri 3-6 mm kalınlıklarda büküm için 1,2 x t (sac kalınlığı) kadar iç radyus, 6-10 mm için 1,6 x t kadar iç radyus gereksinimi isterken, Strenx 700MC Plus çelikler 3-10 mm için 1 x t kadar ve 10-12 mm için 1,5 x t kadar iç radyus gereksinimi istemektedir.

Bu da soğuk şekil alma özelliklerinin yüksekliğini göstermektedir [20]. Tablo 3'te S700MC Plus çeliğinin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 3. Strenx 700MC Plus çeliğinin kimyasal bileşimi [20].

C (% max)	Si (% max)	Mn (% max)	P (% max)	S (% max)	Nb (% max)	V (% max)	Ti (% max)
0,12	0,25	2,10	0,02	0,01	0,09	0,2	0,15

2.4. Strenx 700 OME

Genelde denizcilik alanındaki zorlu yük taşımalarda kullanılması için geliştirilmiştir. 4-130 mm kalınlıklarda plaka olarak bulunabilmektedir. Kalınlığa göre değişmekle birlikte 3,3 m genişlik ve 14,5 m uzunluklara kadar üretilmektedirler [20]. S700 OME çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4. Strenx 700 OME çeliğinin kimyasal bileşimi [20].

C (%max	Si (%max	Mn (%max	P (%max	S (%max	Cr (%max	Cu (%max	Ni (%max	Mo (%max	B (%max
0,2	0,55	1,6	0,015	0,003	0,8	0,3	2,0	0,7	0,005

2.5. Strenx P700

Genelde yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkların olduğu ekstrem koşullarda kullanılmaktadırlar. Levha olarak 4-100 mm kalınlıklarda, 3 m genişlik ve 14 m uzunluklara kadar bulunabilmektedirler [20]. Tablo 5'te Strenx P700 çeliğinin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 5. Strenx P700 çeliğinin kimyasal bileşimi [20].

C (%ma	Si (%ma	Mn (%ma	P (%ma	S (%ma	Cr (%ma	V (%ma	Ni (%ma	Mo (%ma	B (%ma	Ti (%m
0,2	0,8	1,7	0,020	0,005	1,5	0,12	2,5	0,7	0,005	0,05

2.6. Strenx 700 CR

Soğuk haddelenmiş yüksek dayanımlı bir yapı çeliğidir. 0,7–2,1 mm kalınlıklarda, 1500 mm genişlik ve 8,5 m uzunluklara kadar bulunabilmektedir [20]. S700 CR çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6. Strenx 700 CR çeliğinin kimyasal bileşimi [20].

C (%max)	Si (%max)	Mn (%max)	P (%max)	S (%max)	Al (%max)	Nb + Ti (%max)
0,16	0,4	1,8	0,02	0,01	0,015	0,1

2.7. Strenx 700 CR W

Soğuk haddelenmiş, korozyon dirençli ve yüksek dayanımlı bir yapı çeliğidir. 0,7–2,1 mm kalınlıklarda, 1500 mm genişlik ve 8,5 m uzunluklara kadar bulunabilmektedir [20]. S700 CR W çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Strenx 700 CR W çeliğinin kimyasal bileşimi [20].

C (% max)	Si (% max)	Mn (% max)	P (% max)	S (% max)	Al (% max)	Cu (% max)	Cr (% max)
0,16	0,8	1,5	0,02	0,01	0,015	0,5	0,6

2.8. Strenx 700 HR W

Sıcak haddelenmiş ve soğuk şekillendirme için uygun, korozyon direnci yüksek bir yüksek dayanımlı yapı çeliğidir. EN 10149-2 standardı kapsamındadırlar. Bobin, dilme bobin ve sac şeklinde bulunabilmektedirler. 2-6,1 mm kalınlıklarda, 1550 mm'ye kadar genişliklerde ve 13,6 m'ye kadar uzunluklarda bulunabilmektedirler [20]. S700 HR W çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Strenx 700 HR W çeliğinin kimyasal bileşimi [20].

C (% max)	Si (% max)	Mn (% max)	P (% max)	S (% max)	Cr (% max)	Cu (% max)	Ti (% max)
0,12	0,6	2,10	0,015	0,01	1,25	0,5	0,15

3. S700 ÇELİKLERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

S700 çeliklerinin 700 MPa ve üzeri akma dayanımlarına sahip olmaları, daha yüksek performanslı tasarımlara ve yük taşıma kapasitesinin artmasına olanak tanır. Akma dayanımının yüksek olması sayesinde daha küçük kesit alana sahip çelik yapılar kullanılarak ağırlıktan tasarruf sağlanır [20].

3.1. Strenx 700MC D/E

S700MC D/E çeliğinin mekanik özellikleri Tablo 9'da verilmiştir. A_{80} değeri 3 mm altındaki kalınlıklar için geçerlidir. A_5 değeri 3 mm ve üzerindeki kalınlıklar için geçerlidir. S700MC D/E çeliğinin darbe özellikleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9. Strenx 700MC D / E çeliğinin mekanik özellikleri [20].

Kalınlık t (mm)	Akma dayanımı R_{eH} (min. MPa)	Çekme dayanımı R_m (MPa)	Uzama A_5 (min. %)	Uzama A_{80} (min. %)	90°'lik büküm için min. $R_{iç}$
2,00 – 3,00	700	750 - 950	12	10	0,8×t
3,01 – 6,00	700	750 - 950	12	-	1,2×t
6,01 – 10,00	700	750 - 950	12	-	1,6×t

Tablo 10. Strenx 700MC D / E çeliğinin darbe özellikleri [20].

Ürün	Min. boyuna test. darbe enerjisi Charpy V 10x10 mm test örnekleri
Strenx 700MC D	40 J /-20 °C
Strenx 700MC E	27J / -40 °C

3.2. Strenx 700 E/F

Strenx 700 E/F çeliğinin mekanik özellikleri Tablo 11'de verilmiştir. Strenx 700 E/F çeliğinin darbe özellikleri Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 11. Strenx 700 E/F çeliğinin mekanik özellikleri [20].

Kalınlık t (mm)	Akma dayanımı $R_{p0,2}$ (min MPa)	Çekme dayanımı R_m (MPa)	Uzama A_5 (min %)
4,0 – 53,0	700	780 - 930	14
53,1 – 100,0	650	780 - 930	14
100,1 – 160,0	650	710 - 900	14

Tablo 12. Strenx 700 E/F çeliğinin darbe özellikleri [20].

Ürün	Min. çapraz test. darbe enerjisi, Charpy V 10x10 mm test örnekleri
Strenx 700 E	69 J /-40 °C
Strenx 700 F	27J / -60 °C

3.3. Strenx 700MC Plus

Strenx 700MC Plus çeliğinin mekanik özellikleri Tablo 13'te ve darbe özellikleri Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 13. Strenx 700MC Plus çeliğinin mekanik özellikleri [20].

Kalınlık t (mm)	Akma dayanımı $R_{p0,2}$ (min. MPa)	Çekme dayanımı R_m (MPa)	Uzama A_5 (min. %)	90°'lik büküm için min. $R_{iç}$
3,0 – 10,0	700	750 – 950	13	1,0×t
10,1 – 12,0	700	750 – 950	13	1,5×t

Tablo 14. Strenx 700MC Plus çeliğinin darbe özellikleri [20].

Ürün	Min. boyuna test. darbe enerjisi Charpy V 10x10 mm test örnekleri
Strenx 700MC Plus	40 J /-60 °C

3.4. Strenx 700 OME

Strenx 700 OME çeliğinin mekanik özellikleri Tablo 15'te ve darbe özellikleri ise Tablo 16'da verilmiştir [20].

Tablo 15. Strenx 700 OME çeliğinin mekanik özellikleri [20].

Kalınlık t (mm)	Akma dayanımı $R_{p0,2}$ (min. MPa)	Çekme dayanımı R_m (MPa)	Uzama A_5 (min. %)
4,0 – 130,0	700	780 – 930	14

Tablo 16. Strenx 700 OME darbe özellikleri [20].

Ürün	Min. çapraz test. darbe enerjisi, Charpy V 10x10 mm test örnekleri
Strenx 700 OME	69 J /-40 °C

3.5. Strenx P700

Strenx P700 çeliğinin mekanik özellikleri Tablo 17'de verilmiştir. Strenx P700, EN 10028-6 kapsamındaki P690Q, P690QH, P690QL1 ve P690QL2 gerekliliklerini karşılayan ve aşan dört sınıfta sunulmaktadır. Strenx P700 çeliğinin darbe özellikleri Tablo 18'de verilmiştir [20].

Tablo 17. Strenx P700 çeliğinin mekanik özellikleri [20].

Kalınlık t (mm)	Akma dayanımı $R_{p0,2}$ (min. MPa)	Çekme dayanımı R_m (MPa)	Uzama A_5 (min. %)
4,0 – 50,0	700	770 – 940	14
50,1 – 100,0	670	770 – 940	14

Tablo 18. Strenx P700 çeliğinin darbe özellikleri [20].

Gereksinimleri karşılanan ve aşılan ürünler	Min. çapraz test. darbe enerjisi, Charpy V 10x10 mm test örnekleri
P690Q, P690QH	69J / -20 °C
P690QL1	69J / -40 °C
P690QL2	27J / -60 °C

3.6. Strenx 700 CR

Strenx 700 CR çeliğinin mekanik özellikleri Tablo 19'da verilmiştir [20].

Tablo 19. Strenx 700 CR çeliğinin mekanik özellikleri [20].

Akma dayanımı $R_{p0,2}$ (min. MPa)	Çekme dayanımı R_m (MPa)	Uzama A_{80} (min. %)	90°'lik büküm için min. iç bükme $R_{iç}$
700	1000 - 1200	7	2,0×t

3.7. Strenx 700 CR W

Strenx 700 CR W çeliğinin mekanik özellikleri Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Strenx 700 CR W çeliğinin mekanik özellikleri [20].

Akma dayanımı $R_{p0,2}$ (min. MPa)	Çekme dayanımı R_m (MPa)	Uzama A_{80} (min. %)	90°'lik büküm için min. İç bükme $R_{iç}$
700	1000 - 1200	7	2,0xt

3.8. Strenx 700 HR W

Strenx 700 HR W çeliğinin mekanik özellikleri Tablo 21'de ve darbe özellikleri ise Tablo 22'de verilmiştir [20].

Tablo 21. Strenx 700 HR W çeliğinin mekanik özellikleri [20].

Kalınlık t (mm)	Akma dayanımı $R_{p0,2}$ (min. MPa)	Çekme dayanımı R_m (MPa)	Uzama A_5 (min. %)	90°'lik büküm için min. iç bükme $R_{iç}$
3,0 – 6,0	700	750 - 950	12	1,2×t
6,1	700	750 - 950	12	1,6×t

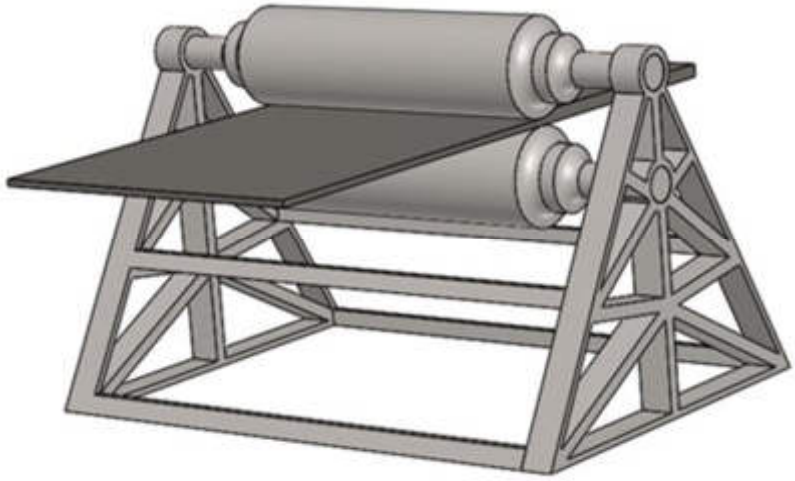
Tablo 22. Strenx 700 HR W çeliğinin darbe özellikleri [20].

Ürün	Min. boyuna test. darbe enerjisi Charpy V 10x10 mm test örnekleri
Strenx 700 HR W	40 J /-20 °C

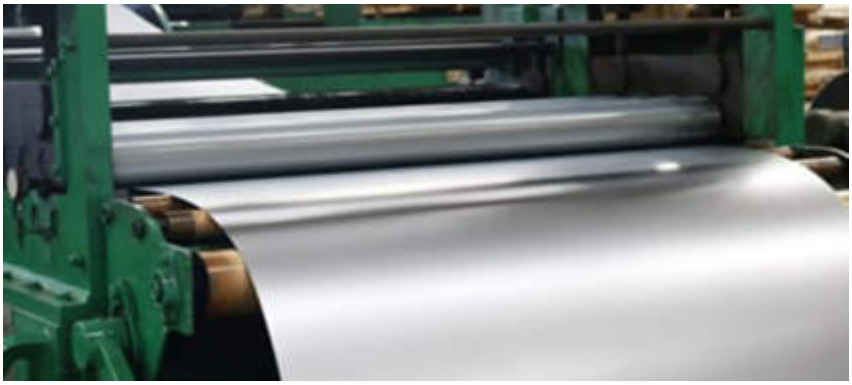
4. S700 ÇELİKLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

S700MC gibi yüksek dayanımlı düşük alaşımlı çelikler genellikle termomekanik kontrollü haddeleme yöntemiyle üretilmektedirler. Çeliklerde su soğutmalı termomekanik işlemler, yüksek dayanımlı düşük alaşımlı çeliklerin tane inceltme yoluyla yüksek mukavemet ve üstün tokluk elde etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kontrollü haddeleme sonrasında doğrudan su püskürtme uygulaması tane inceltilmesini sağlamaktadır. Tane inceltme için diğer yöntemler arasında soğuk haddeleme sonrası tavlama veya sıcak haddeleme de yer almaktadır [22, 23].

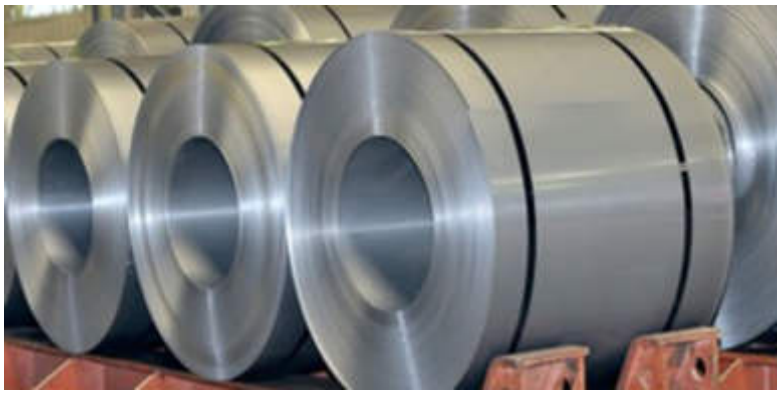
Üretim esnasında sıcaklık metalin kristalleşme sıcaklığının üzerinde ise sıcak haddeleme olarak adlandırılmaktadır [24]. Bir malzeme plastik şekil değişimine maruz kaldıktan sonra bir saat içerisinde yeniden kristalleşmesini tamamladığı sıcaklığa yeniden kristalleşme sıcaklığı denmektedir. Yeniden kristalleşme sıcaklığının altında yapılan haddeleme işlemine de soğuk haddeleme denmektedir. Soğuk haddeleme oda sıcaklığında yapılmaktadır [25]. Şekil 3'te soğuk haddeleme yönteminin şematik gösterimi verilirken haddeleme sonrası üretilen sac (Şekil 4) daha sonra rulo halinde sarılması Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Soğuk haddeleme operasyonunun şematik gösterimi



Şekil 4. Soğuk haddeleme işlemini [26]



Şekil 5. Haddeleme sonrası rulo olarak depolanan sac [27]

5. S700 ÇELİKLERİNDE BULUNAN ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİLERİ

Çelikler içerisinde bulunan alaşım elementleri çeliklerin kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Her elementin alaşım metaline farklı özelliklerde katkısı vardır. Bazı elementler mekanik özelliği iyileştirirken diğer bazı elementler işlenebilirlik üzerine etki ederler.

5.1 Cr (Krom)

Cr, ilave edildiği çeliğin sertliğini artırmakta ve tane yapılarında incelme sağlamaktadır [28]. Ayrıca, yapıda Cr artışıyla birlikte yüzey sertliği artmakta ve buna bağlı olarak aşınma direnci de artmaktadır. Fakat, Cr artışı matris içerisinde karbür veya karbonitrid çökeltilerin oluşumuna neden olmaktadır. Bu da mikro yapıda gevrek bölge oluşmasına, çatlak ilerlemesi ve toklukta olumsuzluklara neden olmaktadır [29].

5.2 C (Karbon)

Çelikteki C oranı arttıkça dayanım artmakta fakat, gevreklik arttığı için uzama (süneklik) azalmaktadır [30]. C oranı artışı martenzit fazının sertliğini ve hacim oranını artırmakta ve böylece akma dayanımı ve çekme dayanımını artırmaktadır [31].

5.3 S (Kükürt)

Çelikte kükürt genellikle MnS (manganez sülfür) inklüzyonlar (yabancı parçacıklar) şeklinde yer almaktadır. Kükürt oranı arttıkça bu inklüzyonların boyutu ve sayısı artar, bu durum ise çeliğin tokluk ve sünekliğini düşürmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda çeliğin gevrekleşmesi ve çatlamaya eğimli hale gelmesi riskini artırmaktadır [32].

Düşük kükürt içeriği ise homojen mikroyapı, yüksek darbe dayanımı ve iyileştirilmiş kaynaklanabilirlik özelliği sağlamaktadır [33].

5.4 Mn (Mangan)

Çeliklerde mangan oranının artmasıyla çekme dayanımı ve aşınma direncinin yükseldiği fakat, yüksek Mn oranlarının tane büyümesine neden olarak çeliğin tokluğunu düşürdüğü bilinmektedir. Düşük Mn içeriğinde ise östenitik faz kararlılığı azaldığından süneklik düşmektedir [34].

5.5 Si (Silisyum)

Silisyum ilavesi çeliklerin çekme dayanımını artırmaktadır. Fakat, Si oranının aşırı artması darbe tokluğu ve sünekliği olumsuz yönde etkilemektedir. Optimum Si içeriği, çelikte hem mukavemet hem de tokluk açısından denge sağlamak amacıyla kritik önem arz etmektedir [35].

5.6 P (Fosfor)

Fosfor genellikle ‘’istersiz alaşım elementi’’ ya da kontrol edilmesi gerekli olan katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir [36]. Çeliklerde fosfor içeriği arttıkça çekme ve akma dayanımı artar ve sertlik yükselir. Fakat, fazla fosfor düşük sıcaklıklarda ve yüksek dayanımlı çeliklerde, tane sınırında yapısal zayıflıklara yol açarak darbe tokluğu ve süneklik üzerinde olumsuz etkiler yapmaktır [37].

5.7 Cu (Bakır)

Çeliklerde korozyon direncini artırmaktadır [38]. Sertliği artıran bir elementtir. Sünekliği olumsuz yönde etkilemektedir. Kaynak edilebilirliği artırır [39].

5.8 Ni (Nikel)

Ni, çeliklerde korozyon direncini artırmaktadır [38]. Nikel aynı zamanda ferrit fazını sertleştirerek çeliğin çekme dayanımını ve düşük sıcaklıkta tokluğunu artırmaktadır [40].

5.9 Mo (Molibden)

Çeliklerde korozyon direncini artırmaktadır [38]. Çeliklerin akma ve çekme dayanımını yüksek sıcaklık performansı ve kaynaklanabilirlik özelliklerini geliştiren temel alaşım elementidir [41].

5.10 Al (Alüminyum)

Al, çeliklerde yaygın olarak kullanılan bir alaşım ve deoskidasyon (oksijenden arındırma) elementidir. Hem mikroyapıyı hem de mekanik özellikleri çeşitli şekillerde etkilemektedir. Al ilavesi sonucunda oluşan alümina (Al_2O_3) partikülleri tane sınırlarını güçlendirerek akma ve çekme dayanımlarında belirli bir artışa neden olabilir. Bununla birlikte Al oranının aşırı artması, sert ve gevrek oksit inklüzyonlarının çoğalmasına neden olmaktadır [42]. Düşük oranlarda Al takviyesi çeliğin oksijen içeriğini azaltarak temizliğini artırmakla beraber ince taneli bir mikroyapı oluşturmaktadır [43].

5.11 B (Bor)
Bor, çeliklerde çok düşük oranlarda (%0,0005 - %0,003) ilave edildiğinde sertleşebilirliği anlamlı şekilde artırabilen bir alaşım elementidir [44]. Bor atomları özellikle öncü östenit tane sınırlarına veya dislokasyon bölgesi çevresine segregasyon (alaşım elementlerinin ayrışması) yaparak ferrit ve perlit oluşumunu geciktirir. Bu durum, çeliğin daha derin sertleşmesine (martenzit dönüşümüne) neden olur [45].

5.12 Nb (Niobyum)
Niobyum, çeliklerde östenit tane büyümesini engelleyerek ince taneli bir mikroyapı oluşturur. Bu tane incelmesi çeliğin akma ve çekme dayanımı artırır [46]. Nb'nin kuvvetli karbür oluşturma eğilimi, karbon atomlarını karbür halinde bağladığı için çeliğin sertleşebilirliğini (su verme sonucu ortaya çıkan sertleşme derinliğini) düşürür [47].

5.13 V (Vanadyum)
Vanadyum, çeliklerde ısıl işlem sırasında tane büyümesini engelleyerek ince taneli bir yapı oluşturmaktadır. Böylece akma ve çekme dayanımını artırmaktadır [48]. Yüksek sıcaklıklarda çalışan çeliklerde vanadyum sayesinde yüksek sıcaklık dayanımı artmaktadır [49].

5.14 Ti (Titanyum)
Titanyum, çeliklerde düşük oranlarda kullanıldığında karbür ve nitrür oluşturacak sert fazlar oluşturur ve çeliğin sertliğini artırır [50]. Ayrıca, östenitik tane büyümesini engelleyerek ince taneli mikroyapı oluşturur ve bu da çeliğin mekanik dayanımını iyileştirmektedir [51].

6. S700 ÇELİKLERİNİN ENDÜSTRİYEL KULLANIM ALANLARI
S700 çeliği endüstride birçok alanda kullanılmaktadır. Yüksek mukavemet değerleri, yüksek darbe tokluğu, şekillendirilebilirlik özelliklerinin iyi olması, kaynak işlemine elverişli olması ve hafif yapılarla yüksek kuvvetlere dayanabilmeleri sebepleri ile savunma sanayisi alanında oldukça sık kullanılmaktadır [5, 8]. Askeri araç şaseleri, askeri vinçler, hidrolik destek ayakları, roketlerin fırlatma araçları üzerindeki bağlantı aparatları gibi kısımlarda bahsedilen özellikleri sebebiyle kullanımı tercih edilmektedir [8]. S700 malzemelerdeki aşınma direnci, sehim vermeye karşı direnci ve yüksek darbe tokluk özellikleri sebebiyle tarım alanındaki ekipman üretiminde de kullanılmaktadır. Şekil 6-12'de S700 çeliklerinin kullanım alanlarına örnekler verilmiştir.



Şekil 6. 6x6 insansız kara aracının gövde sacında S700 çeliği kullanımı



Şekil 7. Savunma sanayide hidrolik destek ayaklarında S700 kullanımı [52]



Şekil 8. Askeri bir araçtaki şase bölgesinde S700 kullanımı [53]



Şekil 9. Askeri bir araçta vinç ve destek ayaklarında S700 kullanımı [54]



Şekil 10. Askeri araç üzerindeki roket bağlantılarında S700 kullanımı [55]



Şekil 11. Tarım alanında kullanılan S700 çeliği bir pulluk [20]



Şekil 12. Ağır yük kaldırma ekipmanlarında S700 çelik kullanımı [20]

7. SONUÇ

Bu çalışmada, S700 serisi çeliklerle ilgili geniş çaplı bir literatür araştırması yapılmıştır. Bu araştırma neticesinde S700 çeliklerinin mekanik ve kimyasal özellikleri, üretim yöntemleri, kullanım alanları ile ilgili bilgiler derlenmiştir. Literatür araştırması neticesinde S700 çeliklerinin lazer kesim ve abkant büküm ile şekillendirilebilirlik özelliklerinin daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Uygun parametre seçimiyle kesim kalitesi, geometrik toleranslar ve IEB'nin önemli derecede iyileştiği görülmüştür. S700 çeliklerinin 600 °C ve üzerindeki sıcaklıklara çıktığında akma mukavemetinde düşüşler olduğu görülmüştür. Genel olarak yüksek akma mukavemet değerlerine sahip iken, düşük sıcaklıklarda da yüksek darbe tokluğuna sahip oldukları tespit edilmiştir. Kaynaklanabilirlik özelliklerinin iyi olduğu ve ince kesitlerle yüksek mukavemetli yapılar elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu özellikleri sebebiyle başta savunma sanayi olmak üzere otomotiv, tarım makinaları, ağır yüklere maruz kalan yapılarda oldukça sık kullanıldığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

[1] Jiang, K., Zhao, O., & Tan, K. H. (2020). Experimental and numerical study of S700 high strength steel double shear bolted connections in tension. Engineering Structures, 225, 111175.

[2] Balalan, Z., & Ekinci, Ö. (2019). Microhardness and microstructure of fiber laser welded S960 and S700 steels. International Journal of Innovative Engineering Applications, 3(1), 15-21.

[3] Skowrońska, B., Chmielewski, T., Golański, D., & Szulc, J. (2020). Weldability of S700MC steel welded with the hybrid plasma+ MAG method. Manufacturing Review, 7, 4.

[4] Górka, J. (2014). Changes in the structure and properties of the steel S700MC by heat treatment. Advanced Materials Research, 1036, 111-116.

[5] Gür, Y. & Gülenç, B. (2021). The effect of MAG weld applıed to hıgh tensıle S700MC structural steel on hardness and toughness values. Uluslararası Türk Dünyası Mühendislik ve Fen Bilimleri Kongresi, 497-504.

[6] Jaemsang, O., Kaweegitbundit, P., & Mookam, N. (2018). Optimization of laser cutting parameters on 700MC steel using Grey Relational Analysis. International Journal of Engineering and Technology, 7(4.42), 52-55.

[7] Lipiäinen, K. (2019). Fatigue of thermally cut edges on high strenght steels (Master's thesis). Lappeenranta University of Technology

[8] Pokropek, J., Kluczyński, J., Sarzyński, B., Jasik, K., Szachogłuchowicz, I., Łuszczek, J., ... ve Torzewski, J. (2025). Haddeleme yönü ve dinamik güçlendirmenin çeliğin özelliklerine etkisi. Malzemeler, 18 (16), 3808.

[9] Nový, F., Petrů, M., Trško, L., Jambor, M., Bokůvka, O., & Lago, J. (2020). Fatigue properties of welded Strenx 700 MC HSLA steel after ultrasonic impact treatment application. Materials Today: Proceedings, 32, 174-178.

[10] Tuncel, O., & Aydın, H. (2023). Optimization of Nd: YAG laser welding factors of cold rolled strenx 700 CR steel by taguchi method. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(1), 85-92.

[11] Dalcin, R. L., Nicolini, L. F., Preichardt, J. R. B., Scheuer, C. J., Lermen, R. T., & Machado, I. G. (2025). Static bending behavior of welded connections between columns-to-beam square hollow sections in Strenx® 700MC high-strength steel. Journal of Materials Engineering and Performance, 1-17.

[12] Aksoy, S., Kacar, R., Ertek Emre, H., & Nohutcu, S. (2025). Gas metal arc weldability of a Strenx 700MC-AISI304 dissimilar joint. Materials Testing, 67(5), 776-786.

[13] Muthukumaran, S., Ramarao, M., Shanmugasundaram, S., Singh, L. K., Mangrulkar, A. L., & Arunprasath, K. (2022). Parametric effect and taguchi optimization of cryogenic treatment of strenx steel. Materials Today: Proceedings, 66, 725-730.

[14] Vorkov, V., Aerens, R., Vandepitte, D., & Duflou, J. R. (2018). Analytical prediction of large radius bending by circular approximation. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 140(12).

[15] Keränen, L., Kangaspuoskari, M., & Niskanen, J. (2021). Ultrahigh-strength steels at elevated temperatures. Journal of Constructional Steel Research, 183, 106739.

[16] Goritskii, V. M., Shneiderov, G. R., & Goritskii, O. V. (2020). Effect of impact toughness anisotropy on brittle fracture resistance characteristics of high-strength steels subjected to thermomechanical treatment. Metallurgist, 64(5), 425-437

[17] Curry, R. J., Langdon, G. S., & Tyas, A. (2025). Steel plates subjected to localised blast loading: transient measurements using ultra-high-speed camera technology. Strain, 61(6), e70019.

[18] Usca, Ü. A. (2023). The effect of cellulose nanocrystal-based nanofluid on milling performance: an investigation of dillimax 690T. Polymers, 15(23), 4521.

[19] Cong, J., Gao, S., Zhou, S., Liu, Z., & Wang, N. (2025). Effects of ultrasonic impact treatment process parameters on the fatigue properties of TC4 titanium alloy laser-welded joints. Journal of Materials Engineering and Performance, 1-13.

[20] SSAB AB. (2025). SSAB – yüksek dayanımlı çelikler: sac, plaka, bobin, boru, profil. Erişim adresi: https://www.ssab.com/tr-tr

[21] Sezgin Sac (2023). S700MC 8 mm 1500x6680. https://www.sezginsac.com.tr/strenx/Strenx_700mc_5mm_1500x3030.html

[22] Dolzhenko, A., Yanushkevich, Z., Nikulin, S. A., Belyakov, A., & Kaibyshev, R. (2018). Impact toughness of an S700MC-type steel: Tempforming vs ausforming. Materials Science and Engineering: A, 723, 259-268.

[23] Tsuji, N., Ueji, R., Minamino, Y., & Saito, Y. J. S. M. (2002). A new and simple process to obtain nano-structured bulk low-carbon steel with superior mechanical property. Scripta Materialia, 46(4), 305-310.

[24] Ulaştı, E. (2018). Termomekanik haddeleme ile S700MC kalite çeliklerin üretimi ve üretim parametrelerinin mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[25] Körmükçü, B. E. (2011). Bir sıcak sac haddeleme tesisinin devreye alınması ve işletme parametrelerinin tespitİ (Yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[26] Metalurjik.com.(2025).Soğuk haddeleme işlemi. https://www.metalurjik.com/soguk-haddeleme-islemi

[27] Uslular Hadde. (2025). Rulo sac nedir? https://www.uslularhadde.com/rulo-sac-nedir

[28] Beswick, J. M. (1987). The effect of chromium in high carbon bearing steels. Metallurgical Transactions A, 18(11), 1897-1906.

[29] El-Mahallawi, I., Abdel-Karim, R., & Naguib, A. (2001). Evaluation of effect of chromium on wear performance of high manganese steel. Materials Science and Technology, 17(11), 1385-1390.

[30] Lin, T., Guo, Y., Wang, Z., Shao, H., Lu, H., Li, F., & He, X. (2018). Effects of chromium and carbon content on microstructure and properties of TiC-steel composites. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 72, 228-235.

[31] De la Concepción, V. L., Lorusso, H. N., & Svoboda, H. G. (2015). Effect of carbon content on microstructure and mechanical properties of dual-phase steels. Procedia Materials Science, 8, 1047-1056.

[32] Guo, J. et al. (2018). Effect of Sulfur Content on the Properties and MnS Morphologies of DH36 Structural Steel. Metals, 8(11), 945.

[33] Li, M.-L. et al. (2015). Effect of Sulfur Content on Sulfide Inclusions and Microstructure in Medium Carbon Steel. Chinese Journal of Engineering, 37(2), 168–174.

[34] Torabi, S., Amini, K., & Naseri, M. (2017). Investigating the Effect of Manganese Content on the Properties of High Manganese Austenitic Steels. Int. J. Adv. Des. Manuf. Technol., 10(1), 75-83.

[35] Zhang, Y. et al. (2014). Influence of silicon on the microstructures and mechanical properties of dual-phase steels. International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, 21(7), 681–689.

[36] He, Q., Liu, Y., Zhu, C., Xie, X., Zhu, R., & Li, G. (2022). Effect of Phosphorus Content on Magnetic and Mechanical Properties of Non-Oriented Electrical Steel. Materials, 15(18), 6332.

[37] Keskinkilic, E. (2020). New trends in basic oxygen furnace dephosphorization. Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy, 56(1), 1-10.

[38] Townsend, H. E. (2001). Effects of alloying elements on the corrosion of steel in industrial atmospheres. Corrosion, 57(6), 497-501.

[39] Dlouhy, J., Podany, P., & Dzugan, J. (2021). Copper-Induced Strengthening in 0.2 C Bainite Steel. Materials, 14(8), 1962.

[40] Mohrbacher, H., & Kern, A. (2023). Nickel alloying in carbon steel: fundamentals and applications. Alloys, 2(1), 1-28.

[41] Gupta, S., & Ghosh, A. (2021). Effect of Molybdenum on the Mechanical Properties and Creep Resistance of Structural Steels. Materials Today: Proceedings, 46, 1234–1240.

[42] Fan, X., Zhang, L., Ren, Y., Yang, W., & Wu, S. (2022). The Effect of Aluminum Addition on the Evolution of Inclusions in an Aluminum-Killed Calcium-Treated Steel. Metals, 12(2), 181.

[43] Kiminami, C., Zepon, G., Bolfarini, C., & ark. (2020). Influence of Al Additions on the Microstructure and Mechanical Properties of a C and Si-Free High-Mn Steel. Metals, 10(3), 352.

[44] Digges, T. G., Irish, C. R., & Carwile, N. L. (1948). Effect of boron on the hardenability of high-purity alloys and commercial steels. Journal of Research of the National Bureau of Standards, 41(6), 545-564.

[45] “Effect of boron microalloying on the structure and hardenability of building steel alloyed with Cr.” (2007). Metal Science and Heat Treatment, 49(1–2), 39-44.

[46] Khaple, S., Prakash, U., Golla, B. R., & Satya Prasad, V. V. (2020). Effect of niobium addition on microstructure and mechanical properties of Fe–7Al–0.35 C low-density steel. Metallography, Microstructure, and Analysis, 9(2), 127-139.

[47] Teixeira, J. C. G., & Darwish, F. A. I. (1981). Effect of niobium content and austenizing temperature on the fracture behavior of Niocor 2 stell (No. INIS-mf--7620).

[48] Zhang, Z., Li, P., & Wang, X. (2018). Influence of Vanadium on the Microstructure and Mechanical Properties of Medium-Carbon Steel. Metals, 8(12), 978.

[49] Chen, H., et al. (2022). Effect of Vanadium Alloying on the Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Spring Steel. Journal of Materials Science, 57, 1234-1245.

[50] Wang, S., Gao, Z., Wu, G., & Mao, X. (2022). Titanium microalloying of steel: A review of its effects on processing, microstructure and mechanical properties. Metals, 12

[51] Mao, X. (Ed.). (2019). Titanium microalloyed steel: fundamentals, technology, and products. Heidelberg: Metallurgical Industry Press.

[52] Kaplan, S. (2021, 04 Eylül). ROKETSAN'ın ALKA Yönlendirilmiş Enerji Silah Sistemi tehditlere karşı hazır. DefenceTurk. https://www.defenceturk.net/roketsanin-alka-yonlendirilmis-enerji-silah-sistemi-tehditlere-karsi-hazir

[53] Şahin, A. (2019, 23 Nisan). SEYİT 8×8 Tank Taşıyıcı Araç. SavunmaSanayiST. https://www.savunmasanayist.com/seyit-8x8-tank-tasiyici-arac/

[54] Milli Savunma. (2024). Mayına Karşı Kısmi Korumalı Kurtarıcı M4K. https://www.millisavunma.com/mayina-karsi-kismi-korumali-kurtarici-m4k/

[55] AMRDEC Public Affairs. (2015, July 16). Multi-Mission Launcher Preliminary Design Review successful.U.S. Army. https://www.army.mil/article/152399/multi_mission_launcher_preliminary_design_review_successful

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

GRAND DEĞİŞKEN ÜSLÜ LEBESGUE UZAYLARINDA KOROVKİN TİP YAKLAŞIMLARI

Duygu Kar OKUL
Haliç Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,Matematik Bölümü
ORCID: 0009-0007-9627-8216

Fatih ŞİRİN
Haliç Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,Matematik Bölümü
ORCID: 0000-0002-7144-6945

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, grand değişken üslü Lebesgue uzayları $L^{p(\cdot),\theta}$kapsamında Korovkin tip yaklaşım sonuçlarını incelemektir. Bu uzaylar, klasik Lebesgue uzaylarının ve değişken üslü Lebesgue uzaylarının bir genişlemesi olup, kritik üslü yakınındaki integrallenebilirlik davranışını düzenleyen ek bir $\theta > 0$ parametresi içerir. Bu nedenle grand değişken üslü yapılar, standart $L^{p(x)}$uzaylarına kıyasla daha zengin ve hassas bir analitik özellik gösterir.

Bu çalışmada grand değişken üslü Lebesgue uzaylarının temel özellikleri—grand modular tanımı, Luxemburg tipi norm, yoğunluk sonuçları ve temel gömme ilişkileri—ayrıntılı şekilde ele alınmıştır. Bu çalışma, söz konusu yapılar üzerine inşa edilerek Korovkin tip yaklaşım teorisinin bu genişletilmiş uzaylara nasıl uyarlanabileceğini araştırmaktadır. Hem $p(x)$üslü fonksiyonu hem de θ parametresi uzayın geometrisini etkilediğinden, klasik Korovkin yöntemlerinin doğrudan uygulanması mümkün değildir. Bu nedenle pozitif lineer operatörlerin uygun test fonksiyonlar üzerinde sağladıkları yakınsaklığın tüm uzay için yakınsaklığı garanti etmesini sağlayacak yeni kriterler elde edilmiştir.

Yapılan analiz, operatör dizilerinin grand değişken üslü yapıya uyarlanmış test fonksiyonları—genellikle $\{1, x, x^2\}$veya bunların değişken üslü karşılıkları—üzerinde yakınsaklık göstermesi hâlinde, bu yakınsaklığın tüm $L^{p(\cdot),\theta}$uzayı için geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Böylece Korovkin tip teoremlerin grand değişken üslü uzaylarda da geçerliliğini koruduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Grand değişken üslü Lebesgue uzayları, $L^{p(\cdot),\theta}$, Korovkin teoremi, yaklaşım teorisi, pozitif lineer operatörler.

KOROVKIN-TYPE APPROXIMATIONS IN GRAND VARIABLE EXPONENT LEBESGUE SPACES

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate Korovkin-type approximation results within the framework of grand variable exponent Lebesgue spaces, denoted by $L^{p(\cdot),\theta}$. These spaces extend both classical Lebesgue spaces and variable exponent Lebesgue spaces by incorporating an additional parameter $\theta > 0$, which controls the refinement of integrability near the critical exponent. Because of this structure, grand variable exponent spaces exhibit a richer and more delicate analytical behavior than standard $L^{p(x)}$spaces.

In previous sections of this work, the fundamental properties of grand variable exponent Lebesgue spaces—such as the grand modular, the Luxemburg-type norm, density results, and basic embedding relations—were introduced. Building on this foundation, the present study examines how Korovkin-type approximation theory can be adapted to this more sophisticated environment.

Since both the exponent $p(x)$and the grand parameter θinfluence the geometry of the space, classical Korovkin methods cannot be applied directly. Therefore, new criteria are established to ensure convergence of positive linear operators on suitable test functions.

The analysis shows that if an operator sequence converges on an appropriately chosen set of test functions—typically $\{1, x, x^2\}$or their suitable modifications adapted to the variable exponent structure—then the same sequence converges for all functions in $L^{p(\cdot),\theta}$. This demonstrates that Korovkin-type theorems remain valid even in the presence of the grand variable exponent structure.

The results contribute a new theoretical framework for approximation processes in non-homogeneous and refined integrability settings, which may be useful in applications such as models with varying regularity, nonlinear partial differential equations, and image processing problems involving spatially changing behaviors.

Keywords: Grand variable exponent Lebesgue spaces, $L^{p(\cdot),\theta}$, Korovkin theorem, approximation theory, positive linear operators.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THE BALANCING-JACOBSTHAL SEQUENCE MODULO *m*

Asst. Prof. Dr. Özgür ERDAĞ
Kafkas University, Fakulty of Science and Letters, Department of Mathematics
ORCID: 0000-0001-8071-6794

Prof. Dr. Ömür DEVECİ
Kafkas University, Fakulty of Science and Letters, Department of Mathematics
ORCID: 0000-0001-5870-5298

ABSTRACT
Several authors have constructed cyclic groups by employing special classes of matrices derived from homogeneous linear recurrence sequences. In the study of such groups, it is a common and effective approach to utilize the periods of the associated sequences when reduced modulo *m*. Indeed, a well-established line of research has demonstrated that the periods of recurrence sequences modulo *m* often coincide with the orders of the cyclic groups and semigroup generated by the corresponding matrices under modular reduction. This fundamental observation has motivated numerous investigations into modular periods, matrix orders, and their interconnections within algebraic structures. In the present study, we focus on the Balancing-Jacobsthal sequence and its associated generating matrix, known as the Balancing-Jacobsthal matrix. First, we examine the behavior of the Balancing-Jacobsthal numbers when the sequence is considered modulo *m*, and we analyze how these reductions reflect the structural properties of the sequence. Subsequently, we investigate the Balancing-Jacobsthal matrix under modular arithmetic and determine the semigroup generated by its multiplicative orders modulo *m*. Finally, by comparing the modular periods of the Balancing-Jacobsthal sequence with the orders of the cyclic groups arising from the Balancing-Jacobsthal matrix, we establish a precise relationship between these two invariants. This relationship illustrates how the inherent periodicity of the sequence, when reduced modulo *m*, manifests algebraically in the group structure generated by its matrix representation.
Keywords: The Balancing-Jacobsthal sequence, modulo, group.

INTRODUCTION
Erdağ and Deveci (Erdağ & Deveci, is submitted) defined the Balancing-Jacobsthal sequence $\{B_n^J\}$ by the following homogeneous linear recurrence relation:

$$B_{n+4}^J = 7B_{n+3}^J - 5B_{n+2}^J - 11B_{n+1}^J + 2B_n^J \tag{1}$$

for $n \geq 0$ and with initial conditions $B_0^J = B_1^J = B_2^J = 0$ and $B_3^J = 1$.

Also in (Erdağ & Deveci, is submitted), they gave the generating matrix of the Balancing-Jacobsthal sequence $\{B_n^J\}$ as follows:

$$Q_J^B = \begin{bmatrix} 7 & -5 & -11 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

The matrix $Q_J^B = \left[q_{ij} \right]_{4\times 4}$ is called as a Balancing-Jacobsthal matrix. By an inductive argument, we obtain that

$$\left(Q_J^B\right)^n = \begin{bmatrix} B_{n+3}^J & -7\cdot B_{n+3}^J + B_{n+4}^J & 2\cdot B_{n+1}^J - 11\cdot B_{n+2}^J & 2\cdot B_{n+2}^J \\ B_{n+2}^J & -7\cdot B_{n+2}^J + B_{n+3}^J & 2\cdot B_n^J - 11\cdot B_{n+1}^J & 2\cdot B_{n+1}^J \\ B_{n+1}^J & -7\cdot B_{n+1}^J + B_{n+2}^J & 2\cdot B_{n-1}^J - 11\cdot B_n^J & 2\cdot B_n^J \\ B_n^J & -7\cdot B_n^J + B_{n+1}^J & 2\cdot B_{n-2}^J - 11\cdot B_{n-1}^J & 2\cdot B_{n-1}^J \end{bmatrix}. \quad (2)$$

for $n \geq 2$. Also, It is easy to see that $\det\left(Q_J^B\right)^n = (-2)^n$.

The study of linear recurrence sequences within algebraic structures, particularly finite and cyclic groups, has a long and well-established history in the literature. A seminal contribution in this direction was made by Wall (Wall, 1960), who investigated the classical Fibonacci sequence in cyclic groups and demonstrated how its periodic behavior modulo *m* reflects underlying algebraic structures. This foundational work initiated a rich line of research at the intersection of recurrence theory, modular arithmetic, and group theory. Subsequent studies significantly broadened the scope of Wall's ideas by extending them to more general classes of linear recurrence sequences, including higher-order and non-classical variants. In this expanded framework, numerous authors examined the periodicity of recurrence sequences modulo m and explored their connections with finite groups and matrix representations; see, for example, (Aydın & Dikici, 1998; Campbell, Doostie, & Robertson, 1990; Deveci & Karaduman, 2017; Deveci, Aküzüm, & Karaduman, 2015; Doostie & Campbell, 2000; Knox, 1992; Lü & Wang, 2007; Wilcox, 1986). A common methodological approach in these works is the construction of cyclic groups via special matrices associated with the underlying recurrence relations. In particular, generating matrices or companion-type matrices are reduced modulo *m*, and the resulting matrix groups are studied in relation to the periods of the corresponding sequences.

Motivated by these developments, the present study focuses on the Balancing-Jacobsthal sequence, which can be regarded as a hybrid sequence synthesizing structural features of both the Balancing sequence and Jacıbsthal sequence. After establishing the fundamental properties of the Balancing-Jacobsthal sequence modulo *m*, we introduce its associated generating matrix, referred to as the Balancing-Jacobsthal matrix. We then examine the semigroup generated by this matrix under multiplication modulo *m* and determine their structural characteristics. By studying the multiplicative order of the Balancing-Jacobsthal matrix modulo *m*, we derive explicit relationships between the order of the resulting semigroup and the period of the Balancing-Jacobsthal sequence modulo *m*. This approach not only extends existing results on recurrence sequences in modular settings but also provides a unified algebraic framework that connects periodic properties of recurrence sequences with the group-theoretic structure of matrix-generated cyclic groups.

MAIN RESULTS

Given an integer matrix $A=\left[a_{ij}\right]$, $A\left(\mathrm{mod}\, m\right)$ means that each element of A are reduced modulo m, that is, $A\left(\mathrm{mod}\, m\right)=\left(a_{ij}\left(\mathrm{mod}\, m\right)\right)$. Let us consider the set $\left\langle A\right\rangle_m=\left\{A^i\left(\mathrm{mod}\, m\right)\middle|\ i\geq 0\right\}$. If $\gcd\left(m,\det A\right)=1$, then the set $\left\langle A\right\rangle_m$ is a cyclic group; if $\gcd\left(m,\det A\right)\neq 1$, then the set $\left\langle A\right\rangle_m$ is a semigroup. Let the notation $\left|\left\langle A\right\rangle_m\right|$ denote the order of the set $\left\langle A\right\rangle_m$.

Since $\det\left(Q_J^B\right)^n=(-2)^n$, the set $\left\langle Q_J^B\right\rangle_m$ is a semigroup for every positive integer m. We denote the order of $\left\langle Q_J^B\right\rangle_m$ by $\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_m\right|$.

Now we consider cyclic groups which are generated by the matrix Q_J^B.

Theorem 2.1. Let t be a prime number, and let d denote the greatest positive integer satisfying $\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_t\right|=\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_{t^d}\right|$. Then $\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_t\right|=t^{k-d}\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_{t^d}\right|$ for every $k\geq d$. In particular, if $\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_t\right|=\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_{t^2}\right|$, then $\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_t\right|=t^{k-1}\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_t\right|$ for every $k\geq 2$.

Proof. Assume that u is a positive integer and $\left|\left\langle Q_J^B\right\rangle_{t^m}\right|$ that is represented by $h\left(t^m\right)$. Since $\left(Q_J^B\right)^{h\left(t^{u+1}\right)}\equiv I\left(\mathrm{mod}\, t^{u+1}\right)$, we can write $\left(Q_J^B\right)^{h\left(t^{u+1}\right)}\equiv I\left(\mathrm{mod}\, t^{u}\right)$ where I is a 4×4 identity matrix. Thus, we obtain that $h\left(t^u\right)$ is divides $h\left(t^{u+1}\right)$. In addition, by writing $\left(Q_J^B\right)^{h\left(t^u\right)}=I+\left(\left(q_{ij}\right)^{(u)}\cdot t^u\right)$, we obtain

$$\left(Q_J^B\right)^{h\left(t^u\right)\cdot t}=\left(I+\left(\left(q_{ij}\right)^{(u)}\cdot t^u\right)\right)^t=\sum_{i=0}^{t}\binom{t}{i}\left(\left(q_{ij}\right)^{(u)}\cdot t^u\right)^i\equiv I\left(\mathrm{mod}\, t^{u+1}\right)$$

by the binomial expansion. Therefore, we deduce that $h\left(t^{u+1}\right)$ divides $h\left(t^u\right)\cdot t$. Thus, $h\left(t^{u+1}\right)=h\left(t^u\right)$ or $h\left(t^{u+1}\right)=h\left(t^u\right)\cdot t$. It is clear that $h\left(t^{u+1}\right)=h\left(t^u\right)\cdot t$ is satisfied if and only if there exists an integer $\left(q_{ij}\right)^{(u)}$ which is not divisible by t. Since v is the largest positive integer such that $h(t)=h\left(t^v\right)$, it follows that $h\left(t^v\right)\neq h\left(t^{v+1}\right)$. Then there is a $\left(q_{ij}\right)^{(v+1)}$ which is not divisible by t. Consequently, we get the conclusion that $h\left(t^{v+1}\right)\neq h\left(t^{v+2}\right)$. The proof is completed by induction on v.

□

If we reduce the Balancing-Jacobsthal sequence $\left\{B_n^J\right\}$ modulo m, taking the least nonnegative residues, we get the below recurrence sequence:

$\left\{B_n^{J,m}\right\}=\left\{B_0^{J,m},B_1^{J,m},\ldots,B_i^{J,m},\ldots\right\}$

where $B_j^{J,m}\equiv B_j^J\left(\mathrm{mod}\, m\right)$. Note that it has the same recurrence relation as in (1).

A sequence is said to be *periodic* if there exist positive integers N and k such that, for all indices $n \geq N$, the sequence satisfies $a_{n+k} = a_n$ The smallest positive integer k for which this condition holds is called the *period* of the sequence. Furthermore, if the periodicity holds from the initial term onward-that is, if $a_{n+k} = a_n$ for all $n \geq 0$-then the sequence is referred to as *simply periodic* with period k. In this case, the sequence is completely determined by its first k terms, and the entire sequence is generated by successive repetitions of this initial block.

Theorem 2.2. The sequence $\left\{B_n^{J,m}\right\}$ is periodic for every positive integer m.

Proof. Suppose that $Z = \left\{(z_0, z_1, z_2, z_3) \middle| \ z_i\text{'s are integers such that } 0 \leq z_i \leq m-1\right\}$. Because the order of Z is m^4, meaning there are m^4 distinct 4-tuples of elements of $\mathbb{Z}_m$, at least one of the 4-tuples appears twice in the sequence $\left\{B_n^J\right\}$. Thus the subsequence following this 4-tuple repeats implies that the sequence $\left\{B_n^{J,m}\right\}$ is periodic. □

The period of the sequence $\left\{B_n^{J,m}\right\}$ is denoted by $l(m)$.

From equation (2), it is clear that $l(m) = \left|\left\langle Q_J^B \right\rangle_m\right|$.

Example 2.1. The sequence $\left\{B_n^{J,3}\right\}$ is as follows:

$\{0,0,0,,1,1,2,1,0,2,1,2,2,0,0,0,1,\ldots,\}$

Since $B_{12}^{J,3} = B_0^{J,3} = 0$, $B_{13}^{J,3} = B_1^{J,3} = 0$, $B_{14}^{J,3} = B_2^{J,3} = 0$ and $B_{15}^{J,3} = B_3^{J,3} = 1$, the sequence is simply periodic with period $l(m) = 12$.

Theorem 2.3. If m has the prime factorization $m = \prod_{i=1}^{\tau} (\rho_i)^{\varepsilon_i}$, $(\tau \geq 1)$ where ρ_i's are distinct primes. Then

$$l(m) = lcm\left[l\left((\rho_1)^{\varepsilon_1}\right), l\left((\rho_2)^{\varepsilon_2}\right), \ldots, l\left((\rho_\tau)^{\varepsilon_\tau}\right)\right].$$

Proof. Because $l\left((\rho_\tau)^{\varepsilon_\tau}\right)$ **represents the period of the sequence** $\left\{B_n^{J,(\rho_\tau)^{\varepsilon_\tau}}\right\}$, the sequence repeats only after blocks of length $\lambda \cdot l\left((\rho_i)^{\varepsilon_i}\right)$, $(\lambda \in \mathbb{Z})$. In addition, $l(m)$ is the length of the period of the sequence $\left\{B_n^{J,m}\right\}$, which implies that repeats after $l(m)$ terms for all values i. Thus, $l(m)$ can be written as $\lambda \cdot l\left((\rho_i)^{\varepsilon_i}\right)$ for all values i, and since any number of this form yields a period of $\left\{B_n^{J,m}\right\}$, we obtain

$$l(m) = lcm\left[l\left((\rho_1)^{\varepsilon_1}\right), l\left((\rho_2)^{\varepsilon_2}\right), \ldots, l\left((\rho_\tau)^{\varepsilon_\tau}\right)\right]. \qquad \square$$

CONCLUSION

In this study, we examined the Balancing-Jacobsthal sequence under modular arithmetic and determined its periods modulo m. We further analyzed the associated Balancing-Jacobsthal matrix and constructed the corresponding cyclic groups by computing the multiplicative order of this matrix modulo m.

Our results show that the period of the Balancing-Jacobsthal sequence modulo *m* coincides precisely with the order of the semigroup generated by the associated matrix. This correspondence reveals a direct algebraic connection between the modular periodicity of the sequence and the structural properties of the matrix-generated semigroup, thereby enhancing the broader understanding of recurrence sequences within modular and group-theoretic frameworks.

REFERENCES

Aydın , H., & Dikici, R. (1998). General Fibonacci Sequences in Finite Groups. *Fibonacci Quarterly, 36*(3), 216-221.

Campbell, C., Doostie, H., & Robertson, E. (1990). Fibonacci Length of Generating Pairs in Groups. *In: Applications of Fibonacci Numbers*, 27-35.

Deveci, Ö., & Karaduman, E. (2017). On the Padovan p-numbers. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics, 46*(4), 579-592.

Deveci, Ö., Aküzüm, Y., & Karaduman, E. (2015). The Pell-Padovan p-sequences and its applications. *Utilitas Mathematica, 98*, 327-347.

Doostie, H., & Campbell, C. (2000). Fibonacci Length of Automorphism Groups Involving Tribonacci Numbers. *Vietnam Journal of Mathematics, 28*(1), 57-65.

Erdağ, Ö., & Deveci, Ö. (is submitted). The Balancing-Jacobsthal Sequence and Binet Formulas.

Knox, S. (1992). Fibonacci Sequencesin Finite Groups. *Fibonacci Quarterly, 30*(2), 116-120.

Lü, K., & Wang, J. (2007). k-step Fibonacci Sequences Modulo m. *Utilitas Mathematica, 71*, 169-178.

Wall, D. (1960). Fibonacci Series Modulo m. *American Mathematical Monthly, 67*(6), 525-532.

Wilcox, H. (1986). Fibonacci Sequences of Period in Groups. *Fibonacci Quarterly, 24*(4), 356-361.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THE REPRESENTATIONS AND FINITE SUMS OF THE LEONARDO-PADOVAN NUMBERS

Asst. Prof. Dr. Özgür ERDAĞ
Kafkas University, Fakulty of Science and Letters, Department of Mathematics
ORCID: 0000-0001-8071-6794

ABSTRACT
There exist numerous mathematically rich and structurally significant integer sequences, among which the Fibonacci sequence remains the most extensively examined due to its profound connections with algebra, number theory, and combinatorics. Over the years, a substantial body of research has focused on homogeneous linear recurrence sequences, addressing both their theoretical foundations and their diverse algebraic and number-theoretic properties. Within this framework, various structural characteristics-such as Binet-type closed formulas, exponential, permanental, and determinantal representations, combinatorial interpretations, and finite summation identities-have been systematically derived by employing generating matrices and generating functions constructed from algebraically reduced recurrence relations. In the present study, we investigate the Leonardo–Padovan sequence through the lens of its generating matrix, referred to as the Leonardo–Padovan matrix. This matrix serves as a fundamental algebraic tool that encapsulates the recurrence structure of the sequence. As a first step, we establish several functional and structural relationships between the Leonardo–Padovan numbers and the determinants and permanents of certain matrices derived from the generating matrix. These results illuminate deeper algebraic interactions between the sequence and specific matrix families. Subsequently, we obtain the generating function associated with the Leonardo–Padovan sequence and use it to derive an explicit exponential representation. This representation provides an alternative analytic viewpoint, highlighting additional symmetries and growth characteristics of the sequence. Finally, by exploiting the properties of the generating matrix, we develop combinatorial representations and derive finite sum formulas for the Leonardo–Padovan numbers. These results contribute to a more comprehensive understanding of the sequence by connecting its algebraic and combinatorial aspects and by offering further tools for analyzing its structural behavior within the broader theory of linear recurrence sequences.
Keywords: The Leonardo-Padovan number, matrix, representation, sum.

INTRODUCTION
The Leonardo-Padovan sequence $\left\{Le_n^{Pa}\right\}$ is defined (Erdağ & Deveci, is submitted) by the following homogeneous linear recurrence relation:

$$Le_{n+6}^{Pa}=2Le_{n+5}^{Pa}+Le_{n+4}^{Pa}-2Le_{n+3}^{Pa}-2Le_{n+2}^{Pa}+Le_{n+1}^{Pa}+Le_n^{Pa}$$

for $n\geq 0$ and with initial conditions $Le_0^{Pa}=\cdots=Le_4^{Pa}=0$ and $Le_5^{Pa}=1$.

Also in (Erdağ & Deveci, is submitted), they gave the generating matrix of the Leonardo-Padovan sequence $\left\{Le_n^{Pa}\right\}$ as shown:

$$A_{Pa}^{Le}=\begin{bmatrix}2&1&-2&-2&1&1\\1&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0\\0&0&0&1&0&0\\0&0&0&0&1&0\end{bmatrix}.$$

The matrix $A_{Pa}^{Le}=\left[a_{ij}\right]_{6\times 6}$ is said to be the Leonardo-Padovan matrix. Then, for $n\geq 4$, they obtained that

$$\left(A_{Pa}^{Le}\right)^{n}=\begin{bmatrix}Le_{n+5}^{Pa}&Le_{n+6}^{Pa}-2Le_{n+5}^{Pa}&Le_{n+7}^{Pa}-2Le_{n+6}^{Pa}-Le_{n+5}^{Pa}&Le_{n+8}^{Pa}-2Le_{n+7}^{Pa}-Le_{n+6}^{Pa}+2Le_{n+5}^{Pa}&Le_{n+4}^{Pa}+Le_{n+3}^{Pa}&Le_{n+4}^{Pa}\\Le_{n+4}^{Pa}&Le_{n+5}^{Pa}-2Le_{n+4}^{Pa}&Le_{n+6}^{Pa}-2Le_{n+5}^{Pa}-Le_{n+4}^{Pa}&Le_{n+7}^{Pa}-2Le_{n+6}^{Pa}-Le_{n+5}^{Pa}+2Le_{n+4}^{Pa}&Le_{n+3}^{Pa}+Le_{n+2}^{Pa}&Le_{n+3}^{Pa}\\Le_{n+3}^{Pa}&Le_{n+4}^{Pa}-2Le_{n+3}^{Pa}&Le_{n+5}^{Pa}-2Le_{n+4}^{Pa}-Le_{n+3}^{Pa}&Le_{n+6}^{Pa}-2Le_{n+5}^{Pa}-Le_{n+4}^{Pa}+2Le_{n+3}^{Pa}&Le_{n+2}^{Pa}+Le_{n+1}^{Pa}&Le_{n+2}^{Pa}\\Le_{n+2}^{Pa}&Le_{n+3}^{Pa}-2Le_{n+2}^{Pa}&Le_{n+4}^{Pa}-2Le_{n+3}^{Pa}-Le_{n+2}^{Pa}&Le_{n+5}^{Pa}-2Le_{n+4}^{Pa}-Le_{n+3}^{Pa}+2Le_{n+2}^{Pa}&Le_{n+1}^{Pa}+Le_{n}^{Pa}&Le_{n+1}^{Pa}\\Le_{n+1}^{Pa}&Le_{n+2}^{Pa}-2Le_{n+1}^{Pa}&Le_{n+3}^{Pa}-2Le_{n+2}^{Pa}-Le_{n+1}^{Pa}&Le_{n+4}^{Pa}-2Le_{n+3}^{Pa}-Le_{n+2}^{Pa}+2Le_{n+1}^{Pa}&Le_{n}^{Pa}+Le_{n-1}^{Pa}&Le_{n}^{Pa}\\Le_{n}^{Pa}&Le_{n+1}^{Pa}-2Le_{n}^{Pa}&Le_{n+2}^{Pa}-2Le_{n+1}^{Pa}-Le_{n}^{Pa}&Le_{n+3}^{Pa}-2Le_{n+2}^{Pa}-Le_{n+1}^{Pa}+2Le_{n}^{Pa}&Le_{n-1}^{Pa}+Le_{n-2}^{Pa}&Le_{n-1}^{Pa}\end{bmatrix}.$$

A variety of number-theoretic properties arising from homogeneous linear recurrence relations closely related to the scope of this paper have been investigated by many authors; see for example, (Alp & Koçer, 2021; Catarino & Borges, 2019; Shannon & Deveci, 2022; Shannon, Horadam, & Anderson, 2006; Soykan, 2021; Tuğlu, Koçer, & Stakhov, 2011). Moreover, several studies (Kilic, 2008; Kilic & Tasci, 2006; Kılıc, 2009; Taşçı & Firengiz, 2010), have employed generating matrices and generating functions of algebraically reduced sequences to reveal structural characteristics, including combinatorial, permanental, and exponential representations, together with finite sum expressions. In the present work, we focus on the generating matrix associated with the Leonardo-Padovan sequence, referred to as the Leonardo-Padovan matrix. By means of this matrix, we first derive connections between the Leonardo-Padovan numbers and the permanents and determinants of certain matrix families. We then obtain the generating function of the Leonardo-Padovan sequence and use it to derive an exponential representation. Finally, combining the generating matrix approach with the generating function, we establish combinatorial representations and finite sum formulas for the Leonardo-Padovan numbers.

MAIN RESULTS

Definition 1. A $u\times v$ real matrix $M=\left[m_{i,j}\right]$ is called a contractible matrix in the kth column (resp. row.) if the kth column (resp. row.) contains exactly two non-zero entries.

Suppose that $x_1,x_2,\ldots,x_u$ are row vectors of the matrix M. If M is contractible in the kth column such that $m_{i,k}\neq 0, m_{j,k}\neq 0$ and $i\neq j$, then the $(u-1)\times(v-1)$ matrix $M_{ij:k}$ is obtained from M by replacing the ith row with $m_{i,k}x_j+m_{j,k}x_i$ and the kth column. The kth column is called the contraction in the kth column relative to the ith row and the jth row.

In (Brualdi & Gibson, 1997), Brualdi and Gibson obtained that $per(M)=per(N)$ if M is a real matrix of order $\alpha>1$ and N is a contraction of M.

Now we concentrate on finding relationships among the Leonardo-Padovan numbers and the permanents of certain matrices which are obtained by using the generating matrix of the Leonardo-Padovan sequence.

Let $K_v = \left[k_{ij,v}\right]$ be the $v \times v$ super-diagonal matrix, defined by

$$k_{ij,v} = \begin{cases} 2 & \text{if } i=\eta \text{ and } j=\eta \text{ for } 1 \le \eta \le v, \\ & \text{if } i=\eta \text{ and } j=\eta+1 \text{ for } 1 \le \eta \le v-1, \\ & i=\eta \text{ and } j=\eta+4 \text{ for } 1 \le \eta \le v-4, \\ 1 & i=\eta \text{ and } j=\eta+5 \text{ for } 1 \le \eta \le v-5 \\ & \text{and} \\ & i=\eta+1 \text{ and } j=\eta \text{ for } 1 \le \eta \le v-1, \\ & \text{if } i=\eta \text{ and } j=\eta+2 \text{ for } 1 \le \eta \le v-2 \\ -2 & \text{and} \\ & i=\eta \text{ and } j=\eta+3 \text{ for } 1 \le \eta \le v-3, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

for $v \ge 6$. Then we have the following Theorem.

Theorem 1. For $v \ge 6$,

$perK_v = Le_{n+5}^{Pa}$.

Proof. Let us consider matrix K_v and the equation be hold for $v \ge 6$. Then we show that the equation holds for $v+1$. If we expand the $perK_v$ by the Laplace expansion of permanent with respect to the first row, then we obtain

$perK_{v+1} = 2perK_v + perK_{v-1} - 2perK_{v-2} - 2perK_{v-3} + perK_{v-4} + perK_{v-5}$.

Since $perK_v = Le_{n+5}^{Pa}$, $perK_{v-1} = Le_{n+4}^{Pa}$, $perK_{v-2} = Le_{n+3}^{Pa}$, $perK_{v-3} = Le_{n+2}^{Pa}$, $perK_{v-4} = Le_{n+1}^{Pa}$ and $perK_{v-5} = Le_{n}^{Pa}$, we easily obtain that $perK_{v+1} = Le_{n+6}^{Pa}$. So the proof is complete. □

Let $L_v = \left[l_{ij,v}\right]$ be the $v \times v$ diagonal matrix, defined by

$$l_{ij,v} = \begin{cases} 2 & \text{if } i=\eta \text{ and } j=\eta \text{ for } 1 \le \eta \le v-2, \\ & \text{if } i=\eta \text{ and } j=\eta+1 \text{ for } 1 \le \eta \le v-3, \\ & i=\eta \text{ and } j=\eta+4 \text{ for } 1 \le \eta \le v-4, \\ 1 & i=\eta \text{ and } j=\eta+5 \text{ for } 1 \le \eta \le v-5 \\ & \text{and} \\ & i=\eta+1 \text{ and } j=\eta \text{ for } 1 \le \eta \le v-3, \\ & \text{if } i=\eta \text{ and } j=\eta+2 \text{ for } 1 \le \eta \le v-2 \\ -2 & \text{and} \\ & i=\eta \text{ and } j=\eta+3 \text{ for } 1 \le \eta \le v-3, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

for $v \ge 6$. Then we have the following Theorem.

Theorem 2. For $v \geq 6$,
$perL_v = Le_{n+3}^{Pa}$.

Proof. Let us consider matrix L_v and the equation be hold for $v \geq 6$. Then we show that the equation holds for $v+1$. If we expand the $perL_v$ by the Laplace expansion of permanent with respect to the first row, then we obtain
$perL_{v+1} = 2perL_v + perL_{v-1} - 2perL_{v-2} - 2perL_{v-3} + perL_{v-4} + perL_{v-5}$.
Since $perL_v = Le_{n+3}^{Pa}$, $perL_{v-1} = Le_{n+2}^{Pa}$, $perL_{v-2} = Le_{n+1}^{Pa}$, $perL_{v-3} = Le_n^{Pa}$, $perL_{v-4} = Le_{n-1}^{Pa}$ and $perL_{v-5} = Le_{n-2}^{Pa}$, we easily obtain that $perL_{v+1} = Le_{n+4}^{Pa}$. So the proof is complete. □

Assume that $N_v = \left[s_{ij,v}\right]$ is the $v \times v$ matrix, defined by

$$N_v = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & \underset{\downarrow}{1} & 0 & 0 \\ 1 & & & & \\ 0 & & L_{v-1} & & \\ \vdots & & & & \\ 0 & & & & \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \quad \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \quad \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \quad \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix}$$

$(v-2)$th

for $v > 6$, then we have the following results:

Theorem 3. For $v > 6$,
$perN_v = \sum_{i=0}^{v+2} Le_i^{Pa}$.

Proof. If we extend $perN_v$ with respect to the first row, we write
$perN_v = perN_{v-1} + perL_{v-1}$
Thus, by the results and an inductive argument, the proof is easily seen. □

A matrix K is called convertible if there is an $n \times n$ $(1,-1)$-matrix L such that $perK = \det(K \circ L)$, where $K \circ L$ denotes the Hadamard product of K and L.

Now we give relationships among the Leonardo-Padovan numbers and the determinants of certain matrices which are obtained by using the matrices K_v, L_v and N_v.

Let $v > 6$ and let W be the $v \times v$ matrix, defined by

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Corollary 1. For $v>6$,
$\det(K_v \circ H) = Le_{n+5}^{Pa}$,
$\det(L_v \circ H) = Le_{n+3}^{Pa}$
and
$\det(N_v \circ H) = \sum_{i=0}^{v+2} Le_i^{Pa}$.

Proof. Since
$perK_v = \det(K_v \circ H) = Le_{n+5}^{Pa}$,
$perL_v = \det(L_v \circ H) = Le_{n+3}^{Pa}$
and
$perN_v = \det(N_v \circ H) = \sum_{i=0}^{v+2} Le_i^{Pa}$
for $v>6$ by Theorem 1., Theorem 2. and Theorem 3., we have the conclusion. □

Let $K(k_1,k_2,\ldots,k_v)$ be a $v\times v$ companion matrix as follows:

$$K(k_1,k_2,\ldots,k_v)=\begin{bmatrix} k_1 & k_2 & \cdots & k_v \\ 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

For more details on the companion type matrices, see (Lancaster & Tismenetsky, 1985; Lidl & Niederreiter, 1986).

Theorem 4. (Chen & Louck, 1996) The (i,j) entry $k_{i,j}^{(n)}(k_1,k_2,\ldots,k_v)$ in the matrix $K^n(k_1,k_2,\ldots,k_v)$ is given by the following formula:

$$k_{i,j}^{(n)}(k_1,k_2,\ldots,k_v)=\sum_{(t_1,t_2,\ldots,t_v)} \frac{t_j+t_{j+1}+\cdots+t_v}{t_1+t_2+\cdots+t_v}\times\binom{t_1+\cdots+t_v}{t_1,\ldots,t_v}k_1^{t_1}\cdots k_v^{t_v} \qquad (1)$$

where the summation is over nonnegative integers satisfying $t_1+2t_2+\cdots+vt_v=n-i+j$, $\binom{t_1+\cdots+t_v}{t_1,\ldots,t_v}=\frac{(t_1+\cdots+t_v)!}{t_1!\cdots t_v!}$ is a multinomial coefficient, and the coefficients in (1) are defined to be 1 if $n=i-j$.

Then we can give other combinatorial representations than for the Leonardo-Padovan numbers by the following Corollary.

Corollary 2. Let Le_n^{Pa} be the nth Leonardo-Padovan number for $n\geq 4$. Then

i.

$$Le_n^{Pa}=\sum_{(t_1,t_2,t_3,t_4,t_5,t_6)}\binom{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5+t_6}{t_1,t_2,t_3,t_4,t_5,t_6}2^{t_1}(-2)^{t_3+t_4}$$

where the summation is over nonnegative integers satisfying $t_1+2t_2+3t_3+4t_4+5t_5+6t_6=n-5$.

ii.

$$Le_n^{Pa}=\sum_{(t_1,t_2,t_3,t_4,t_5,t_6)}\frac{t_6}{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5+t_6}\times\binom{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5+t_6}{t_1,t_2,t_3,t_4,t_5,t_6}2^{t_1}(-2)^{t_3+t_4}$$

where the summation is over nonnegative integers satisfying $t_1+2t_2+3t_3+4t_4+5t_5+6t_6=n+1$.

Proof. If we take $i=6$, $j=1$ for the case i. and $i=5$, $j=6$ for the case ii. in Theorem 4., then we can directly see the conclusions from $\left(A_{Pa}^{Le}\right)^n$. □

It is easy to see that the generating function of the Leonardo-Padovan sequence $\left\{Le_n^{Pa}\right\}$ is as follows:

$$f(x)=\frac{x^5}{1-2x+x^2-2x^3-2x^4+x^5+x^6},\ \left(0\le 2x-x^2+2x^3+2x^4-x^5-x^6<1\right).$$

Now considering the function $f(x)$, we can give an exponential representation for the Leonardo-Padovan sequence by the following Theorem.

Theorem 5. Let $f(x)$ be generating function for the Leonardo-Padovan sequence. The exponential representation for the Leonardo-Padovan sequence is as follows:

$$f(x)=x^5\exp\left(\sum_{i=1}^{\infty}\frac{(x)^i}{i}\left(2-x+2x^2+2x^3-x^4-x^5\right)^i\right).$$

Proof. Since

$$\ln\frac{f(x)}{x^5}=-\ln\left(1-2x+x^2-2x^3-2x^4+x^5+x^6\right)$$

and

$$\begin{aligned}\ln\left(1-2x+x^2-2x^3-2x^4+x^5+x^6\right)=-\Big[&x\left(2-x+2x^2+2x^3-x^4-x^5\right)+\\&+\frac{1}{2}x^2\left(2-x+2x^2+2x^3-x^4-x^5\right)^2+\cdots+,\\&+\frac{1}{i}x^i\left(2-x+2x^2+2x^3-x^4-x^5\right)^i\Big]\end{aligned}$$

by a simple calculation, we obtain the conclusion. □

Now we consider the sums of the Leonardo-Padovan numbers. Let

$$S_n=\sum_{i=0}^{n}Le_i^{Pa}$$

for $n\ge 4$ and let $D_n^{Le,P}$ and $\left(D_n^{Le,P}\right)^n$ be the 7×7 matrix such that

$$D_n^{Le,P}=\begin{bmatrix}1&0&\cdots&0&0\\1&&&&\\0&&A_P^{Le}&&\\\vdots&&&&\\0&&&&\end{bmatrix}.$$

If we use induction on n, then we obtain

$$\left(D_n^{Le,P}\right)^n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ S_{n+4} & & & & \\ S_{n+3} & & \left(A_P^{Le}\right)^n & & \\ \vdots & & & & \\ S_{n-1} & & & & \end{bmatrix}.$$

CONCLUSION

In this study, we conducted a comprehensive investigation of a newly considered integer sequence, referred to as the Leonardo-Padovan sequence, with particular emphasis on its algebraic, combinatorial, and matrix-theoretic characteristics. By employing generating matrices and classical linear recurrence techniques, we derived explicit permanental and determinantal representations that reveal intrinsic structural properties of the sequence. Furthermore, we established meaningful combinatorial interpretations that contribute to a deeper understanding of the underlying counting structures associated with the Leonardo-Padovan numbers. In addition to these results, we obtained the generating function of the sequence and utilized it to derive exponential representations and finite sum formulas, thereby enriching the analytical framework surrounding this sequence. These findings not only extend and complement existing results on linear recurrence sequences but also highlight the effectiveness of matrix-based methods in uncovering new identities and representations. Overall, the results presented in this paper broaden the theory of linear recurrence sequences and provide a solid foundation for future studies focused on algebraic generalizations, matrix realizations, and possible applications of Leonardo-Padovan-type sequences in discrete mathematics and related fields.

REFERENCES

Alp, Y., & Koçer, E. (2021). Some properties of Leonardo numbers. *Konuralp Journal of Mathematics, 9*(1), 183-189.

Brualdi, R., & Gibson, P. (1997). Convex polyhedra of doubly stochastic matrices I: applications of permanent function. *J. Combin. Theory, Series A, 22*(2), 194-230.

Catarino, P., & Borges, A. (2019). On Leonardo numbers. *Acta Mathematica Universitatis Comenianae, 89*(1), 75-86.

Chen, W., & Louck, J. (1996). The combinatorial power of the companion matrix. *Linear Algebra Appl., 232*, 261-278.

Erdağ, Ö., & Deveci, Ö. (is submitted). The Leonardo-Padovan Sequence and its Binet Formulas. *6. Bilsel International Aspendos Scientific Research Congress.* Antalya/ Türkiye.

Kilic, E. (2008). The Binet fomula, sums and representations of generalized Fibonacci p-numbers. *European Journal of Combinatorics, 29*, 701-711.

Kılıc, E. (2009). The generalized Pell (p,i)-numbers and their Binet formulas, combinatorial representations, sums. *Chaos, Solitons Fractals, 40*(4), 2047-2063.

Kilic, E., & Tasci, D. (2006). The generalized Binet formula, representation and sums of the generalized order-k Pell numbers. *Taiwanese J. Math., 10*(6), 1661-1670.

Lancaster, P., & Tismenetsky, M. (1985). *The theory of matrices: with applications.* Elsevier.

Lidl, R., & Niederreiter, H. (1986). *Introduction to finite fields and their applications.* Cambridge UP.

Shannon, A. G., Horadam, A. F., & Anderson, P. G. (2006). The Auxiliary Equation Associated with the Plastic Number. *Notes on Number Theory and Discrete Mathematics, 12*(1), 1-12.

Shannon, A., & Deveci, Ö. (2022). A note on generalized and extended Leonardo sequences. *Notes on Number Theory and Discrete Mathematics, 10*(1), 1-12.

Soykan, Y. (2021). Generalized Leonardo Numbers. *Journal of Progressive Research in Mathematics, 18*(4), 58-84.

Taşçı, D., & Firengiz, M. C. (2010). Incomplete Fibonacci and Lucas p-Numbers. *Mathematical and Computer Modelling, 52*(9-10), 1763-1770.

Tuğlu, N., Koçer, E., & Stakhov, A. (2011). Bivariate Fibonacci like p-polinomials. *Applied Mathematics and Computation, 217*(24), 10239-10246.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THE BALANCING-PADOVAN SEQUENCE MODULO *m*

Prof. Dr. Ömür DEVECİ
Kafkas University, Faculty of Science and Letters, Department of Mathematics
ORCID: 0000-0001-5870-5298

Assoc. Prof. Dr. Yeşim AKÜZÜM ÖZEN
Kafkas University, Faculty of Science and Letters, Department of Mathematics
ORCID: 0000-0001-7168-8429

ABSTRACT
Many studies have investigated special kinds of linear recurrence sequences within algebraic structures. Some have shown that when such sequences are reduced modulo m, the resulting period lengths correspond to those of the ordinary recurrence relations in cyclic groups. Similarly, several works have developed methods for finding the orders of cyclic groups obtained by reducing a sequence's generating matrix modulo m. In this study, we consider the *Balancing-Padovan sequence* and its generating matrix. The sequence is examined modulo m, and the *Balancing-Padovan matrix* is analyzed in terms of its multiplicative order. We also determine the cyclic groups generated by this matrix modulo m and present the relationship between their orders and the periods of the sequence.
Keywords: The Balancing-Padovan sequence, Modulo, Group.

INTRODUCTION
In (Akuzum Ozen, Submitted), the author define the Balancing-Padovan sequence using the following homogeneous linear recurrence relation for $n \geq 0$

$$P_{n+5}^{B} = 6P_{n+4}^{B} - 5P_{n+2}^{B} - 5P_{n+1}^{B} + P_{n}^{B} \tag{1}$$

with initial values $P_0^B = P_1^B = P_2^B = P_3^B = 0$ and $P_4^B = 1$.
The author further introduced the generating matrix associated with the Balancing-Padovan sequence, known as the Balancing-Padovan matrix, in the following form:

$$B = \begin{bmatrix} 6 & 0 & -5 & -5 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

and showed that, for $n \geq 4$, the following was obtained:

$$(B)^n = \begin{bmatrix} P_{n+4}^B & -5P_{n+2}^B - 5P_{n+1}^B + P_n^B & -5P_{n+3}^B - 5P_{n+2}^B + P_{n+1}^B & -5P_{n+3}^B + P_{n+2}^B & P_{n+3}^B \\ P_{n+3}^B & -5P_{n+1}^B - 5P_n^B + P_{n-1}^B & -5P_{n+2}^B - 5P_{n+1}^B + P_n^B & -5P_{n+2}^B + P_{n+1}^B & P_{n+2}^B \\ P_{n+2}^B & -5P_n^B - 5P_{n-1}^B + P_{n-2}^B & -5P_{n+1}^B - 5P_n^B + P_{n-1}^B & -5P_{n+1}^B + P_n^B & P_{n+1}^B \\ P_{n+1}^B & -5P_{n-1}^B - 5P_{n-2}^B + P_{n-3}^B & -5P_n^B - 5P_{n-1}^B + P_{n-2}^B & -5P_n^B + P_{n-1}^B & P_n^B \\ P_n^B & -5P_{n-2}^B - 5P_{n-3}^B + P_{n-4}^B & -5P_{n-1}^B - 5P_{n-2}^B + P_{n-3}^B & -5P_{n-1}^B + P_{n-2}^B & P_{n-1}^B \end{bmatrix}, \quad (2)$$

Many studies in the literature (Aydin & Smith, 1994; Campbell, Doostie, & Robertson, 1990; Doostie & Campbell, On the Commutator Lengths of Certain Classes of Finitely Presented Groups, 2006; Knox S. , 1992; Lü & Wang, k-step Fibonacci Sequence Modulo m, 2007; Ozkan, Aydin, & Dikici, 2003; Wall D. D., 1960) established rules for determining the orders of cyclic groups generated by reducing the generating matrix of a sequence modulo m. This concept was later extended to various special linear recurrence sequences in subsequent works (Deveci & Karaduman, 2015; Deveci, Akuzum, & Karaduman, 2015; Ozkan, Aydin, & Dikici, 2003).

In this study, we investigate the Balancing-Padovan matrix, defined as the generating matrix of the Balancing-Padovan sequence. First, we examine the multiplicative orders of this matrix when reduced modulo m, and consequently determine the corresponding cyclic groups. We then analyze the Balancing-Padovan sequence modulo mmm and study its periodic behavior. Finally, we establish a relationship between the orders of the resulting cyclic groups and the periods of the Balancing-Padovan sequence modulo m.

MAIN RESULTS

Given a matrix $A=\left[a_{ij}\right]$ with elements a_{ij} being integers, $A(modm)$ refers to the matrix where each element of A is reduced modulo m that is $A(modm)=\left(a_{ij}\,(modm)\right)$. Now, let us consider the set $\langle A\rangle_m=\left\{A^i\,(\mathrm{mod}\,m)\,\middle|\, i\geq 0\right\}$. If $\gcd(m,\det A)=1$, then the set $\langle A\rangle_m$ forms a cyclic group; if $\gcd(m,\det A)\neq 1$, the set $\langle A\rangle_m$ forms a semigroup. Let the notation $\left|\langle A\rangle_m\right|$ represent the order of the set $\langle A\rangle_m$.

Since $\det B=1$, the set $\langle B\rangle_m$ is a cyclic group for every positive integer m. We denote the order of $\langle B\rangle_m$ by $\left|\langle B\rangle_m\right|$.

Theorem 1. Let q be a prime and let s is the largest positive integer such that $\left|\langle B\rangle_q\right|=\left|\langle B\rangle_{q^s}\right|$. Then $\left|\langle B\rangle_{q^r}\right|=q^{r-s}\left|\langle B\rangle_q\right|$. for every $r\geq s$. In particular, if $\left|\langle B\rangle_q\right|\neq\left|\langle B\rangle_{q^2}\right|$, then $\left|\langle B\rangle_{q^r}\right|=q^{r-1}\left|\langle B\rangle_q\right|$ for every $r\geq 2$.

Proof. Let n be a positive integer and $\left|\langle B\rangle_{q^m}\right|$ is denoted by $l(m)$. If $(B)^{l\left(q^{n+1}\right)}\equiv I\left(\mathrm{mod}\,q^{n+1}\right)$, then $(B)^{l\left(q^{n+1}\right)}\equiv I\left(\mathrm{mod}\,q^{n}\right)$ where I is a 5×5 identity matrix . Thus, it is concluded that $l\left(q^n\right)$ divides $l\left(q^{n+1}\right)$. Also, writing $(B)^{l\left(q^n\right)}\equiv I+\left(b_{ij}^{(n)}\cdot q^n\right)$, by the binomial theorem, we obtain

$$(B)^{l(q^n)\cdot q} = \left(I + \left(b_{ij}^{(n)} \cdot q^n\right)\right)^n = \sum_{v=0}^{n} \binom{n}{v} \left(b_{ij}^{(n)} \cdot q^n\right)^v \equiv I \left(\mathrm{mod}\, q^{n+1}\right),$$

So we get that $l\left(q^{n+1}\right)$ divides $l\left(q^{n+1}\right)\cdot q$. Therefore, $l\left(q^{n+1}\right) = l\left(q^n\right)$ or $l\left(q^{n+1}\right) = l\left(q^n\right)\cdot q$, and the latter holds if and only if there is an $b_{ij}^{(n)}$ which is not divisible by q. Since $l\left(q^s\right) \neq l\left(q^{s+1}\right)$, there is an $b_{ij}^{(s+1)}$ which is not divisible by q, thus, $l\left(q^{s+1}\right) \neq l\left(q^{s+2}\right)$. The proof is concluded by applying induction on s.

If we reduce the Balancing-Padovan sequence $\left\{P_n^B\right\}$ modulo m and denote the resulting sequence by $P_n^{B,m}$, then we obtain the following repeating sequence:

$$\left\{P_n^{B,m}\right\} = \left\{P_0^{B,m}, P_1^{B,m}, P_2^{B,m}, \mathrm{K}\, , P_i^{B,m}, \mathrm{K}\right\}.$$

It follows the same recurrence relation as in (1).
A sequence is considered periodic when, from some point onward, it replicates a specific subsequence. The size of this subsequence is the period. In particular, if the first k terms constitute this repeating pattern, the sequence is simply periodic of period k.

Theorem 2. The sequence $\left\{P_n^{B,m}\right\}$ is simply periodic for every positive integer m.

Proof. Let us consider the set $Y = \left\{\left(y_0, y_1, y_2, y_3, y_4\right) \middle| \; 0 \le y_i \le m-1\right\}$. Since the order of the set Y is m^5 that is there are m^5 distinct 5-tuples of elements of Z_m, at least one of the 5-tuples appears twice in the sequence $\left\{P_n^{B,m}\right\}$. So, the subsequence following this 5-tuples repeats; that is, the sequence $\left\{P_n^{B,m}\right\}$ is periodic. So if

$$P_g^{B,m} \equiv P_h^{B,m}, P_{g+1}^{B,m} \equiv P_{h+1}^{B,m}, \mathrm{K}\, , P_{g+4}^{B,m} \equiv P_{h+4}^{B,m}$$

such that $g > h$, then $g \equiv h \left(\mathrm{mod}\, 5\right)$. From the definition of the Balancing-Padovan sequence, we can easily obtain

$$P_g^{B,m} \equiv P_h^{B,m}, P_{g-1}^{B,m} \equiv P_{h-1}^{B,m}, \mathrm{K}\, , P_{g-h}^{B,m} \equiv P_0^{B,m}$$

which implies that the $\left\{P_n^{B,m}\right\}$ is a simply periodic sequence.

The period of the sequence $\left\{P_n^{B,m}\right\}$ is denoted by $h(m)$.

From equation (2), it clear that $h(m) = \left|\left\langle B \right\rangle_m\right|$.

Theorem 3. Let m be a positive integer and suppose that $m = \prod_{i=1}^{k} \left(q_i\right)^{e_i}$, where q_i's are distinct primes. Then $h(m)$ equals the least common multiple of the $h\left(\left(q_i\right)^{e_i}\right)$'s.

Proof. It is apparent that the sequence $\left\{P_n^{B,(q_i)^{e_i}}\right\}$ repeats only after blocks of length $\beta \cdot h\left((q_i)^{e_i}\right)$ where β is a natural number. Because $h(m)$ is the period of the sequence $\left\{P_n^{B,m}\right\}$, the sequence $\left\{P_n^{B,(q_i)^{e_i}}\right\}$ repeats after $h(m)$ terms for all values i. Thus, it can be readily seen that $h(m)$ is of the form $\beta \cdot h\left((q_i)^{e_i}\right)$ for all values of i, and since any such number gives a period of $h(m)$. Therefore, we conclude that

$$h(m) = lcm\left[h\left((q_1)^{e_1}\right), h\left((q_2)^{e_2}\right), \ldots, h\left((q_k)^{e_k}\right)\right].$$

CONCLUSION

In this work, we have studied the Balancing-Padovan matrix and examined its multiplicative order modulo m, from which the corresponding cyclic groups were obtained. We then investigated the Balancing-Padovan sequence modulo m and analyzed the periods of this sequence. Finally, we established the relationship between the orders of the cyclic groups derived and the periods of the Balancing-Padovan sequence modulo m.

REFERENCE

Akuzum Ozen, Y. (Submitted). The Balancing-Padovan Sequence and its Binet Formulas . *III. Uluslararası Mtskheta Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi.*

Aydin, H., & Smith, G. (1994). Finite p -Quotients of Some Cyclically Presented Groups. *Journal of the London Mathematical Society, 49*, 83-92.

Campbell, C., Doostie, H., & Robertson, E. F. (1990). *Campbell Fibonacci Length of Generating Pairs in Groups in Applications of Fibonacci Numbers.* (E. G. al., Dü.) Kluwer Academic Publishers.

Deveci, O., & Karaduman, E. (2015). The Pell Sequences in Finite Groups. *Utilitas Mathematica, 96*, 263-276.

Deveci, O., Akuzum, Y., & Karaduman, E. (2015). The Pell-Padovan p-Sequences and Its Applications. *Utilitas Mathematica, 98*, 327-347.

Doostie, H., & Campbell, P. (2006). On the Commutator Lengths of Certain Classes of Finitely Presented Groups. *International journal of mathematics and mathematical sciences*, 1-9.

Knox, S. (1992). Fibonacci Sequences in Finite Groups. *Fibonacci Quarterly, 30*, 116-120.

Lü, K., & Wang, J. (2007). k-step Fibonacci Sequence Modulo m. *Utilitas Mathematica, 71*, 169-178.

Ozkan, E., Aydin, H., & Dikici, R. (2003). 3-step Fibonacci series modulo m. *Applied Mathematics and Computation, 143*, 165-172.

Wall, D. D. (1960). Fibonacci series modulo m. *The American Mathematical Monthly, 67*, 525-532.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THE REPRESENTATIONS AND FINITE SUMS OF THE BALANCING-PADOVAN SEQUENCE

Assoc. Prof. Dr. Yeşim AKÜZÜM ÖZEN
Kafkas University, Faculty of Science and Letters, Department of Mathematics
ORCID: 0000-0001-7168-8429

Prof. Dr. Ömür DEVECİ
Kafkas University, Faculty of Science and Letters, Department of Mathematics
ORCID: 0000-0001-5870-5298

ABSTRACT
In many previous studies, several linear recurrence sequences have been examined through matrix-based approaches, and numerous algebraic properties of these sequences have been explored. Researchers have established Binet-type formulas, exponential forms, and various determinantal, permanental, and combinatorial identities by employing generator matrices and generating functions associated with algebraic reduction sequences. In this work, we focus on the Balancing-Padovan sequence together with its corresponding matrix structure. We present new determinantal and permanental formulations of the Balancing-Padovan numbers derived from specific matrices constructed from the generating matrix of the sequence. Moreover, by making use of the generating function obtained in the study, we establish the exponential representation of these numbers. Finally, we compute several summation formulas involving the Balancing-Padovan numbers through the matrix representation of the Balancing-Padovan sequence.
Keywords: The Balancing-Padovan sequence, Representation, Sum.

INTRODUCTION
Deveci and Aküzüm (Akuzum Ozen, Submitted) defined the Balancing-Padovan sequence through a homogeneous linear recurrence relation for $n \geq 0$

$$P_{n+5}^{B} = 6P_{n+4}^{B} - 5P_{n+2}^{B} - 5P_{n+1}^{B} + P_{n}^{B}$$

with initial values $P_0^B = P_1^B = P_2^B = P_3^B = 0$ and $P_4^B = 1$.

They further introduced the corresponding Balancing–Padovan matrix B, given by

$$B = \begin{bmatrix} 6 & 0 & -5 & -5 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

and demonstrated that, for $n \geq 4$, the following result holds:

$$(B)^n = \begin{bmatrix} P_{n+4}^B & -5P_{n+2}^B - 5P_{n+1}^B + P_n^B & -5P_{n+3}^B - 5P_{n+2}^B + P_{n+1}^B & -5P_{n+3}^B + P_{n+2}^B & P_{n+3}^B \\ P_{n+3}^B & -5P_{n+1}^B - 5P_n^B + P_{n-1}^B & -5P_{n+2}^B - 5P_{n+1}^B + P_n^B & -5P_{n+2}^B + P_{n+1}^B & P_{n+2}^B \\ P_{n+2}^B & -5P_n^B - 5P_{n-1}^B + P_{n-2}^B & -5P_{n+1}^B - 5P_n^B + P_{n-1}^B & -5P_{n+1}^B + P_n^B & P_{n+1}^B \\ P_{n+1}^B & -5P_{n-1}^B - 5P_{n-2}^B + P_{n-3}^B & -5P_n^B - 5P_{n-1}^B + P_{n-2}^B & -5P_n^B + P_{n-1}^B & P_n^B \\ P_n^B & -5P_{n-2}^B - 5P_{n-3}^B + P_{n-4}^B & -5P_{n-1}^B - 5P_{n-2}^B + P_{n-3}^B & -5P_{n-1}^B + P_{n-2}^B & P_{n-1}^B \end{bmatrix}.$$

Number-theoretic properties derived from homogeneous linear recurrence relations-many of which are relevant to the present study-have been investigated extensively in the literature (Akuzum, Deveci, & Shannon, 2017; Deveci, 2016; Gogin & Myllari, 2007; Stakhov & Rozin, 2006; Tasci & Firengiz, 2010). In addition, numerous authors have examined structural features of such sequences, including the Binet formula, exponential forms, permanental and combinatorial representations, by employing the generator matrix or generating function associated with algebraic reduction sequences (Deveci, 2016; Frey & Sellers, 2000; Gultekin & Deveci, 2016; Kilic, 2009).

In this study, we investigate the Balancing-Padovan numbers. We present several fundamental properties of these numbers, including their permanental, determinantal, and combinatorial representations, along with their generating function, exponential form, and various summation formulas.

MAIN RESULTS

Definition 1. A $u\times v$ real matrix $M=\left[m_{i,j}\right]$ is called a contractible matrix in the k^{th} column (resp. row) if the k^{th} column (resp. row) contains exactly two non-zero entries.

Suppose that $x_1,x_2,\ldots,x_u$ are row vectors of the matrix M. If M is contractible in the k^{th} column such that $m_{i,k}\neq 0, m_{j,k}\neq 0$ and $i\neq j$, then the $(u-1)\times(v-1)$ matrix $M_{ij:k}$ obtained from M by replacing the i^{th} row with $m_{i,k}x_j+m_{j,k}x_i$ and deleting the j^{th} row. The k^{th} column is called the contraction in the k^{th} column relative to the i^{th} row and the j^{th} row.

As shown by Brualdi and Gibson (Brualdi & Gibson, 1977), if M is a real $\alpha>1$-order matrix and N results from a contraction of M, then $per(M)=per(N)$.

Assume that $F(v)=\left[f_{i,j}^v\right]$ represents the family of $v\times v$-superdiagonal matrices, given by

$$F(v)=\begin{pmatrix} 6 & 0 & -5 & -5 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 6 & 0 & -5 & -5 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 6 & 0 & -5 & -5 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 1 & 6 & 0 & -5 & -5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 6 & 0 & -5 & -5 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 6 & 0 & -5 & -5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 6 & 0 & -5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 6 \end{pmatrix}.$$

Now we examine a permanental representation of the Balancing-Padovan numbers.

Theorem 1. For $v \geq 5$,
$perF(v) = P^B_{v+4}$.

Proof. The claim follows by induction on v. Suppose that the identity is valid for a fixed $v+1$. We will demonstrate that it remains valid for $F(v)$. By applying the Laplace expansion of the permanent to the first row of $F(v)$, we obtain

$perF(v+1) = 6\,perF(v) - 5\,perF(v-2) - 5\,perF(v-3) + perF(v-4)$

Since $perF(v) = P^B_{n+4}$, $perF(v-2) = P^B_{n+2}$, $perF(v-3) = P^B_{n+1}$ and $perF(v-4) = P^B_n$, we conclude that $perF(v+1) = P^B_{n+5}$. The proof is now complete.

Let $K(v) = \left[k^v_{i,j}\right]$ be the $v \times v$ matrix, as shown:

$$k^v_{i,j} = \begin{cases} 6 & \text{if } i = z \text{ and } j = z \text{ for } 1 \leq z \leq v-3, \\ -5 & \text{if } i = z \text{ and } j = z+2 \text{ for } 1 \leq z \leq v-3, \\ -5 & \text{if } i = z \text{ and } j = z+3 \text{ for } 1 \leq z \leq v-3, \\ & \text{if } i = z \text{ and } j = z+4 \text{ for } 1 \leq z \leq v-4, \\ & i = z \text{ and } j = z-1 \text{ for } 2 \leq z \leq v-3, \\ 1 & i = v-2 \text{ and } j = v-2, \\ & i = v-1 \text{ and } j = v-1 \\ & \text{and} \\ & i = v \text{ and } j = v, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Assume that the $v \times v$ matrix $L(v) = \left[l^v_{i,j}\right]$ is given by:

$$L(v) = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 1 & 0 & 0 \\ 1 & & & & \\ 0 & & K(v-1) & & \\ \vdots & & & & \\ 0 & & & & \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \quad \begin{matrix} \\ \\ (v-2)\text{th} \\ \downarrow \\ \\ \end{matrix}$$

for $v > 5$.

Theorem 2. (i). For $v \geq 5$,
$perK(v) = P^B_{v+1}$
(ii). For $v > 5$,
$perL(v) = \sum_{i=0}^{v} P^B_i$

Proof. (i). Suppose now that $perK(v)=P_{v+1}^{B}$ with $v\geq 5$. We analyze the case $v+1$. Using the Laplace expansion along the first row of $K(v)$ and its defining structure, we obtain

$$\begin{aligned} perK(v+1) &= 6\,perK(v)-5\,perK(v-2)-5\,perK(v-3)+perK(v-4) \\ &= 6P_{v+1}^{B}-5P_{v-1}^{B}-5P_{v-2}^{B}+P_{v-3}^{B} \end{aligned}$$

So, we have the conclusion.

(ii). If we expand the $L(v)$ with respect to the first row, we write

$perL(v)=perL(v-1)+perK(v-1)$.

By the inductive argument and using the result of part (i) of Theorem 2, the desired conclusion follows.

We use the notation $A\circ C$ to denote the Hadamard product of A and C. A matrix A is called **convertible** whenever there exists an $m\times m$ (1, -1)-matrix C for which $perA=\det(A\circ C)$.

Let $v>5$ and let H be the $v\times v$ matrix, defined by

$$H=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}.$$

It is easy to see that $perF(v)=\det(F(v)\circ H)$, $perK(v)=\det(K(v)\circ H)$ and $perL(v)=\det(L(v)\circ H)$. Thus, we have the following result

Corollary 1. (i). $\det(F(v)\circ H)=P_{v+4}^{B}$

(ii). $\det(K(v)\circ H)=P_{v+1}^{B}$

and

(iii). $\det(L(v)\circ H)=\sum_{i=0}^{v}P_{i}^{B}$.

Suppose that $C(c_1,c_2,\ldots,c_u)$ is a $u\times u$ companion matrix as follows:

$$C(c_1,c_2,\ldots,c_u)=\begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \cdots & c_u \\ 1 & 0 & & 0 \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Theorem 3. (Chen & Louck, 1996). *The* (i,j) *element* $c_{i,j}^{(\alpha)}(c_1,c_2,\ldots,c_u)$ *in the matrix* $C^{\alpha}(c_1,c_2,\ldots,c_u)$ *is expressed by the following equation:*

$$c_{i,j}^{(\alpha)}\left(c_1,c_2,\ldots,c_u\right)=\sum_{(t_1,t_2,\ldots,t_u)}\frac{t_j+t_{j+1}+\cdots+t_u}{t_1+t_2+\cdots+t_u}\times\binom{t_1+\cdots+t_u}{t_1,\ldots,t_u}c_1^{t_1}\cdots c_u^{t_u} \quad (1)$$

such that the sum is on nonnegative integers satisfying $t_1+2t_2+\cdots+ut_u=\alpha-i+j$, $\binom{t_1+\cdots+t_u}{t_1,\ldots,t_u}=\frac{(t_1+\cdots+t_u)!}{t_1!\cdots t_u!}$ is a multinomial coefficient, and the coefficients in (1) are defined to be 1 if $\alpha=i-j$.

Now we focus on obtaining a combinatorial representation for the Balancing-Padovan numbers.

Corollary 2. Suppose that P_n^B is the n th the Balancing-Padovan number. Then

i.

$$P_n^B=\sum_{(t_1,t_2,\ldots,t_5)}\binom{t_1+t_2+\cdots+t_5}{t_1,t_2,\ldots,t_5}6^{t_1}\left(-5\right)^{t_3}\left(-5\right)^{t_4}$$

where the summation is over nonnegative integers satisfying $t_1+2t_2+\cdots+5t_5=n-3$.

ii.

$$P_n^B=\sum_{(t_1,t_2,\ldots,t_5)}\frac{t_5}{t_1+t_2+\cdots+t_5}\binom{t_1+t_2+\cdots+t_5}{t_1,t_2,\ldots,t_5}6^{t_1}\left(-5\right)^{t_3}\left(-5\right)^{t_4}$$

Where the summation is over nonnegative integers satisfying $t_1+2t_2+\cdots+5t_5=n+1$.

Proof. Since we take $i=4,\ j=1,c_1=6,\ c_3=-5$ and $c_4=-5$ for the case i., $i=4,\ j=5,c_1=6,\ c_3=-5$ and $c_4=-5$ for the case ii. in Theorem 2.3, then we can directly see the conclusions from (1)

It may be shown directly that the generating function for the Balancing-Padovan numbers takes the form:

$$g^B\left(x\right)=\frac{x^4}{1-6x+5x^3+5x^4-x^5}.$$

Using the generating function, we arrive at an exponential form of the Balancing-Padovan numbers, stated in the theorem that follows.

Theorem 4. The Balancing-Padovan sequence can be expressed in exponential form as follows:

$$g^B\left(x\right)=x^3\exp\left(\sum_{i=1}^{\infty}\frac{x^i}{i}\left(8-12x-4x^2+x^3\right)^i\right).$$

Proof. It becomes clear that

$$\ln\frac{g^B\left(x\right)}{x^4}=-\ln\left(1-6x+5x^3+5x^4-x^5\right)$$

From the definition of the function $\ln x$, we derive:

$$-\ln\left(1-6x+5x^3+5x^4-x^5\right)=-\Big[-x\left(6-5x^2-5x^3+x^4\right)$$
$$-\frac{1}{2}x^2\left(6-5x^2-5x^3+x^4\right)^2-\cdots$$
$$-\frac{1}{i}x^i\left(6-5x^2-5x^3+x^4\right)^i-\cdots\Big],$$

By a simple computation, we obtain that

$$\ln\frac{g^B(x)}{x^4}=\exp\left(\sum_{i=1}^{\infty}\frac{x^i}{i}\left(6-5x^2-5x^3+x^4\right)^i\right).$$

Thus, the conclusion holds.
Next, we investigate the summation formulas for the Balancing-Padovan numbers.
Let

$$T_n=\sum_{i=0}^{n}P_i^B$$

for $n\geq 0$ and suppose that S is the 6×6 matrix such that

$$S=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\1&&&&&\\0&&&&&\\0&&&B&&\\0&&&&&\\0&&&&&\end{bmatrix}.$$

If we apply induction on n, then we obtain

$$(S)^n=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\T_{n+3}&&&&&\\T_{n+2}&&&&&\\T_{n+1}&&&(B)^n&&\\T_n&&&&&\\T_{n-1}&&&&&\end{bmatrix}.$$

CONCLUSION

In this study, we have investigated the Balancing-Padovan numbers. First, we established several connections between the Balancing-Padovan numbers and the permanents and determinants of certain matrices constructed from their generating matrix.

We then examined a variety of structural properties of these numbers, including their combinatorial representations, generating function, exponential form, and several finite sum identities.

REFERENCE

Akuzum Ozen, Y. (Submitted). The Balancing-Padovan Sequence and its Binet Formulas . *III. Uluslararası Mtskheta Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi.*

Akuzum, Y., Deveci, O., & Shannon, A. (2017). On The Pell p-Circulant Sequences. *Notes on Number Theory and Discrete Mathematics, 23*(2), 91-103.

Brualdi, R., & Gibson, P. M. (1977). Convex polyhedra of doubly stochastic matrices I: applications of permanent function. *Journal of Combinatorial Theory, 2*, 194-230.

Chen, W., & Louck, J. (1996). The combinatorial power of the companion matrix. *Linear Algebra and its Applications, 232*, 261-278.

Deveci, O. (2016). The Pell-circulant sequences and their applications. *Maejo International Journal of Science and Technology, 10*(03), 284-293.

Deveci, O. (2016). The Pell-Circulant Sequences and Their Applications. *Maejo International Journal of Science and Technology, 10*, 284-293.

Frey, D., & Sellers, J. (2000). Jacobsthal numbers and alternating sign matrices. *Journal of Integer Sequences, 3*(2), 1-15.

Gogin, N., & Myllari, A. (2007). The Fibonacci-Padovan sequence and MacWilliams transform matrices. *Programming and Computer Software, 33*(2), 74-79.

Gultekin, I., & Deveci, O. (2016). On The Arrowhead-Fibonacci Numbers. *Open Mathematics , 14*(1), 1104-1113.

Kilic, E. (2009). The generalized Pell (p,i)-numbers and their Binet formulas, combinatorial representations, sums. *Chaos, Solitons & Fractals, 4*, 2047-2063.

Stakhov, A., & Rozin, B. (2006). Theory of Binet formulas for Fibonacci and Lucas p-numbers. *Chaos, Solitons & Fractals, 27*(5), 1162-1177.

Tasci, D., & Firengiz, M. (2010). Incomplete Fibonacci and Lucas p-numbers. *Mathematical and Computer Modelling, 52*, 1763-1770.

CANAL SURFACES: THEORY AND APPLICATIONS

Asst. Prof. Erdem KOCAKUŞAKLI
National Defense University, Military Academy, Basic Sciences
ORCID: 0000-0003-0616-173X

ABSTRACT
Canal surfaces are defined as the envelopes of moving spheres with variable radius moving along a regular space curve. Special cases of these surfaces are tubular and generalized tubular surfaces. The radius of these surfaces are constant and depend to the angle, respectively. These surfaces have numerous applications in fields such as biomechanics, industrial design, robotics, medical imaging, and geological engineering. Thus, canal and tubular surfaces are studied by lots of geometricians and engineers. Especially, in the area of differantial geometry, according to the Frenet frame in Euclidean 3-space there are a lot of works on this types of surfaces. In this study, firstly, some basic definitions, theorems and conclusions about canal and tubular surfaces are given in Euclidean 3-space according to the Frenet curve-surface frame. Subsequently, quaternionic and matrix representations of these surfaces are provided. Some important results and theorems concerning these surfaces are established. Working with the Frenet frame at points where there is no derivative can be problematic. Therefore, different curved surface frames offer advantages. One of these is the alternative moving frame. So, characterizations and parametric equations of these surfaces are given according to the alternative moving frame. Then, matrix and quaternionic representations of canal and tubular surfaces are given. Finally, illustrative examples and corresponding graphics drawn by Mathematica are presented.
Keywords: Canal surface, quaternion, homothetic motion.

ON EMBANKMENT SURFACES AND APPLICATIONS

Asst. Prof. Erdem KOCAKUŞAKLI
National Defense University, Military Academy, Basic Sciences
ORCID: 0000-0003-0616-173X

ABSTRACT
Embankment surfaces are defined as the envelopes of moving cones with variable radius moving along a regular space curve. Special cases of these surfaces are embankment-like and tubembankment-like surfaces. These surfaces have a lot of application areas, such as industrial design, robotics, medical imaging, biomechanics and geological engineering. Hence, embankment, embankment-like and tubembankment-like surfaces are studied by lots of mathematicians and engineers. Especially, in the area of differantial geometry, according to the Frenet frame in Euclidean 3-space there are a lot of works on this types of surfaces. In this work, firstly, some basic definitions, theorems and conclusions about canal and tubular surfaces are given in Euclidean 3-space according to the Frenet curve-surface frame. Then, quaternionic and matrix representations of these surfaces are provided. Some significant conclucions, results and theorems about these surfaces are established. Working with the Frenet frame at points where there is no derivative can be appear problems. So, different curve - surface frames offer advantages to obtain characterizations of these surfaces at these points. One of these is the alternative moving frame . Hence, characterizations and parametric equations of these surfaces are given according to the alternative moving frame in Euclidean 3-space. Then, matrix and quaternionic representations of canal and tubular surfaces are given. Finally, illustrative examples and graphics drawn by the programme Mathematica are given.
Keywords: Embankment surface, quaternion, homothetic motion.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ALGORİTMİK KAMUSAL ALAN: SOSYAL MEDYA ÖNERİ SİSTEMLERİ ALTINDA HABERMAS'IN YENIDEN YAZIMI

Ferhat ATIK
Girne Amerikan Üniversitesi, İletişim Fakültesi, İletişim ve Medya Yönetimi Bölümü
ORCID: 0009-0008-9089-9051

ÖZET

Bu makale, Habermas'ın kamusal alan kavramını algoritmik olarak kurgulanan medya çağında yeniden yorumlamakta ve Algoritmik Kamusallık Modeli (APM) adını verdiği yeni bir çerçeve önermektedir. Model, *içerik özelliklerinden*, *kullanıcı eğilimlerinden* ve *ağ bağlamlarından* hareketle, çevrimiçi tartışmaların *müzakere kalitesine* nasıl evrildiğini açıklayan bir iletişimsel süreç sunar.

Çalışma, müzakereci demokrasi, gündem belirleme, ağ geçitçiliği ve ayrıntılı düşünme modeli (ELM) gibi kuramlara dayanarak, algoritmik sıralama ve popülerlik göstergelerinin bireyleri *yüzeysel işlemeye* (peripheral-route processing) yönelttiğini ileri sürer. Yani kullanıcılar, fikirlerin içeriğinden çok etkileşim sinyallerine tepki verir hale gelir. Bu durum, kamusal söylemlerdeki *görüş çeşitliliğini daraltır* ve *gerekçelendirme yoğunluğunu* zayıflatır (Habermas, 1989; Petty & Cacioppo, 1986; Thorson & Wells, 2016).

Önerilen çok yöntemli araştırma tasarımı, üç aşamadan oluşur:
(a) Kontrollü "sahte kullanıcı" hesaplarıyla yürütülen büyük ölçekli bir algoritma denetimi,
(b) Argüman kalitesi ile algoritmik statüyü ayrıştıran ön kayıtlı 2×2 deney,
(c) Kamusal yorum dizilerinde müzakere kalitesini ölçen karma yöntemli iz sürme analizi.

Makale algoritmik ortamların müzakere olanaklarını kısmen geri kazandırabilecek üç *yönetişim aracı* önerir: maruziyet çeşitliliği sınırlamaları, sıralama mantığını açıklayan bildirimler ve kronolojik sıralama seçeneği (Helberger, 2019; Napoli, 2019).

APM, klasik iletişim teorisini günümüz platform pratikleriyle buluşturan, ölçülebilir ve uygulamaya dönük bir çerçeve sunarak dijital kamusallığın yeniden inşası için pragmatik bir araştırma programı önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kamusal alan; algoritmik kürasyon; öneri sistemleri; müzakere; gündem kurma; ELM

ALGORITHMIC PUBLIC SPHERE: HABERMAS REWRITTEN UNDER SOCIAL MEDIA RECOMMENDATION SYSTEMS

ABSTRACT

This article reinterprets Habermas's concept of the public sphere in an era shaped by algorithmically curated media and proposes a new analytical framework called the Algorithmic Publicness Model (APM). The model outlines a communicative process that explains how online discussions evolve in terms of deliberative quality, drawing on content features, user orientations, and network contexts.

Building on theories such as deliberative democracy, agenda-setting, network gatekeeping, and the Elaboration Likelihood Model (ELM), the study argues that algorithmic ranking and popularity indicators steer individuals toward peripheral-route processing. In other words, users increasingly respond to engagement signals rather than the substantive quality of ideas. This dynamic narrows viewpoint diversity and weakens the intensity of justification within public discourse (Habermas, 1989; Petty & Cacioppo, 1986; Thorson & Wells, 2016).

The proposed multi-method research design consists of three components: (a) a large-scale algorithm audit conducted with controlled "synthetic user" accounts, (b) a preregistered 2×2 experiment that disentangles argument quality from algorithmic status, and
(c) a mixed-method trace analysis measuring deliberative quality across public comment threads.
Finally, the article suggests three governance tools capable of partially restoring deliberative conditions in algorithmic environments: exposure diversity constraints, notifications explaining ranking logic, and an optional chronological feed (Helberger, 2019; Napoli, 2019).
In conclusion, APM offers a measurable and practice-oriented framework that bridges classical communication theory with contemporary platform dynamics, proposing a pragmatic research program for the reconstruction of digital publicness.
Keywords: Public sphere; algorithmic curation; recommendation systems; deliberation; agenda setting; ELM

1. GİRİŞ

Dijital iletişim ortamlarının yükselişi, kamusal alanın yapısal mantığını yalnızca araçsal yönden değil, epistemolojik temelleri bakımından da dönüştürmüştür. Geleneksel medya düzeninde görünürlük, editöryel süreçler ve kurumsal gazetecilik normları aracılığıyla düzenlenen bir kıt kaynak niteliği taşırken, günümüz platformlarında görünürlük dağılımı büyük ölçüde algoritmik sıralama mekanizmaları tarafından belirlenmektedir. Bu dönüşüm, kullanıcıların maruz kaldığı içerik akışını yalnızca çeşitlilik açısından değil, aynı zamanda müzakere kalitesi, gerekçelendirme yoğunluğu ve karşı-görüşle temas bakımından yeniden şekillendirmektedir. Dolayısıyla Habermas'ın kamusal alan teorisinin dayandığı rasyonel-eleştirel tartışma zemini, artık veri odaklı, öngörücü ve optimizasyon mantığıyla çalışan yeni bir teknolojik altyapı içinde yeniden düşünülmelidir.
Habermas'ın kamusal alan için belirlediği koşullar—erişilebilirlik, kapsayıcılık, gerekçelendirme zorunluluğu ve kamusal akıl yürütme kültürü—esasen kurumsal yapıların şeffaflığı, hesap verebilirliği ve içerik seçiminin gerekçelendirilebilirliği üzerine kuruludur. Ne var ki dijital platformlarda görünürlük üretimi, kurumsal editöryel süreçlerle değil, kullanıcı etkileşimi tahminlerine, kişiselleştirme katmanlarına ve kullanıcı davranışından türetilen yüksek boyutlu veri modellerine dayanmaktadır. Bu durum, kamusal alanın işleyişinde hem demokratik hem bilişsel bir kayma yaratmaktadır: Kamusal tartışmaya katılım biçimsel olarak artmış görünse de, dikkat ekonomisinin dinamikleri içinde görünürlük eşitsizliği büyümekte; tartışmalar duygusal içeriklerin hızla yayıldığı, gerekçelendirmeden çok tepkiselliğin öne çıktığı bir yapıya evrilmektedir.
Bu çalışma, söz konusu dönüşümü yalnızca tanımlamakla kalmayıp Algoritmik Kamusallık Modeli (AKM) ile formelleştirmekte; içerik özelliklerinden müzakere kalitesine uzanan iletişimsel süreci ölçülebilir değişkenlere dönüştürmektedir. AKM, içerik ve kullanıcı özelliklerinin etkileşim-odaklı sıralayıcılar tarafından nasıl yeniden düzenlendiğini, bu düzenlemenin maruziyet çeşitliliğini nasıl daralttığını ve tartışma niteliğini hangi mekanizmalarla zayıflattığını açıklamayı amaçlamaktadır. Böylece Habermasçı idealler, günümüz platformlarının teknik gerçeklikleriyle karşılaştırılabilir hale gelmektedir.
Bu makalenin ikinci katkısı, öneri sistemlerinin kamusal akıl yürütme üzerindeki etkilerini sınamak üzere çok yöntemli bir araştırma tasarımı sunmasıdır. Algoritma denetimi, deneysel manipülasyon ve çevrimiçi iz analizi tekniklerini birleştiren bu tasarım, görünürlük tahsisi ile müzakere niteliği arasındaki ilişkileri nedensel ve gözlemsel yöntemlerle test etmeyi mümkün kılar. Üçüncü katkı ise, algoritmaların tümüyle ortadan kaldırılmasına gerek kalmadan kamusal tartışma koşullarını güçlendirebilecek pratik yönetişim araçları önermesidir.

Bu çalışma, platform çağında kamusal alanın işleyişini yeniden anlamak ve düzenlemek için hem kavramsal hem de metodolojik bir temel sunmakta; kamusal iletişimin geleceğine yönelik normatif bir çerçeve önermektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI VE KURAMSAL ARKA PLAN

Dijital iletişim ortamları yalnızca teknolojik bir yenilik değil, iletişim kuramının temel kavramlarını yeniden tanımlamayı zorunlu kılan derin bir dönüşüm yaratmıştır. Kamusal alan, görünürlük, maruz kalma, gündem kurma, haber değerinin oluşumu, algısal seçicilik ve bilişsel işleme yolları gibi temel kavramlar; geleneksel kitle medya düzeninde belirli kurumsal ve normatif yapılara bağlı olarak açıklanabilirken, platform çağında bu kavramlar doğrudan algoritmik süreçler tarafından şekillendirilmektedir. Dolayısıyla literatürün klasik ekseni ile dijitalleşmenin getirdiği yeni gerçeklikler arasında köprü kurmak, modern iletişim biliminin en kritik gerekliliklerinden biridir.

Bu bölüm, kamusal alan kuramı, ağ tabanlı kapı bekçiliği, gündem kurma, bilişsel işleme modelleri, çevrimiçi müzakere literatürü ve algoritmik sistemlerin demokratik işleyiş üzerindeki etkilerini bütünlüklü bir çerçevede ele alır. Amaç yalnızca teorik bir arka plan sunmak değildir; aynı zamanda kamusal alanın dijital çağda nasıl yeniden düzenlendiğini, hangi bilişsel ve sosyal süreçler aracılığıyla dönüştüğünü ve öneri sistemlerinin bu dönüşümde oynadığı rolü açık bir mantıksal zincir hâlinde modellemektir.

Habermas'ın kamusal alan kuramı, tarihsel bağlamı içinde değerlendirildiğinde oldukça belirgin bir normatif beklenti taşır: bireylerin eşit erişimle tartışma zeminine katıldığı, fikirlerin içerik kalitesi ve gerekçeleri üzerinden değerlendirildiği ve ortak aklın kolektif biçimde inşa edildiği bir kamusal alan. Ancak literatür, özellikle son 20 yılda, bu idealin kitle medya düzeninde bile tam olarak gerçekleşmediğini; platform çağında ise kuramsal temelin daha da karmaşık bir hal aldığını göstermektedir. Çünkü dijital platformlar, içerik akışını kullanıcıların bilinçli tercihinden ziyade etkileşim olasılığını artırmaya yönelik matematiksel modellerle düzenler. Bu modeller, görünürlüğü kişiselleştirerek kamusal alanı ortak bir yüzey olmaktan uzaklaştırır; milyonlarca parçalı, kullanıcıya özel mikro-kamusallık üretir.

Bu dönüşüm yalnızca kuramsal değil, aynı zamanda metodolojik bir sorundur. Çünkü klasik medya araştırmalarında görünürlük, tartışma kalitesi, maruz kalma çeşitliliği ve gündem yoğunlaşması gibi kavramlar gözlemlenebilir ve ölçülebilir süreçlere dayanırken; algoritmik ortamda bu süreçler görünmez altyapılar içinde gerçekleşir. Bu nedenle dijital çağın iletişim araştırmaları, sadece kullanıcı davranışını değil, algoritmik düzenekleri de incelemeyi gerektirir. Bu yaklaşım literatürde giderek güçlenen "algoritmik yönetim", "platform kapı bekçiliği", "şeffaf olmayan sıralama süreçleri" ve "optimizasyon mantığının toplumsal etkileri" gibi kavramlarla temsil edilmektedir.

Bilişsel psikoloji literatürü ise dijital platformların etkileşim tasarımıyla doğrudan ilişkili önemli içgörüler sunmaktadır. ELM gibi işleme modelleri, kullanıcıların yüksek bilişsel yük altında iken içerik kalitesine değil, çevresel ipuçlarına (beğeni sayısı, sıralama konumu, görünürlük göstergeleri) duyarlı hale geldiğini göstermektedir. Bu bulgu, algoritmaların görünürlük tahsis ederken sosyal kanıt göstergeleri ile etkileşim sinyallerini ödüllendirmesiyle birleştiğinde, dijital tartışmaların neden yüzeyselleştiğini açıklayan temel yapılardan birini oluşturur.

Çevrimiçi müzakere literatürü, dijital ortamlarda tartışma niteliğini değerlendirmek için maruz kalma çeşitliliği, gerekçelendirme yoğunluğu, karşı-görüşle etkileşim ve nezaket gibi göstergelerin kritik olduğunu ortaya koymuştur. Platformların ekonomik modeli gereği duygusal ve kutuplaştırıcı içeriklerin hızla yayılması, bu göstergelerin çoğunu sistematik biçimde zayıflatmaktadır.

Bu kuramsal arka plan, Algoritmik Kamusallık Modeli'nin temellerini oluşturur. Bir sonraki alt bölümde, klasik kamusal alan kuramının dijital bağlamda nasıl dönüştüğünü daha ayrıntılı biçimde açıklayacağım.

2.1 Kamusal Alan ve Kurumsal Düzenin Dönüşümü

Habermas'ın kamusal alan teorisi, modern toplumda rasyonel-eleştirel tartışmanın belirli koşullar altında mümkün olabileceğini öne sürer. Bu koşulların merkezinde, fikirlerin içerik ve gerekçeleri üzerinden değerlendirilmesini sağlayan kurumsal düzenler, erişim eşitliği ve şeffaflık bulunur. Ancak dijitalleşme, bu kurumsal temeli derinden dönüştürmüştür. Kitle medyasının merkezi editöryel yapısı, platformların kullanıcı-verisine dayalı öngörücü mekanizmalarına yerini bırakmıştır. Böylece kamusal alanın düzenleyicisi artık gazetecilik normları değil, ticari çıkarlar doğrultusunda optimize edilen algoritmalardır.

Dijital platformlarda görünürlük, kullanıcı davranışının geçmişteki izlerine ve model tarafından tahmin edilen gelecekteki etkileşim olasılıklarına göre dağıtılır. Bu nedenle görünürlük kararları hesap verebilir ve denetlenebilir kurumsal süreçlere dayanmaz; aksine, kapalı kutu algoritmalar aracılığıyla uygulanır. Bu durum, platformların kamusal alan üzerinde üstlendiği rolün demokratik denetimini güçleştirir. Her kullanıcının farklı bir içerik akışıyla karşılaşması, ortak bir kamusal yüzeyin oluşmasını engeller. Böylece kamusal tartışmalar ortak bir referans yerine çoğul, parçalı ve bireyselleştirilmiş mikro-kamusallıklar üzerinden yürütülmeye başlar.

Habermas'ın öngördüğü bir diğer temel koşul, gerekçelendirme ilkesidir. Tartışmanın niteliği, argümanların kalitesi ve sunulan kanıtların gücü üzerinden değerlendirilir. Ancak dijital platformların optimizasyon mantığı, duygusal tepkiler, çatışma sinyalleri ve hızlı etkileşim üreten içerikleri ödüllendirdiğinden, gerekçelendirme yoğunluğu giderek azalır. Argüman gücü, yerini tepkiselliğe bırakır. Bu durum kamusal alanın epistemik temelini zayıflatır.

Kamusal alanın dijital dönüşümünü ele alan literatür, giderek artan bir şekilde platformların teknik altyapılarının demokrasi, katılım, çeşitlilik ve temsil üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır. Napoli (2019), platformların "kamu yararı" ilkesini yeniden tanımladığını; Sunstein (2017) ise dijitalleşmenin yankı odası oluşumlarını hızlandırdığını vurgular. Gillespie (2018), platformların yeni bir "içerik bekçiliği" rejimi ürettiğini ortaya koyar. Bu rejim, klasik kamusal alanın işleyişini kökünden değiştiren bir düzenleme biçimidir.

Dijital çağda kamusal alan, artık kurumsal olarak değil, algoritmik olarak üretilen bir görünürlük rejimi içinde var olmaktadır. Bu alt bölüm, AKM'nin ilk boyutunu—kurumsal temelin teknolojik dönüşümünü—mantıksal bir çerçeveye oturtmuştur.

2.2 Gündem Kurma ve Ağ Kapı Bekçiliği

Gündem kurma literatürü, kitle iletişim araçlarının hangi meselelerin toplumsal dikkat alanına gireceğini belirleyen temel aktörlerden biri olduğunu göstermiştir. McCombs ve Shaw'ın erken dönem çalışmalarından itibaren bilinen temel sav, medyanın ne hakkında düşüneceğimizi belirlediği; bireylerin mesele önemini medya görünürlüğü üzerinden yapılandırdığıdır. Ancak bu kuramın modern dijital bağlamdaki işleyişi artık tek merkezli bir medya yapısından ziyade, çok katmanlı ve algoritmik olarak düzenlenen bir içerik dolaşım mimarisine dayanmaktadır. Dolayısıyla mesele görünürlüğü, haber odalarının kararlarından çok, öneri sistemlerinin dinamiklerine bağlı hale gelmiştir. Bu durum, klasik gündem kurma süreçlerinin yeniden yorumlanmasını gerektirir.

Dijital platformlarda gündem artık merkezi bir yapı tarafından belirlenmez; tersine kullanıcıların geçmiş davranışlarına, tahmini ilgi düzeylerine ve platformun ticari hedeflerine göre sürekli değişen bir akış tarafından şekillenir.

Thorson ve Wells'in "curated flows" yaklaşımı tam da bu noktada önemlidir: modern medya ortamında gündem, bireysel düzeyde kişiselleştirilmiş bir akış olarak üretilir ve her kullanıcı potansiyel olarak farklı bir kamusal dünyanın içinde yaşar. Bu kişiselleştirme düzeyi, gündemin ortak bir toplumsal referans olarak işlevini zayıflatarak, kamusal alanın bütünlüğünü kırılgan hale getirir.

Ağ temelli kapı bekçiliği, bu dönüşümün yapısal mekanizmasını açıklar. Geleneksel kapı bekçiliğinde içerik seçimi profesyonel gazetecilerin kararlarına dayanırken, dijital platformlarda kapı bekçiliği, ağ üzerindeki düğümler arasında işleyen algoritmik süreçlere gömülüdür. Rieder ve Hofmann'ın vurguladığı gibi, platformlar içerik dolaşımını düzenleyen yeni türden bir altyapısal iktidar üretir. Bu iktidar hem görünür hem görünmezdir: görünürdür çünkü kullanıcı akışını doğrudan etkiler; görünmezdir çünkü karar mekanizmaları şeffaf değildir.

Ağ temelli kapı bekçiliğinin en kritik özelliği, ölçeklenebilir oluşudur. Bir haber editörünün etki alanı sınırlıyken, bir sıralama algoritmasının milyarlarca kullanıcıya aynı anda görünürlük dağıtabilmesi, etkiyi hem genişletir hem de derinleştirir. Bu nedenle görünürlük artık bir gazetecinin editöryel kararından değil, makine öğrenimi modellerinin öngörü gücünden doğar. Platformlar, kullanıcıların dikkatini elde tutmak için duygusal ve çatışmacı içerikleri daha görünür hale getirir; bu içerikler ağ içinde daha hızlı yayılır ve gündem yoğunlaşmasını artırır. Bu süreç aynı zamanda yankı odalarının yapısal temelini güçlendirir. Algoritmalar, kullanıcıların mevcut ilgi ve tutumlarına benzeyen içerikleri önceliklendirirken, karşıt görüşlere maruziyeti azaltır. Bu durum, sadece gündemin daralmasına değil, aynı zamanda toplumsal kutuplaşmanın yapısal olarak derinleşmesine yol açar. Pariser'in "filter bubble" kavramı ile Sunstein'ın yankı odası analizleri birleştiğinde, algoritmik kapı bekçiliğinin kamusal alanı nasıl fragmente ettiği daha net anlaşılır.

Gündem kurma ve ağ temelli kapı bekçiliği literatürü, modern platform ekosisteminde görünürlüğün nasıl yeniden üretildiğini açıklayan kritik teorik temeli sağlar. Bu alt bölüm, AKM'nin ikinci boyutunu oluşturan "görünürlük mimarisi"ni kavramsal olarak netleştirmiştir. Bir sonraki bölümde, bu mimarinin kullanıcının bilişsel işleme biçimleriyle nasıl etkileşime girdiğini ele alacağım.

2.3 İkna ve İşleme Yolları (ELM)

Dijital platformların iletişim üzerindeki etkisini anlamak için en kritik kuramsal çerçevelerden biri, Petty ve Cacioppo'nun Ayrıntılı Düşünme Modeli'dir (ELM). Bu model, bireylerin iletileri iki temel bilişsel rota üzerinden işlediğini savunur: merkezi ve çevresel. Merkezi rota, argüman kalitesi, kanıt gücü ve mantıksal tutarlılık gibi içerik temelli unsurlara dayanırken; çevresel rota, mesajın biçimsel ipuçlarına, popülerlik göstergelerine, kaynak cazibesine ve sosyal kanıt niteliğindeki etkileşim sinyallerine dayanır. Dijital platformların mimarisi incelendiğinde, optimizasyon mantığının kullanıcıları sistematik biçimde çevresel işleme yönlendirdiği görülür.

Merkezi işlemeyi tetikleyen koşullar görece yüksektir: bireyin mesaja zaman ayırmak istemesi, bilişsel kaynaklarının elverişli olması ve iletinin kişisel olarak önemli bulunması gerekir. Ancak dijital ortamda kullanıcılar, çok hızlı akan ve bitmeyen bir içerik seline maruz kaldığından, bilişsel yük neredeyse sürekli yüksektir. Sürekli bildirimler, sonsuz kaydırma mimarisi, kısa biçimli içerik formatları ve yoğun duygusal çağrışımlar, kullanıcıların merkezi rota için gerekli bilişsel odağı kurmasını zorlaştırır. Dolayısıyla platform tasarımı, yapısal olarak çevresel işleme için daha elverişli bir zemin oluşturur.

Çevresel ipuçlarının gücü özellikle sosyal medya ortamında olağanüstü derecede artar. Beğeni, paylaşım, yorum sayısı, görüntülenme miktarı ve sıralama konumu gibi göstergeler, kullanıcının bir içeriğin güvenilirliğini veya önemini değerlendirirken başvurduğu hızlı kestirme yollar hâline gelir. Messing ve Westwood'un çalışmaları, sosyal kanıt sinyallerinin politik içeriklerde dahi argüman kalitesinden daha güçlü bir etki yaratabildiğini göstermiştir. Bu bulgu, algoritmaların görünürlüğü sıralarken popülerlik sinyallerini ödüllendirdiği platformlarda daha da kritik bir rol oynar.

ELM'nin dijital bağlamda en önemli katkısı, düşük kaliteli argümanların neden ve nasıl yüksek etki yaratabildiğini açıklamasıdır. Kullanıcılar, yoğun bilişsel yük altında hızlı karar alma eğiliminde olduğundan, içeriğin ayrıntılarını incelemek yerine yüzeysel ipuçlarına dayanır. Örneğin, bir içeriğin çok paylaşılmış olması, "herkes böyle düşünüyor" biçiminde bir sezgisel çıkarıma yol açar. Bu mekanizma, duygusal ve kutuplaştırıcı içeriklerin hızla yayılmasını kolaylaştırır. Algoritmalar ise bu içeriği daha görünür hâle getirerek döngüyü pekiştirir.

ELM ayrıca dikkat ekonomisinin psikolojik temelini de açıklar. Dijital platformlar, kullanıcının dikkatini elde tutmak için rekabet ettiğinden, duygusal yoğunluğu yüksek içerikler merkezi konuma yerleşir. Öfke, korku, şaşkınlık ve moral üstünlük hissi gibi duygular, bilişsel kestirme yollar üzerinden hızlı tepkiler üretir; merkezi işleme sürecini bypass eder. Bunun sonucu, tartışmaların gerekçelendirme yerine duygu aktarımına dayanmasıdır. Bu durum kamusal alanın niteliğini doğrudan zayıflatır; çünkü kamusal akıl yürütme, bilişsel emek gerektiren bir süreçtir.

ELM, algoritmik ortamda iknanın nasıl işlediğini açıklayan temel psikolojik çerçeveyi sağlar. Dijital platformlar, kullanıcıların çevresel ipuçlarına aşırı bağımlı hâle geldiği bir iletişim düzeni yaratmakta; bu düzen, içerik kalitesi ile görünürlük arasındaki ilişkiyi zayıflatmaktadır. Bu alt bölüm, AKM'nin bilişsel boyutunu açıklamış; bir sonraki bölümde çevrimiçi müzakere kalitesini belirleyen ölçütleri ayrıntılandıracağım.

2.4 Çevrimiçi Müzakere Ölçütleri

Dijital ortamların kamusal tartışma üzerindeki etkisini anlamak için yalnızca görünürlük ve bilişsel işleme süreçlerine bakmak yeterli değildir; aynı zamanda tartışmaların niteliğinin hangi ölçütlerle değerlendirileceği de kavramsal bir çerçeve gerektirir. Çevrimiçi müzakere literatürü, dijital iletişimde "iyi tartışma"yı tanımlamak için bir dizi göstergenin kritik rol oynadığını ortaya koymuştur. Bu göstergeler arasında maruz kalma çeşitliliği, gerekçelendirme yoğunluğu, karşı-görüşle etkileşim, nezaket düzeyi, kanıt kullanımı ve argüman yapısının açıklığı yer alır. Bu ölçütlerin her biri, kamusal alanın epistemik gücünün nasıl şekillendiğini anlamak için gereklidir.

Maruz kalma çeşitliliği, çevrimiçi müzakerenin en önemli göstergelerinden biridir. Bakshy, Messing ve Adamic'in Facebook verisiyle yaptığı büyük ölçekli çalışma, kullanıcıların ideolojik olarak kendilerine yakın kaynaklara daha fazla maruz kaldığını ve platform algoritmalarının bu eğilimi pekiştirdiğini göstermiştir. Çeşitliliğin azalması, kullanıcıların alternatif görüşlerle karşılaşma ihtimalini düşürür; bu da tartışma kalitesini doğrudan zayıflatır. Karşı-görüş eksikliği, fikirlerin gerekçelendirilmesi yerine teyit edilmesini teşvik eder; bu durum yankı odalarının oluşumuna katkıda bulunur.

Gerekçelendirme yoğunluğu, argümanların niteliğini belirleyen temel ölçektedir. Bir tartışmada sunulan görüşlerin güçlü kanıtlarla desteklenmesi, mantıksal bağlam içinde açıklanması ve karşı argümanlara yönelik tutarlı yanıtlar üretilmesi, müzakere kalitesinin yükseldiği anlamına gelir.

Ancak dijital platformlarda duygusal tepki üretmeye odaklanan içerik formatları—kısa videolar, sloganvari paylaşımlar, görsel sadelik—gerekçelendirme gerektiren karmaşık düşüncelerin dolaşımını zorlaştırır. Bu nedenle gerekçelendirme yoğunluğu giderek azalmakta, kullanıcılar hızla tüketilebilen tepkisel iletilere yönelmektedir.

Karşı-görüşle etkileşim de müzakerenin sağlıklı olup olmadığını belirleyen önemli bir göstergedir. Sağlıklı bir tartışma, yalnızca benzer düşünen bireylerin birbirini onaylamasıyla değil, farklı görüşlerin karşılaşması ve eleştirel bir biçimde değerlendirilebilmesiyle mümkündür. Ancak algoritmik kürasyon, kullanıcıların mevcut inançlarıyla uyumlu içerikleri görme olasılığını artırdığından, karşı-görüşle etkileşim sınırlanır. Bu durum, hem kutuplaşmayı artırır hem de müzakere niteliğini zayıflatır. Çünkü karşı argümanlara maruz kalmamak, bireyin kendi düşüncesini gerekçelendirme ihtiyacını azaltır.

Nezaket düzeyi ve söylem kalitesi de dijital müzakerenin önemli bileşenlerindendir. Araştırmalar, anonimlik ve platformların cezalandırma/ödüllendirme mekanizmalarının söylem tonunu doğrudan etkilediğini göstermektedir. Duygusal içerikler daha fazla etkileşim aldığı için, öfke, küçümseme ve alay içeren söylemler görünürlük kazanır. Bu durum, müzakereci demokrasi ilkeleriyle çelişir; çünkü rasyonel tartışma, saygı ve karşılıklı anlayış gerektirir.

Argüman yapısının açıklığı da değerlendirilmesi gereken bir göstergedir. Argümanın hangi öncüllere dayandığı, hangi sonuçlara ulaştığı, hangi kanıtlarla desteklendiği açıkça izlenebilir olmalıdır. Platformların hızlı tüketime dayalı tasarımı, bu tür yapılandırılmış iletilerin dolaşımını sınırlar.

Bu alt bölüm, çevrimiçi müzakere kalitesini ölçmenin yollarını ortaya koyarak AKM'nin normatif çerçevesini tamamlamıştır. Şimdi, tüm bu literatürü sentezleyen ana model olan Algoritmik Kamusallık Modelini detaylı olarak kurmaya geçiyorum.

3. ALGORİTMİK KAMUSALLIK MODELİ (AKM)

Dijital platformların kamusal alanın işleyişini dönüştürme biçimi, yalnızca görünürlük tahsisi veya bilgi dolaşımındaki değişimlerle sınırlı değildir; aynı zamanda iletişimin bilişsel, davranışsal ve toplumsal boyutlarını bütüncül bir yapıda yeniden şekillendirir. Bu dönüşümü açıklayabilmek için parçalı kuramsal yaklaşımların ötesine geçen, süreç odaklı ve ölçülebilir bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Algoritmik Kamusallık Modeli (AKM), tam da bu gereksinimden doğar. AKM, içerik özellikleri, kullanıcı profilleri ve ağ bağlamlarını; algoritmik sıralayıcıların işleyişi, sosyal kanıt göstergeleri ve platform tasarımının yönlendirici etkileriyle birleştirerek, çevrimiçi müzakerenin nasıl şekillendiğini sistematik bir süreç içinde açıklar. Model, kamusal alanda ortaya çıkan tartışma dinamiklerini, görünürlükten tutum değişimine uzanan çok katmanlı bir iletişim zinciri olarak ele alır.

Modelin temel varsayımı şudur: Dijital platformlarda iletişim, artık içerik merkezli değil, algoritma merkezlidir. Bu nedenle kamusal tartışmanın niteliğini belirleyen temel mekanizma, kullanıcıların kendi aralarında kurduğu yatay etkileşim değil; platformun görünürlük tahsis eden dikey mimarisidir. İçerik üreticileri, takipçi ağları veya medya kuruluşları elbette belirli ölçüde etkili olmaya devam eder; ancak görünürlüğün nihai belirleyicisi, etkileşim olasılığını artırmayı amaçlayan öngörücü modellerdir. Bu modeller, kullanıcı davranışını sürekli izler, kategorize eder, tahmin eder ve bu tahminlere göre içerik akışını düzenler. Böylece kamusal alan, teknolojik altyapı içinde maddileşmiş bir tartışma zemini hâline gelir.

AKM'nin ikinci varsayımı, çevresel işleme yollarının dijital ortamda sistematik olarak güçlendiğidir. Sosyal kanıt göstergeleri, sıralama konumu, popülerlik sinyalleri ve duygusal yoğunluk içeren iletiler, kullanıcıların bilişsel süreçlerini merkezi işleme yerine yüzeysel kestirmelere yönlendirir. Böylece argüman kalitesi ile görünürlük arasındaki ilişki zayıflar.

Duygusal etkileşim üreten iletiler, mantıksal gerekçelendirme gerektiren tartışmalara kıyasla algoritmik olarak daha avantajlı hâle gelir. Bu durum, müzakere niteliğini yapısal olarak düşüren bir mekanizmadır ve modelin orta katmanını oluşturur.

Üçüncü varsayım ise ağ bağlamının dönüştürücü rolüdür. Dijital platformlar, kullanıcıların karşılaşabileceği içerik havuzunu genişletmiş gibi görünse de, kişiselleştirme katmanları nedeniyle her kullanıcıya sunulan içerik fiilen daralır. Bu daralma, karşı-görüş maruziyetini sınırlayarak yankı odası etkilerini güçlendirir. Aynı zamanda görünürlük dağılımı, belirli içeriklerin hızla yoğunlaşmasına, diğerlerinin ise tamamen görünmez hâle gelmesine yol açar. Ağ bağlamı, böylece hem çeşitlilik hem de tartışma derinliği üzerinde belirleyici bir rol oynar.

AKM, bu üç varsayımı bir araya getirerek iletişim sürecinin dört aşamalı bir yapıda işlediğini savunur: (1) içerik ve kullanıcı girdileri, (2) algoritmik aracı mekanizmalar, (3) görünürlük ve maruziyet çıktıları ve (4) müzakere niteliği. Bu yapı, hem nedensel ilişkileri hem de kavramsal boyutları ölçülebilir hâle getirir. Dolayısıyla model, yalnızca teorik bir çerçeve sunmaz; aynı zamanda ampirik araştırmalar için uygulanabilir bir yol haritası işlevi görür.

AKM'nin en yenilikçi yönlerinden biri, Habermas'ın kamusal alan ilkelerini algoritmik bağlamda yeniden tanımlamasıdır. Erişilebilirlik, artık teknik erişimle değil görünürlükle ilgilidir; kapsayıcılık, içerik üretme hakkıyla değil maruz kalma çeşitliliğiyle ölçülür; gerekçelendirme ise argüman gücüyle değil algoritmanın ödüllendirdiği bilişsel işleme biçimleriyle şekillenir. Böylece model, dijital platformların kamusal alanı nasıl kodla yeniden yazdığını gösterir.

Bu bölümün alt başlıklarında, modelin her bir bileşeni ayrıntılı olarak incelenecek ve bilişsel, toplumsal ve teknolojik süreçlerin nasıl birleşerek modern kamusal alanı şekillendirdiği açıklanacaktır.

3.1 Girdiler: İçerik, Kullanıcı ve Ağ Bağlamı

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin ilk katmanı, dijital iletişim sürecine giren temel bileşenlerden oluşur. Bu katman, görünürlük dağılımının nasıl şekillendiğini ve müzakere niteliğinin hangi ön koşullara bağlı olduğunu anlamak için kritik bir başlangıç noktasıdır. Girdiler üç ana başlıkta ele alınır: içerik özellikleri, kullanıcı profilleri ve ağ bağlamı. Bu unsurların birleşimi, algoritmaların çalıştığı ham malzemeyi oluşturur; yani sıralama sistemleri bu üç bileşenden türetilen sinyaller üzerinden görünürlük tahsisi yapar. Dolayısıyla girdiler yalnızca sürecin başlangıcı değil, aynı zamanda modelin sonraki aşamalarındaki tüm çıktıları belirleyen yapısal değişkenlerdir.

İçerik özellikleri, bir iletinin dijital ortamda nasıl performans göstereceğini belirleyen en temel unsurlardan biridir. Argüman kalitesi, kanıt kullanımı, dilsel karmaşıklık, tematik yoğunluk, duygusal ton ve çerçeveleme biçimi gibi faktörler; içeriğin kullanıcı tarafından nasıl algılanacağını ve algoritma tarafından nasıl işleneceğini doğrudan etkiler. Özellikle duygusal ton ve çerçeveleme, dijital platformlarda güçlü birer belirleyicidir. Çünkü algoritmalar genellikle hızlı etkileşim üreten içerikleri ödüllendirir. Bu nedenle öfke, şaşkınlık, korku veya moral üstünlük hissi uyandıran iletilerin görünürlük kazanma olasılığı daha yüksektir. Buna karşılık teknik doğruluk, epistemik titizlik veya karmaşık gerekçelendirme gerektiren içerikler, etkileşim olasılığı daha düşük olduğundan algoritmik rekabette dezavantajlı hâle gelir. Böylece içerik nitelikleri, tartışma kalitesini daha süreç başlamadan şekillendirmiş olur.

Kullanıcı profilleri, modelin ikinci girdisini oluşturur. Kullanıcıların bilişsel ihtiyaç düzeyleri, siyasi tutumları, medya okuryazarlığı, geçmiş etkileşim davranışları, ilgi alanları ve sosyal ağ yapıları; algoritmalar için güçlü sınıflandırma sinyalleridir. Platformlar her kullanıcıyı, davranışsal izlerinden yola çıkarak bir küme içine yerleştirir ve içerik akışını bu kümeye özgü tahminlerle biçimlendirir.

Kullanıcının önceki tercihlerine benzer içerikler gösterilir; maruz kalma alanı giderek homojenleşir. Bu mekanizma, hem yankı odası oluşumunu hızlandırır hem de bireyin karşı-görüşle temasını azaltır. Ayrıca kullanıcıların bilişsel ihtiyaç düzeyleri düşükse, çevresel ipuçlarına daha duyarlı hâle gelirler; bu durum algoritmik görünürlüğün duygusal içerikleri sistematik biçimde avantajlı kılmasını daha da güçlendirir.

Ağ bağlamı ise modelin üçüncü girdisidir ve en az içerik ve kullanıcı özellikleri kadar belirleyici bir rol oynar. Dijital platformlar, yalnızca bireysel kullanıcıların davranışlarını değil, aynı zamanda içeriklerin ağ içinde nasıl dolaştığını da analiz eder. Bir içeriğin hangi düğümlerden geçtiği, hangi tür kullanıcılar tarafından paylaşıldığı, ağdaki bağlantı yoğunluğu ve kümelenme düzeyi, algoritmik sıralama için güçlü sinyaller üretir. Örneğin, bir içeriğin yüksek etkileşim alan bir kullanıcı tarafından paylaşılması, aynı içeriğin daha geniş kitlelere önerilme olasılığını artırır. Böylece platformun ağ yapısı, görünürlük tahsisinin matematiksel temelini oluşturur. Ayrıca ağ bağlamının kutuplaşma seviyeleri, maruziyet çeşitliliğini doğrudan etkiler; yoğun kümelenmiş ağlarda içerik çeşitliliği düşer, tartışmalar daha çok kendi iç dinamiklerine kapanır.

AKM'nin girdiler katmanı, algoritmaların çalıştığı veri alanını tanımlar ve bu nedenle modelin tüm sonraki aşamalarının belirleyicisidir. İçerik nitelikleri, kullanıcı profilleri ve ağ bağlamı birlikte, dijital kamusal alanın temel koordinat sistemini oluşturur. Bir sonraki alt bölümde, bu girdilerin algoritmalar tarafından nasıl dönüştürülerek görünürlük rejimi hâline geldiğini açıklayan "aracı mekanizmalar" ayrıntılandırılacaktır.

3.2 Aracı Mekanizmalar: Sıralayıcılar, Sosyal Kanıt ve Optimizasyon Mantığı

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin ikinci katmanı, içerik ve kullanıcı girdilerinin görünürlük çıktısına dönüşümünü sağlayan kritik süreçlerden oluşur. Bu süreçler, dijital platformların kalbinde yer alan sıralayıcı sistemlerin işleyişi, sosyal kanıt göstergelerinin bilişsel etkileri ve optimizasyon mantığının yapısal sonuçlarıdır. Aracı mekanizmalar, girdiler ile görünürlük arasında işleyen "kara kutu"ya karşılık gelir; bu nedenle kamusal alanın dijital bağlamda nasıl işlendiğini anlamak için bu katmanın ayrıntılı biçimde çözümlenmesi gerekir. Dijital platformlar, görünürlüğü bireylerin veya kurumların öznel kararlarıyla değil, bu aracı mekanizmaların otomatik ve sürekli çalışan süreçleri aracılığıyla dağıttığı için modelin en kritik katmanı tam olarak burasıdır.

Sıralayıcı sistemler (rankers), kullanıcıya hangi içeriğin gösterileceğini belirleyen algoritmik düzeneklerdir. Bu sistemler tipik olarak iki aşamalı çalışır: önce kullanıcı için potansiyel olarak ilgilenilebilir içerikler geniş bir havuzdan seçilir, ardından bu içerikler etkileşim olasılığına göre sıralanır. Etkileşim olasılığını belirlemek için makine öğrenimi modelleri kullanılır; bu modeller, kullanıcı davranışlarının geçmiş verilerini analiz eder ve gelecekte hangi içeriklere tıklama, beğenme veya paylaşma ihtimalinin daha yüksek olduğunu tahmin eder. Böylece sıralayıcılar, kullanıcıya görünür hâle gelen içerik akışını şekillendirir ve içerik niteliklerinin tartışma üzerindeki etkisini dolaylı hâle getirir. Çünkü görünürlük, artık içerik kalitesinin değil, algoritmaların öngördüğü etkileşim potansiyelinin bir fonksiyonudur.

Sosyal kanıt göstergeleri ise bu sıralama sürecinin bilişsel ayağını oluşturur. Dijital platformlarda içeriklerin yanında görünen beğeni sayıları, yorum miktarları, paylaşım düzeyleri ve izlenme oranları, kullanıcıların içerik değerlendirme biçimlerini önemli ölçüde yönlendirir. Bu göstergeler, ELM çerçevesinde çevresel ipuçlarıdır ve merkezi işlemeyi devre dışı bırakarak hızlı kanaat oluşumunu kolaylaştırır. Kullanıcı, içeriğin değerini argüman gücünden ziyade popülerlik sinyallerine dayanarak değerlendirir. Böylece düşük kaliteli içerikler yüksek popülerlik kazandığında, sıralayıcı sistemler bunları daha görünür kılar; bu görünürlük daha fazla etkileşim üretir ve popülerlik daha da artar.

Bu geri besleme döngüsü, algoritmik kamusallığın temel dinamiklerinden biridir ve tartışma niteliğini yapısal olarak zayıflatır.
Optimizasyon mantığı, bu mekanizmaların birleştiği üst düzey tasarım ilkesidir. Platformlar kullanıcıların dikkatini mümkün olduğunca uzun süre elde tutmayı hedeflediği için, sıralayıcı sistemler nesnel kaliteyi değil, duygusal tepki üretme potansiyelini ödüllendirir. Bu durum, öfke veya kutuplaşma içeren içeriklerin sürekli olarak avantaj kazanmasına yol açar. Toplumsal fayda veya epistemik doğruluk, optimizasyon mantığının bir parçası değildir; algoritmanın amacı kullanıcı davranışını öngörmek ve bu öngörü üzerinden etkileşimi artırmaktır. Böylece kamusal alan, ekonomik motivasyonlarla çalışan otomatik süreçler tarafından düzenlenir.
Aracı mekanizmaların en kritik sonucu, görünürlüğün sistematik olarak belirli içeriklere yoğunlaşmasıdır. Bu yoğunlaşma, hem çeşitliliği azaltır hem de tartışma ekosistemini duygusal yükü yüksek iletilere bağımlı hâle getirir. Ayrıca bu süreçler şeffaf değildir; kullanıcı hangi içeriği neden gördüğünü bilmez, platform ise bu kararları açıklamak zorunda değildir.
Aracı mekanizmalar, AKM'nin çekirdeğini oluşturur; görünürlüğü belirleyen dinamikleri kavramsal ve işlevsel düzeyde tanımlar. Bir sonraki bölümde, bu mekanizmaların ürettiği görünürlük çıktılarının çevrimiçi müzakereyi nasıl yapılandırdığı ayrıntılandırılacaktır.

3.3 Mekanizma ve Süreçler: Görünürlük, Maruziyet ve Bilişsel Rota

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin üçüncü katmanı, dijital platformlarda içeriklerin kullanıcıyla nasıl buluştuğunu, görünürlüğün hangi süreçlerle dağıtıldığını ve bu sürecin bilişsel işleme biçimlerini nasıl yönlendirdiğini açıklayan mekanizmalardan oluşur. Bu aşama, girdiler ve aracı mekanizmalar tarafından şekillenen içerik havuzunun, kullanıcıya sunulan nihai deneyime dönüşmesinde kritik bir rol oynar. Görünürlük tahsisi, maruziyet çeşitliliği ve bilişsel rota seçimi birbiriyle sıkı bir ilişki içindedir; dolayısıyla bu süreçler ayrı ayrı değil, bütünsel bir iletişim zinciri olarak ele alınmalıdır.
Görünürlük tahsisi, sıralayıcıların öngörücü hesaplamaları sonucunda hangi içeriğin ne kadar ön plana çıkarılacağını belirleyen yapısal bir süreçtir. Bu süreç, içeriklerin platform içinde aldığı ilk ivmeyi belirlediği için, müzakere niteliğinin temel belirleyicisidir. Örneğin bir içerik başlangıçta birkaç güçlü etkileşim alırsa, algoritma bu içeriğin daha geniş bir kullanıcı kitlesiyle etkileşime girme olasılığını yüksek görür ve görünürlüğü artırır. Böylece erken aşamada elde edilen sınırlı bir etkileşim, sistematik bir görünürlük avantajına dönüşür. Bu avantaj, çoğu zaman içerik kalitesiyle doğrudan ilişkili değildir; yüksek duygusal etki yaratan içerikler, düşük kaliteli olsa bile görünürlük kazanır. Bu durum, kamusal akıl yürütme için gerekli olan nitelikli içeriklerin arka planda kalmasına yol açar.
Maruziyet çeşitliliği, görünürlük tahsisinin doğrudan bir sonucudur. Kullanıcı, kendi davranış profilinin algoritmalar tarafından yorumlanmasıyla oluşturulan kişisel bir bilgi balonu içinde dolaşır. Bu balon, kullanıcının geçmişte ilgi gösterdiği içerik türleriyle tutarlı bir akış sunar. Böylece karşı-görüşlerin görünürlük olasılığı düşer. Maruziyetin daralması, bireyin entelektüel ufkunu sınırlar ve kamusal tartışmanın farklı perspektifler üzerinden zenginleşmesini engeller. Bu nedenle maruziyet çeşitliliği yalnızca niceliksel bir ölçüt değil, kamusal alanın epistemik gücünü doğrudan etkileyen bir değişkendir. Çeşitliliğin azalması, tartışmaların doğrulanmış önyargıların tekrarlandığı, gerekçelendirme ihtiyacının azaldığı kapalı devre iletişim ortamlarına dönüşmesine yol açar.
Bilişsel rota seçimi ise bu sürecin psikolojik sonucudur. Kullanıcılar, karşılaştıkları içerikleri merkezi veya çevresel bilişsel yollarla işler. Dijital platformlarda hızlı akan akış, sınırsız seçenek ve yüksek bilişsel yük, merkezi işlemeyi zorlaştırır.

Bu durumda bireyler, içerik kalitesi yerine kolay erişilebilen işaretlere—beğeni sayısı, paylaşım oranı, sıralama konumu veya görsel uyarıcılara—dayanarak karar verir. Bu durum, düşük kaliteli içeriklerin beklenenden daha etkili olmasına neden olur. Çünkü çevresel rota, argümanın gücünü değil, algılanan sosyal kanıtı ödüllendirir. Böylece tartışmaların kalitesi, platform tasarımının bilişsel etkileri nedeniyle sistematik biçimde düşer.

Görünürlük, maruziyet ve bilişsel rota arasındaki etkileşim, kamusal alanın dijital formunu belirleyen temel mekanizmalardır. Bu süreç yalnızca bireysel kararları değil, toplumsal sonuçları da şekillendirir. Kutuplaşma, yanlış bilgilendirme ve duygusal yoğunluklu tartışmalar; bu üç mekanizmanın birleşmesinden doğar. Algoritmik Kamusallık Modeli, bu süreci teorik olarak görünür kılarak, hem eleştirel analiz hem de ampirik test için bir çerçeve oluşturur.

3.4 Çıktılar: Müzakere Niteliği, Gündem Yoğunlaşması ve Kutuplaşma

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin çıktılar katmanı, görünürlük, maruziyet ve bilişsel işleme süreçlerinin toplu etkisinin kamusal alan üzerinde ürettiği sonuçları temsil eder. Bu sonuçlar yalnızca bireysel iletişim davranışlarının toplamı değildir; aksine, platform ölçeğinde ortaya çıkan sistemik eğilimlerdir. Üç temel çıktı öne çıkar: müzakere niteliği, gündem yoğunlaşması ve toplumsal kutuplaşma. Bu çıktılar, dijital kamusallığın epistemik kalitesini ve demokratik işleyişini belirleyen en kritik göstergelerdir.

Müzakere niteliği, dijital ortamda tartışmaların ne kadar rasyonel, kanıta dayalı, gerekçelendirilmiş ve karşı-görüşe açık olduğunu ölçer. Merkezî işleme yerine çevresel işleme rotasının yaygınlaşması, gerekçelendirme yoğunluğunu zayıflatır. Sıralayıcılar, duygusal tepki üreten içerikleri ödüllendirdiğinden, tartışmaların tonu giderek tepkisel ve yüzeysel hâle gelir. Bu durum, epistemik açıdan zayıf fakat duygusal açıdan güçlü içeriklerin görünürlüğünü artırır. Böylece platform, nitelikli tartışmalar için gerekli olan yavaş düşünme süreçlerini dezavantajlı hâle getirir. Argüman kalitesine dayalı bir iletişim düzeni yerine, duygusal salınımların hızla dolaştığı ve karşıt görüşlerin birbirine nüfuz etmediği bir tartışma ekosistemi oluşur. Kamusal akıl yürütme kapasitesi böylece zayıflar.

Gündem yoğunlaşması, platform ölçeğinde hangi konuların aşırı görünür hâle geldiğini ve kamusal dikkat alanının ne ölçüde daraldığını gösterir. Algoritmik sıralayıcılar, etkileşim üreten içerik türlerini hızla yukarı taşıyarak belirli meselelerin görünürlüğünün yoğunlaşmasına neden olur. Bu mekanizma, haber değeri düşük fakat duygusal değeri yüksek olan içerikleri gündemin merkezine yerleştirebilir. Böylece kamu yararı açısından kritik olan konular arka planda kalırken, tepkisel, sansasyonel veya kutuplaştırıcı meseleler gündemi belirler hale gelir. Gündem yoğunlaşması aynı zamanda bilgi çeşitliliğini azaltır; kullanıcılar farklı temalara değil, benzer içeriklerin tekrarlarına maruz kalır. Bu da kamusal alanın genişliğini daraltır ve toplumun ortak referans çerçevesini zayıflatır.

Kutuplaşma ise bu çıktıların en önemli ve en geniş etkiye sahip olanıdır. Maruziyet çeşitliliğinin azalması ve yankı odalarının güçlenmesi, bireylerin yalnızca kendi görüşleriyle uyumlu içeriklere maruz kalmasına yol açar. Bu süreç bilişsel doğrulama yanlılığını pekiştirir; karşıt görüşler düşmanlaştırılır, farklı düşünenlerle empati kurma kapasitesi azalır. Duygusal içeriklerin görünürlük kazanması, tartışmaların tonunu sertleştirir ve toplumsal ayrışmayı derinleştirir. Kutuplaşma yalnızca siyasi değil, kültürel ve moral topluluklar arasındaki mesafeyi de artırır. Algoritmik mimari, bu ayrışmayı hızlandıran bir çarpan etkisi yaratır.

Bu üç çıktı birlikte değerlendirildiğinde, dijital kamusallığın yapısal karakteri ortaya çıkar: görünürlük duygusal içeriğe yoğunlaşır, tartışmalar yüzeyselleşir, gündem daralır ve toplumsal ayrışma derinleşir. AKM, bu sonuçların rastlantısal değil, algoritmik süreçlerin birleşik etkisi olduğunu gösterir. Böylece model, dijital kamusal alanın geleceğini anlamak ve iyileştirmek için hem analitik hem de uygulamaya dönük bir çerçeve sunar.

4. ARAŞTIRMA SORULARI VE HİPOTEZLER

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin kuramsal temelleri, dijital platformların kamusal alanı nasıl yeniden yapılandırdığını açıklamak üzere çok katmanlı bir çerçeve sunmaktadır. Ancak modelin açıklayıcı gücünün sınanabilmesi ve dijital müzakerenin yapısal dinamiklerinin ampirik olarak test edilebilmesi için araştırma soruları ve hipotezlerin sistematik biçimde geliştirilmesi gerekir. Bu bölüm, AKM'nin kuramsal bileşenlerini ölçülebilir ve operasyonelleştirilebilir değişkenlere dönüştüren bir araştırma programı ortaya koymaktadır. Bu program, hem algoritmik görünürlük süreçlerini hem kullanıcıların bilişsel işleme dinamiklerini hem de çevrimiçi tartışmaların epistemik niteliğini bütünlüklü olarak incelemeyi amaçlar.

Dijital platformlar, görünürlüğü sıralama algoritmalarının öngörülerine göre dağıtırken, kamusal alanın temel ilkelerini yeniden yazmaktadır. Bu yeniden yazım, özellikle üç kritik alanda yoğunlaşır: görünürlük dağılımının eşitsizliği, bilişsel rota seçiminin çevresel işleme lehine kayması ve maruziyet çeşitliliğinin azalması. Bu alanların her biri, hem birey hem toplum düzeyinde önemli sonuçlar doğurur. Örneğin görünürlük eşitsizliği, bazı içeriklerin hızla geniş kitlelere ulaşmasına yol açarken diğerlerini neredeyse tamamen görünmez kılar. Bu durum, bilgi ekosisteminin dengesini bozar ve kamusal tartışmanın hangi meseleler etrafında şekilleneceğini belirler. Bilişsel rota seçiminin çevresel işleme yönünde olması, kullanıcıları nitelikli argümanlardan ziyade popülerlik sinyallerine duyarlı hâle getirir. Maruziyet çeşitliliğinin azalması ise kutuplaşmayı artırır ve karşı-görüşe açıklığı zayıflatır.

Bu bağlamda geliştirilecek araştırma soruları, algoritmik süreçlerin müzakere niteliği üzerindeki nedensel etkilerini açığa çıkarmaya yönelik olmalıdır. İlk olarak, görünürlük tahsisinin nasıl işlediği ve sıralayıcıların bilgi ekosistemini nasıl yapılandırdığı sorulmalıdır. Algoritmaların hangi içerikleri hangi kullanıcı gruplarına gösterdiği, maruziyet çeşitliliğini ve gündem yoğunlaşmasını doğrudan etkiler. Bu nedenle görünürlük mekanizmasının deneysel ve gözlemsel yöntemlerle incelenmesi gerekmektedir.

İkinci olarak, algoritmik statünün argüman kalitesi algısını nasıl etkilediği kritik bir sorudur. Kullanıcı, yüksek sıralamaya sahip bir içeriği otomatik olarak daha güvenilir veya daha önemli olarak değerlendirebilir. Bu eğilim, popülerlik ipuçlarının bilişsel kestirme olarak kullanılmasının bir sonucudur. Bu süreç, düşük kaliteli içeriklerin bile yüksek ikna gücüne sahip olmasıyla sonuçlanabilir.

Üçüncü araştırma alanı, maruziyet çeşitliliğinin hangi koşullarda daraldığı ve bunun müzakere niteliğine nasıl yansıdığıdır. Kişiselleştirme katmanları, kullanıcıları yalnızca ilgi alanlarına uygun içeriklerle buluşturur. Bu durum, karşı-görüş maruziyeti ve gerekçelendirme yoğunluğu üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir.

Son olarak, bu süreçlerin tümü düşünsel bir soyutlamanın ötesine geçerek operasyonalize edilmeli ve deneysel, denetim temelli ve iz analizi yöntemleriyle sınanmalıdır. Bu bölümde geliştirilen hipotezler, AKM'nin her bir katmanının test edilebilir öngörülerini temsil eder ve modelin bilimsel olarak doğrulanabilir bir yapıya sahip olmasını sağlar.

Araştırma soruları ve hipotezler, dijital kamusal alanın nasıl işlediğini yalnızca betimlemekle kalmaz; aynı zamanda bu işleyişin demokratik süreçler, kolektif akıl yürütme ve toplumsal istikrar üzerindeki etkilerini ortaya koyar. Böylece bu bölüm, hem modelin uygulanabilirliğini artırır hem de ilerleyen bölümlerde sunulan çok yöntemli araştırma tasarımının mantıksal temelini oluşturur.

4.1 Araştırma Soruları

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin kuramsal yapısı, dijital platformların kamusal alanı nasıl yeniden düzenlediğini çok boyutlu bir şekilde açıklamaktadır. Ancak modelin ampirik olarak sınanabilmesi ve dijital müzakerenin nasıl işlediğine dair daha güçlü çıkarımlar yapılabilmesi için açık, sistematik ve operasyonelleştirilebilir araştırma sorularının geliştirilmesi zorunludur. Bu sorular, modelin her bir katmanını—girdiler, aracı mekanizmalar, süreçler ve çıktılar—nedensel ve ölçülebilir parametreler üzerinden incelemeyi hedefler. Böylece AKM yalnızca kuramsal bir çerçeve olmaktan çıkar; aynı zamanda deneysel ve gözlemsel çalışmalar için uygulanabilir bir araştırma programına dönüşür.

İlk araştırma alanı, algoritmik görünürlük tahsisinin yapısal mantığıyla ilgilidir. Bu bağlamda temel soru şudur: Dijital platformların sıralama algoritmaları, kullanıcıların karşılaştığı içeriklerin görünürlüğünü hangi ölçütlere göre dağıtmaktadır? Bu sorunun yanıtı yalnızca algoritmanın teknik parametrelerinin değil, aynı zamanda platformun ticari önceliklerinin, kullanıcı davranış kalıplarının ve sosyal kanıt göstergelerinin anlaşılmasını gerektirir. Algoritmaların görünürlüğü hangi içeriklere yoğunlaştırdığı, kamusal tartışmanın yönünü belirleyen kritik bir değişken hâline gelmiştir. Bu nedenle görünürlük tahsisinin mekanizmalarını ve sonuçlarını inceleyen sorular modelin çekirdeğini oluşturur.

İkinci araştırma alanı, kişiselleştirme süreçlerinin kullanıcıların karşı-görüşlere maruz kalma olasılığını nasıl etkilediğidir. Bu bağlamda temel soru şudur: Kişiselleştirilmiş akışlar, kullanıcıların farklı ideolojik veya epistemik perspektiflere maruz kalmasını hangi koşullarda sınırlar? Bu soru, algoritmanın kullanıcı profillerini nasıl yapılandırdığını ve maruziyet çeşitliliğini nasıl daralttığını anlamak için kritiktir. Maruziyet daralması, yankı odalarının oluşmasına ve kutuplaşmanın artmasına zemin hazırladığı için, kamusal alanın epistemik kapasitesini doğrudan etkiler.

Üçüncü araştırma alanı, sıralama statüsünün argüman kalitesine ilişkin algıyı nasıl şekillendirdiğini inceler. Kullanıcılar, yüksek sıralamaya sahip içerikleri daha güvenilir, önemli veya ikna edici olarak değerlendirebilir. Dolayısıyla temel soru şudur: Algoritmik statü, düşük kaliteli içeriklerin dahi yüksek ikna gücüne sahip görülmesine yol açar mı? Bu soru, ELM çerçevesindeki çevresel ipuçlarının etkisini test etmek açısından kritik önemdedir. Popülerlik sinyallerinin bilişsel kestirme olarak kullanılması, tartışmaların niteliğini belirgin biçimde zayıflatabilir.

Dördüncü araştırma alanı ise görünürlük yoğunlaşması ile müzakere niteliği arasındaki ilişkiye odaklanır. Bu bağlamda temel soru: Görünürlüğün belirli içeriklerde aşırı yoğunlaşması, tartışmaların gerekçelendirme düzeyini ve epistemik değerini nasıl etkiler? Eğer görünürlük yoğunlaşması düşük kaliteli içeriklere avantaj sağlıyorsa, müzakere niteliğinin düşmesi yapısal bir sonuç hâline gelir. Bu nedenle görünürlük yoğunlaşmasının tartışma ekosistemi üzerindeki etkilerinin ampirik olarak incelenmesi gerekir.

Bu araştırma sorularının bir diğer kritik boyutu da yönetişim ve tasarım müdahalelerinin etkisine ilişkindir. Bu çerçevede şu soru önemlidir: Çeşitlilik kotası, sıralama açıklamaları veya kronolojik akış gibi müdahaleler, algoritmik süreçlerin olumsuz etkilerini azaltabilir mi? Bu tür sorular, demokratik kamusallığı güçlendiren pratik çözümlerin geliştirilmesi açısından değerlidir.

Bu araştırma soruları birlikte değerlendirildiğinde AKM'nin tüm katmanları sistematik bir şekilde sınanabilir hâle gelir. Böylece modelin hem teorik hem ampirik gücü pekişir.

4.2 Hipotezler

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin açıklayıcı gücünün sınanabilmesi, modelin temel varsayımlarını ampirik olarak test edilebilir hipotezlere dönüştürmeyi gerektirir. Hipotezler, hem görünürlük tahsisi hem maruziyet çeşitliliği hem de müzakere niteliği üzerine odaklanarak modelin çok katmanlı yapısını bilimsel bir çerçeveye oturtur. Bu çerçeve, dijital platformlardaki algoritmik süreçlerin nasıl çalıştığını, bu süreçlerin kullanıcı davranışıyla nasıl etkileşime girdiğini ve nihayetinde kamusal alanın epistemik kalitesini nasıl şekillendirdiğini test etmeyi amaçlar. Hipotezlerin her biri, modelin belirli bir bileşenini ölçülebilir hâle getirir ve farklı yöntemlerle doğrulanmasına olanak tanır.

H1: Etkileşim-optimizasyonlu sıralayıcılar, görünürlüğü belirli içeriklerde yoğunlaştırır ve kamusal dikkat alanının daralmasına yol açar.

Bu hipotez, platform algoritmalarının etkileşim üretme potansiyeli yüksek içerikleri sistematik olarak ödüllendirdiği varsayımına dayanır. Başlangıçta küçük bir etkileşim farkı bile görünürlüğün artmasına yol açabileceğinden, bu süreç belirli içeriklerin orantısız biçimde öne çıkmasına neden olur. Bu dinamik, gündem yoğunlaşmasını artırır ve platform ölçeğinde görünürlük dağılımını dengesizleştirir. Metrikler arasında görünürlük eşitsizliği indeksleri, içerik dağılım eğrileri ve ilk-10 öneri oranları kullanılabilir.

H2: Popülerlik ve sıralama ipuçları, düşük kaliteli argümanların algılanan ikna ediciliğini artırır.

Bu hipotez, ELM'nin çevresel ipuçlarıyla ilgili temel çıkarımına dayanır. Kullanıcılar, bilişsel yük altında içerik kalitesini değerlendirmek yerine popülerlik göstergelerine dayanır. Dolayısıyla yüksek sıralama statüsüne sahip bir içeriğin, düşük kalitede olsa bile daha ikna edici görünmesi beklenir. Bu hipotez, 2×2 faktöryel deney tasarımıyla—argüman kalitesi × algoritmik statü—net biçimde test edilebilir. Böylece popülerlik sinyallerinin bilişsel kestirme olarak kullanılması ampirik olarak doğrulanabilir.

H3: Kişiselleştirme derinliği arttıkça karşı-görüşe maruz kalma azalır; bu ilişki kullanıcıların ön-tutumlarrı tarafından modere edilir.

Bu hipotez, algoritmaların kullanıcı profillerini benzer içeriklerle beslemeye eğilimli olduğu yönündeki literatüre dayanır. Kişiselleştirme katmanlarının derinliği arttıkça, farklı görüşlerin akışta yer bulma ihtimali düşer. Ancak bu etki her kullanıcıda aynı şiddette görülmeyebilir; özellikle güçlü siyasi veya ideolojik tutumlara sahip bireylerin karşı-görüşten daha fazla uzaklaştığı gözlemlenebilir. Bu nedenle ön-tutumlar moderatör değişken olarak modele dahil edilir.

H4: Görünürlük yoğunlaşması arttıkça müzakere niteliği düşer; gerekçelendirme yoğunluğu azalır ve nezaketsizlik artar.

Bu hipotez, görünürlük, duygusal ton ve tartışma kalitesi arasındaki etkileşimi açıklamaktadır. Görünürlük, duygusal veya çatışmacı içeriklerde yoğunlaştığında, tartışma ekosisteminin tonu daha sert ve daha yüzeysel hâle gelir. Bu süreç, gerekçelendirme düzeyini düşürür ve tartışmalarda nezaketsizlik oranını artırır. Çevrimiçi yorum zincirlerinin kodlanması ve metin analizi bu ilişkinin ölçülmesini sağlar.

H5: Çeşitlilik kotası, sıralama açıklamaları ve kronolojik akış gibi yönetişim müdahaleleri, H2–H4'te tanımlanan olumsuz etkileri azaltabilir.

Bu hipotez, algoritmik müdahalelerin kamusal alanın kalite göstergeleri üzerinde iyileştirici etki yapabileceğini test eder. Özellikle çeşitlilik kotası görünürlük dağılımını dengelerken; sıralama açıklamaları bilişsel rotayı merkezi işleme yönüne kaydırabilir. Bu nedenle yönetişim araçlarının, algoritmik kamusallığın olumsuz sonuçlarını hafifletme potansiyeli vardır.

Bu hipotezler, AKM'nin tüm katmanlarının deneysel ve gözlemsel yöntemlerle sınanmasını mümkün kılarak modeli bilimsel olarak test edilebilir hâle getirir.

5. YÖNTEM: ÜÇLÜ TASARIM VE ÖLÇÜM

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin öngördüğü ilişkilerin ampirik olarak sınanabilmesi, çok katmanlı ve titizlikle kurgulanmış bir araştırma tasarımı gerektirir. Dijital platformlardaki görünürlük, maruziyet ve bilişsel işleme süreçleri, hem teknik hem davranışsal hem de sosyolojik bileşenler içerdiğinden tek bir yöntemle izlenemez. Bu nedenle çalışma, üç tamamlayıcı yöntemden oluşan bir metodolojik çerçeve benimser: algoritma denetimi, deneysel manipülasyon ve karma yöntemli iz analizi. Bu üç yaklaşım birbirini tamamlar; biriyle elde edilen bulgular diğerinin sağladığı içgörülerle güçlendirilir ve sonuçta bütünlüklü bir değerlendirme ortaya çıkar.

Algoritma denetimi, dijital platformların görünürlük tahsisi süreçlerini doğrudan incelemek için kullanılan güçlü bir araçtır. Sıralama algoritmaları şeffaf olmadığı ve platformlar iç işleyişlerini dış araştırmacılara açmadığı için, bu denetim teknikleri kullanıcı davranışını taklit eden kontrollü profiller üzerinden görünürlük çıktılarının karşılaştırılmasını sağlar. Denetim yöntemi, modelin özellikle H1 ve H3 hipotezlerini sınamak için uygundur. Çünkü görünürlük yoğunlaşmasının nasıl oluştuğu, maruziyet çeşitliliğinin ne ölçüde daraldığı ve kişiselleştirmenin hangi koşullarda karşı-görüş maruziyetini azalttığı bu yöntemle ölçülebilir. Denetim, yapay profillerle gerçek kullanıcı davranışı arasındaki farkları ortadan kaldırmak için sistematik bir profil inşası stratejisi gerektirir; böylece elde edilen veriler platformların algoritmik tercihleri hakkında güvenilir göstergeler sunar.

Deneysel manipülasyon ise modelin bilişsel bileşenini—ELM çerçevesindeki merkezi ve çevresel işleme süreçlerini—doğrudan test eder. Bu çalışma, argüman kalitesi ile algoritmik statünün birbirinden bağımsız etkilerini ölçebilen 2×2 faktöryel bir tasarım önerir. Bu tasarım, modelin H2 hipotezini sınamak için idealdir. Deneysel koşullar sayesinde düşük kaliteli argümanların yüksek popülerlik sinyalleriyle birlikte sunulduğunda ne ölçüde daha ikna edici hâle geldiği değerlendirilebilir. Ayrıca deney, sıralama açıklamaları gibi müdahalelerin bilişsel rota üzerinde nasıl bir etki yarattığını incelemek için de ek manipülasyonlarla zenginleştirilebilir.

Karma yöntemli iz analizi ise dijital tartışmaların gerçek bağlamında üretilen verilerin çözümlenmesini sağlar. Bu yaklaşım, çevrimiçi kamusal tartışmaların binlerce yorum, paylaşım ve etkileşim akışı içinde nasıl şekillendiğini incelemek için uygundur. Özellikle H4 hipotezinin sınanması için kritik bir yöntemdir; çünkü görünürlük yoğunlaşması ve tartışma niteliği arasındaki ilişki büyük ölçekli veri analitiği ve içerik kodlama teknikleriyle değerlendirilebilir. İz analizi, dijital platformların karmaşık ekosisteminde ortaya çıkan söylem kalıplarını, nezaket düzeylerini, gerekçelendirme sıklığını ve karşı-görüşe yanıt oranlarını ölçmeye imkân tanır.

Bu üç yöntemin birlikte kullanılması, modelin tüm katmanlarını kapsayan bir açıklama gücü sunar. Denetim, platformun görünürlük dağılımını ölçer; deney, kullanıcı bilişi üzerinde sıralama etkisini test eder; iz analizi ise gerçek iletişim ortamında müzakere niteliğini ortaya koyar. Böylece algoritmik kamusallığın hem teknik hem psikolojik hem de toplumsal yönleri eşzamanlı olarak incelenmiş olur.

Metodolojik yaklaşımın bu şekilde üçe bölünmesi yalnızca pratik değil, aynı zamanda teorik bir zorunluluktur. Çünkü algoritmik süreçler, kullanıcı davranışları ve toplumsal çıktıların etkileşimi, tek bir yöntemle açıklanamayacak kadar çok boyutludur. Bu çok yöntemli tasarım, modelin doğrulanmasını mümkün kıldığı gibi, dijital kamusal alanın yönetişimine yönelik politika önerilerinin de ampirik bir temele dayanmasını sağlar.

Bu bölümün alt başlıklarında, önerilen yöntemlerin her biri ayrıntılı olarak açıklanacak; örneklem, ölçüm teknikleri, değişkenlerin operasyonelleştirilmesi ve analiz stratejileri detaylandırılacaktır.

5.1 Algoritma Denetimi (Audit)

Algoritma denetimi, dijital platformların görünürlük tahsisini nasıl yaptığını doğrudan gözlemlemeye yönelik en etkili yöntemlerden biridir. Çünkü platformların öneri sistemleri, ticari sır niteliği taşıyan kapalı kutu algoritmalarla çalıştığından araştırmacıların iç işleyişe erişmesi neredeyse imkânsızdır. Bu nedenle denetim yaklaşımı, kullanıcı davranışını kontrollü biçimde taklit eden sahte profiller (sock-puppets) aracılığıyla algoritmanın karar verme düzeneklerini dolaylı olarak ortaya çıkarmayı amaçlar. Bu yöntem, Algoritmik Kamusallık Modeli'nin özellikle görünürlük yoğunlaşması (H1) ve kişiselleştirme ile karşı-görüş maruziyeti arasındaki ilişkiyi test eden hipotezlerini değerlendirmek için kritik önem taşır.

Denetimin ilk adımı, sahte profillerin sistematik biçimde tasarlanmasıdır. Bu profiller, gerçek kullanıcı davranışını taklit edecek şekilde oluşturulmalı; başlangıç takip listeleri, ilgi alanı sinyalleri, beğeni davranışları ve tıklama alışkanlıkları belirli bir deneysel çerçevede varye edilmelidir. Örneğin siyasi içeriklere ilgi gösteren bir profil ile yalnızca eğlence içeriklerine yönelen başka bir profil karşılaştırıldığında, algoritmanın içerik akışını özelleştirme biçimi açıkça gözlemlenebilir. Profil çeşitliliğinin geniş tutulması, algoritmanın farklı kullanıcı kümeleri için nasıl farklı görünürlük stratejileri oluşturduğunu anlamayı sağlar. Bu yaklaşım, kişiselleştirme derinliğinin maruziyet çeşitliliği üzerindeki etkisini ölçmek açısından da önemlidir.

İkinci adım, bu profillerin belirli bir süre boyunca platformda pasif veya aktif biçimde gezinmesinin sağlanmasıdır. Sıklıkla 30 gün veya daha uzun süreli bir veri toplama aşaması tercih edilir. Çünkü algoritmalar, kullanıcının davranış geçmişini zaman içinde öğrenir ve önerileri bu öğrenmeye göre sürekli günceller. Bu süreçte profillerin karşılaştığı önerilen içerikler, içerik türleri, kaynak çeşitliliği, ideolojik yönelim ve duygusal ton gibi değişkenler sistematik olarak kaydedilir. Böylece görünürlük tahsisinin zaman içindeki düzeni çıkarılabilir.

Üçüncü adımda, bu içerik akışlarının ölçülmesi için niceliksel metrikler kullanılır. Bunlar arasında kaynak çeşitliliğini ölçen Herfindahl-Hirschman Endeksi, karşı-görüş oranı, önerilen içeriklerin argüman kalitesine ilişkin kodlama sonuçları ve içerik yoğunlaşmasının derecesi bulunur. Bu metrikler, görünürlüğün belirli içerik türlerinde ne kadar toplandığını ve algoritmanın ideolojik çeşitliliği ne ölçüde daralttığını ortaya koyar. Özellikle önerilen içerikteki karşıt görüş oranının düşük olması, kişiselleştirmenin yankı odalarını nasıl güçlendirdiğini gösterir.

Dördüncü aşama analiz sürecidir. Çok düzeyli regresyon modelleri, profil × gün varyasyonlarını dikkate alarak görünürlük etkilerini ayrıştırır. Bu yapısal yaklaşım, algoritmanın hangi sinyalleri ne kadar ödüllendirdiğini ve görünürlüğü hangi faktörlerin belirlediğini istatistiksel olarak ortaya koyar. Böylece platformun öneri sisteminin kamusal tartışmayı nasıl biçimlendirdiği bilimsel olarak saptanabilir.
Algoritma denetimi, yalnızca platform iç dinamiklerini anlamaya değil, aynı zamanda makalenin yönetişim önerileri bölümünde ele alınacak düzenleme modelleri için de önemli bir veri kaynağı oluşturur. Çünkü bir platformun algoritmik davranışını anlamadan, çeşitlilik kotası veya sıralama açıklaması gibi müdahalelerin etkili olup olmayacağına karar vermek mümkün değildir.
Bu nedenle denetim yöntemi, AKM'nin teknik temellerini ampirik olarak test eden vazgeçilmez bir araçtır.

5.2 Anket–Deneyi (2×2)

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin bilişsel bileşenini test etmek için en uygun yöntem, kontrollü bir deneysel tasarımdır. Çünkü sıralama ipuçları, popülerlik göstergeleri ve argüman kalitesi gibi faktörlerin kullanıcıların değerlendirme süreçlerini nasıl etkilediğini nedensel olarak belirlemek, ancak deneysel manipülasyonlarla mümkündür. Bu bağlamda çalışma, argüman kalitesi ile algoritmik statünün birbirinden bağımsız ve ortak etkilerini ölçmek için 2×2 faktöryel bir tasarım kullanır. Bu tasarım, H2 hipotezinin—popülerlik sinyallerinin düşük kaliteli mesajların ikna gücünü artırdığı iddiasının—ampirik olarak sınanmasını sağlar.
Deneyin ilk boyutu, argüman kalitesidir. Yüksek kaliteli argümanlar, mantıksal olarak tutarlı, kanıtlarla desteklenmiş ve gerekçelendirme yoğunluğu yüksek iletilerdir. Buna karşılık düşük kaliteli argümanlar, yüzeysel iddialara, duygusal ifadelere veya doğrulanmamış genellemelere dayanır. Araştırmada kullanılacak mesajlar, bağımsız uzman kodlayıcılar tarafından önceden değerlendirilerek kaliteleri kesin biçimde belirlenir. Böylece katılımcıların verilen mesajlara yönelik tepkileri, argüman kalitesinden kaynaklanan farklılıklarla ilişkilendirilebilir.
İkinci boyut, algoritmik statüdür. Yüksek statü koşulunda mesaj, katılımcıya "platformda yüksek görünürlük kazanmış ve çok sayıda kişi tarafından beğenilmiş/yorumlanmış" şeklinde sunulur. Bu, popülerlik sinyallerinin çevresel bir ipucu olarak nasıl çalıştığını modelleyen manipülasyondur. Düşük statü koşulunda ise mesaj, "platformda çok az kişi tarafından görülmüş veya etkileşim almamış" biçiminde çerçevelenir. Bu iki durum arasındaki fark, popülerlik ve görünürlük ipuçlarının kullanıcıların mesajı değerlendirme biçimlerini nasıl dönüştürdüğünü test eder.
Deneyin ölçüm aşaması, ikna edicilik, güvenilirlik algısı, bilgi arama niyeti, karşıt görüşe açıklık ve mesajın akılda kalıcılığı gibi değişkenlere odaklanır. Bu değişkenler, merkezi ve çevresel bilişsel işleme yollarının farklı çıktılarıyla ilişkilidir. Örneğin yüksek kaliteli bir mesajın yüksek statüde daha da ikna edici olması beklenebilir; ancak H2 hipotezi asıl olarak düşük kaliteli mesajların yüksek statü altında beklenenden çok daha güçlü bir etki yaratacağını öngörür. Bu etki, popülerlik sinyallerinin bilişsel kestirme olarak nasıl kullanıldığını doğrular.
Ek olarak, deneysel tasarıma sıralama açıklaması gibi bir üçüncü faktör de isteğe bağlı olarak eklenebilir. Sıralama açıklaması, kullanıcılara mesajın neden yüksek veya düşük statüde göründüğüne dair kısa bir bilgilendirme sunar. Bu tür bir açıklamanın çevresel işleme üzerindeki etkilerini azaltıp azaltmadığı test edilerek, yönetişim mekanizmalarının bilişsel süreçlere etkisi değerlendirilebilir. Bu tür manipülasyonlar, politika tasarımına yönelik güçlü ampirik içgörüler sunar.

Örneklem büyüklüğü, deneysel tasarımın istatistiksel gücünü sağlamak için en az N=1.000 katılımcı olarak planlanır. Bu büyüklük, etkileşim etkilerini ve alt gruplar arasında anlamlı farklılıkları modellemek için yeterlidir. Katılımcılar çevrimiçi panel aracılığıyla rastgele koşullara atanır; böylece dışsal değişkenlerin etkisi kontrol altına alınır.
Bu deneysel tasarım, algoritmik statünün bilişsel değerlendirme üzerindeki etkisini net bir şekilde ölçmeyi mümkün kılar ve AKM'nin en kritik psikolojik varsayımlarından birini test eder. Deney, hem teorik hem de pratik açıdan yüksek geçerliliğe sahip bir yöntem sunar.

5.3 İz Analizi (Deliberatif Kalite)

İz analizi, dijital kamusal tartışmaların gerçek zamanlı ve gerçek bağlam içinde nasıl şekillendiğini incelemek için kullanılan en kapsamlı yöntemlerden biridir. Deneysel manipülasyonlar, kullanıcı davranışlarının nedensel açıklamalarını sağlayabilir; algoritma denetimleri görünürlük dağılımının nasıl işlediğini gösterebilir. Ancak dijital platformlarda üretilen devasa miktardaki doğal veriyi incelemeden, çevrimiçi müzakerenin yapısal özelliklerini ortaya koymak mümkün değildir. Bu nedenle iz analizi, Algoritmik Kamusallık Modeli'nin özellikle H4 hipotezini—görünürlük yoğunlaşması arttıkça müzakere niteliğinin düştüğü yönündeki savı—test etmek için vazgeçilmez bir bileşendir.
İz analizinin ilk adımı veri toplama sürecidir. Bu süreç, platformun hizmet şartlarına uygun biçimde anonimleştirilmiş ve herkese açık tartışma zincirlerinin sistematik biçimde toplanmasını içerir. Araştırmanın kapsamı doğrultusunda örneklem büyüklüğü 1.000 tartışma dizisi olarak belirlenebilir. Bu diziler, siyasi tartışmalardan toplumsal meselelere, kültürel karşılaşmalardan gündelik sohbetlere kadar geniş bir konu yelpazesini kapsayacak şekilde seçilir. Böyle bir çeşitlilik, kamusal tartışmanın farklı bağlamlarda nasıl değiştiğini değerlendirme olanağı sunar.
Veri toplama aşamasının ardından içerik analizine geçilir. Bu aşamada her bir tartışma dizisindeki yorumlar, etkileşim zincirleri ve kullanıcı yanıtları sistematik kodlama şemalarıyla analiz edilir. Gerekçelendirme yoğunluğu, karşı-görüşle etkileşim, kanıt kullanımı, hakaret ve incivility düzeyi, söylem tonu ve argüman yapısı gibi kategoriler hem niteliksel hem niceliksel biçimde ölçülür. Kodlama sürecinin güvenilirliğini sağlamak için en az iki bağımsız kodlayıcı kullanılır ve Cohen's kappa veya Krippendorff's alpha gibi güvenilirlik katsayıları hesaplanır. Bu, kodlamanın öznel tercihlerden bağımsız olarak yüksek doğrulukla yapıldığını gösterir.
İz analizinin ikinci bileşeni, ağ yapılarının metriksel çözümlenmesidir. Tartışma dizileri birer etkileşim ağı olarak ele alınır; her yorum bir düğüm, her yanıt ise bir bağlantı olarak modellenir. Ağa dayalı analizler sayesinde tartışmanın ne kadar dallandığı, merkezî düğümlerin kimler olduğu, yanıt zincirlerinin derinliği ve tartışmanın nasıl yayıldığı ölçülebilir. Bu yapısal çözümleme, görünürlük yoğunlaşmasının toplumsal etkileşim üzerindeki etkilerini daha somut biçimde ortaya çıkarır. Örneğin belirli kullanıcıların yorumlarının sürekli öne çıktığı ve tartışmanın yönünü belirlediği ağlar, görünürlük yoğunlaşmasına işaret eder.
Üçüncü aşamada, görünürlük metrikleri ile tartışma kalitesi arasındaki ilişkiler analiz edilir. Bu amaçla çok değişkenli regresyon modelleri kullanılır. Görünürlüğü yüksek içeriklerin daha az gerekçelendirme içerme eğiliminde olup olmadığı, agresif söylem kullanan içeriklerin daha fazla etkileşim üreterek algoritma tarafından ödüllendirilip ödüllendirilmediği ve tartışma kalitesinin görünürlük arttıkça sistematik biçimde düşüp düşmediği bu modellerle test edilir. Bu analiz, H4 hipotezinin doğrudan ampirik temele oturmasını sağlar.

İz analizi yalnızca betimleyici değil, aynı zamanda normatif içgörü üreten bir yöntemdir. Çünkü platformlardaki gerçek tartışmaların niteliği, algoritmik süreçlerin kamusal alan üzerindeki etkisini somut olarak gözler önüne serer. Bu bulgular, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ele alınacak yönetişim önerilerinin tasarlanması için temel oluşturur.

6. OPERASYONELLEŞTİRME VE GEÇERLİK

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin (AKM) bilimsel olarak test edilebilir bir çerçeve hâline gelmesi, kavramsal bileşenlerin açık biçimde tanımlanması ve bunların ölçülebilir değişkenlere dönüştürülmesiyle mümkündür. Bu süreç, yalnızca ölçüm tekniklerini belirlemekle sınırlı değildir; aynı zamanda modelin kuramsal bütünlüğünü korumak, değişkenler arasındaki ilişkilerin kavramsal doğruluğunu sağlamak ve çalışmanın tüm katmanlarında metodolojik tutarlılığı güvence altına almak anlamına gelir. Operasyonelleştirme, soyut kavramların ölçülebilir hâle gelmesini sağlar; geçerlik ise bu ölçümlerin gerçekten ölçülmek istenen olguyu yansıtıp yansıtmadığını değerlendirir. Dolayısıyla bu bölüm, AKM'nin kuramsal mimarisini ampirik araştırma için işlevsel kılan kritik bir aşamadır.

Dijital platformların karmaşık yapısı nedeniyle kavramların operasyonelleştirilmesi çok boyutlu bir yaklaşım gerektirir. Görünürlük, maruziyet çeşitliliği, tartışma niteliği, sıralama statüsü, popülerlik sinyalleri, kullanıcı profili, ağ bağlamı ve bilişsel rota gibi temel kavramların her biri, ölçüm düzeyi ve analiz yöntemi bakımından farklı özellikler taşır. Bu nedenle çalışmada kullanılacak değişkenlerin kategorik, sürekli veya ordinal olarak nasıl tanımlandığı; hangi metriklerle ölçüldüğü; hangi yazılım, araç veya veri kaynağı ile elde edildiği açık biçimde belirlenmelidir. Kavramların bu net tanımları, hem içsel tutarlılığı hem de tekrarlanabilirliği garanti eder.

Operasyonelleştirmenin ikinci boyutu, modelin farklı katmanlarında kullanılan değişkenlerin birbiriyle uyumlu bir mantıksal zincir içinde tanımlanmasıdır. Örneğin görünürlük yoğunlaşmasını ölçmek için kullanılan Herfindahl-Hirschman Endeksi ile tartışma niteliğini değerlendirmek için geliştirilen gerekçelendirme kodlaması arasındaki ilişki, ortak bir mantıksal zeminde konumlandırılmalıdır. Çünkü model, yalnızca her bir çıktıyı ayrı ayrı ölçmek değil, süreçler arası ilişkileri test etmek üzerine kuruludur. Bu nedenle kullanılan tüm değişkenlerin birbiriyle etkileşim içinde analiz edilebilmesi için ölçümler aynı ontolojik çerçevede tanımlanmalıdır.

Geçerlik ise operasyonelleştirmenin doğal tamamlayıcısıdır. Bir değişkenin ölçümü ne kadar iyi tanımlanırsa tanımlansın, eğer kullanılan araç kavramı doğru biçimde temsil etmiyorsa ölçüm geçerli sayılmaz. Bu çalışmada iki tür geçerlik kritik öneme sahiptir: içerik geçerliği ve yapısal geçerlik. İçerik geçerliği, ölçüm aracının kavramın tüm boyutlarını kapsayıp kapsamadığını değerlendirir. Örneğin tartışma niteliği yalnızca gerekçelendirme yoğunluğuyla ölçülemez; nezaket, karşı-görüşle etkileşim ve argüman yapısı gibi unsurların da modele dahil edilmesi gerekir. Yapısal geçerlik ise ölçümlerin kuramsal ilişkilerle uyumlu olup olmadığını inceler. Örneğin görünürlük arttıkça tartışma kalitesinin düşmesi modelin varsayımıdır; bu varsayım veriyle tutarlı değilse operasyonalizasyon ya da kuram yeniden gözden geçirilmelidir.

Operasyonelleştirmenin üçüncü boyutu, güvenilirliktir. Aynı kavramın farklı ölçümlerde veya farklı zamanlarda benzer sonuçlar vermesi beklenir. Özellikle kodlamaya dayalı ölçümlerde inter-koder güvenilirliği kritik öneme sahiptir. Bu nedenle kodlayıcı eğitimi, kodlama rehberlerinin açık biçimde tanımlanması ve güvenilirlik katsayılarının hesaplanması bu sürecin ayrılmaz bir parçasıdır.

Modelde kullanılan değişkenlerin ampirik bağlama uygunluğu sağlanmalıdır. Dijital platformlar sürekli değiştiği için, ölçüm araçlarının da güncel platform dinamiklerine uygun olması gerekir. Böylece çalışma, hem kuramsal hem metodolojik açıdan zamana dayanıklı bir yapıya kavuşur.

6.1 Temel Değişkenlerin Operasyonelleştirilmesi

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin ampirik olarak sınanabilmesi, modelde yer alan temel kavramların açık biçimde operasyonelleştirilmesini gerektirir. Bu süreç, kuramsal kavramları ölçülebilir göstergelere dönüştürerek, modelin her bir katmanının nicel ve nitel analiz tekniklerine uygun hâle gelmesini sağlar. Operasyonelleştirme, yalnızca ölçüm araçlarının tanımlanması değil; aynı zamanda kavramın teorik bütünlüğünün korunması ve ölçümün kuramsal çerçeveyle uyumlu olması anlamına gelir. Bu nedenle her değişken hem tanımsal hem işlevsel hem de ölçümsel düzeyde ayrıntılı biçimde ele alınmalıdır.

Görünürlük yoğunlaşması, modelin en kritik değişkenlerinden biridir ve belirli içerik türlerinin ne ölçüde öne çıktığını ölçmek için niceliksel ekonometrik metriklerle tanımlanabilir. Bu değişken için Herfindahl-Hirschman Endeksi (HHI), Lorenz eğrisi ve Gini katsayısı gibi dağılım ölçütleri kullanılır. Örneğin platformda önerilen içeriklerin yüzde kaçının ilk 10 gönderide toplandığı, görünürlük eşitsizliği için temel bir göstergedir. Bu metrikler, algoritmanın içerik türleri arasında yaptığı ayrımın ne kadar keskin olduğunu, bir başka deyişle gündemin ne kadar daraldığını gösterir.

Maruziyet çeşitliliği, kullanıcıların karşılaştığı içeriklerin ideolojik, tematik ve kaynak çeşitliliğini ölçer. Bu değişken, Shannon entropisi, kaynak çeşitliliği indeksleri ve karşı-görüş oranı gibi göstergelerle tanımlanır. Entropi düşük olduğunda kullanıcı yalnızca kendi ilgi alanına uygun içeriklerle karşılaşmakta, karşı-görüş maruziyeti ise sıfıra yaklaşmaktadır. Bu durum, yankı odalarının yapısal temelini oluşturduğu için operasyonelleştirme özel bir hassasiyetle yapılmalıdır. Analiz düzeyi hem bireysel (kullanıcı bazında) hem de platform ölçeğinde ele alınabilir.

Tartışma niteliği, deliberatif demokrasi literatüründeki ölçütlerden yola çıkarak çok boyutlu bir değişken olarak operasyonelleştirilir. Bu nedenle tek bir metrikle ölçülmez; gerekçelendirme yoğunluğu, nezaket düzeyi, karşı-görüşle etkileşim oranı, kanıt kullanımı ve argüman yapısının açıklığı gibi alt bileşenlerden oluşur. Her bileşen, standartlaştırılmış bir kodlama şemasıyla değerlendirilir. Gerekçelendirme yoğunluğu için "iddia, neden, kanıt ve karşı argüman" bileşenlerini temel alan Toulmin modeli kullanılabilir. Nezaket düzeyi için incivility kategorileri; karşı-görüş etkileşimi için yanıt ağları ve cevap zincirleri; kanıt kullanımı için doğrulanabilir referans varlığı kodlanır.

Algoritmik statü, deneysel tasarımda manipülasyon olarak kullanıldığı için açık bir operasyonelleştirme gerektirir. Bir içeriğin "yüksek statüde" sunulması, kullanıcıya platformda çok sayıda beğeni, paylaşım veya yorum aldığını gösteren sosyal kanıt ipuçlarıyla sağlanır. "Düşük statü" ise görünürlüğü sınırlı, az etkileşimli veya yeni yüklenmiş içerik olarak çerçevelenir. Statü manipülasyonu, popülerlik sinyallerinin ikna üzerindeki etkisini test etmek için açık bir manipülasyon operatörüne dönüşür.

Duygusal yoğunluk, içeriklerin tonunu ölçen bir değişkendir. Duygusal ton, pozitif-negatif ayrımıyla sınırlı değildir; öfke, korku, aşağılama ve moral üstünlük gibi alt kategorilere ayrılır. Bu duyguların varlığı ve yoğunluğu, doğal dil işleme (NLP) teknikleriyle veya kodlayıcı değerlendirmeleriyle ölçülebilir. Özellikle öfke ve çatışma içeren içeriklerin görünürlük kazandığı hipotezi için bu değişken kritik önemdedir.

Kullanıcı profili değişkenleri, geçmiş etkileşim davranışları, siyasi tutum düzeyi, bilişsel ihtiyaç (need for cognition) ve medya okuryazarlığı ölçekleriyle ölçülür. Bu değişkenler moderatör olarak kullanılarak, algoritmik süreçlerin etkisinin kullanıcı özelliklerine göre nasıl değiştiği incelenebilir.

Bu operasyonelleştirme yapısı, AKM'nin tüm katmanlarını ölçülebilir hâle getirir ve hem içsel tutarlılık hem tekrarlanabilirlik sağlar.

6.2 Ölçüm Geçerliği ve Güvenilirliği

Bir araştırma modelinin kavramsal olarak ne kadar güçlü olduğu, değişkenlerin ne kadar titiz bir şekilde operasyonelleştirildiği kadar, ölçümlerin geçerli ve güvenilir olmasına da bağlıdır. Bu nedenle Algoritmik Kamusallık Modeli (AKM) kapsamında kullanılan her değişken için kapsamlı bir geçerlik ve güvenilirlik değerlendirmesi yapılması zorunludur. Geçerlik, ölçümün gerçekten ölçmek istediği kavramı ne kadar temsil ettiğini sorarken; güvenilirlik, ölçümün farklı zamanlarda veya farklı uygulayıcılarla aynı sonuçları verip vermediğini değerlendirir. Dijital platformların hızla değişen doğası ve algoritmik süreçlerin karmaşıklığı göz önüne alındığında, bu iki boyutun titizlikle ele alınması bilimsel tutarlılığın temel şartıdır.

İçerik geçerliği, özellikle tartışma niteliği, görünürlük yoğunlaşması ve maruziyet çeşitliliği gibi çok boyutlu kavramlar için kritik önem taşır. Bu tür kavramlar yalnızca tek bir ölçüm aracıyla tamamen temsil edilemez. Örneğin tartışma niteliği, gerekçelendirme yoğunluğu kadar karşı-görüşle etkileşim, incivility düzeyi ve kanıt kullanımı gibi alt bileşenleri de kapsar. Bu nedenle ölçüm setinin kavramın tüm boyutlarını içermesi sağlanmalıdır. İçerik geçerliği, uzman görüşü ve literatüre dayalı ölçüt karşılaştırmalarıyla doğrulanır. Kodlama şemaları ve metrik setleri, hem deliberatif demokrasi hem ağ bilimi hem de bilişsel psikoloji literatürüyle uyumlu olacak şekilde geliştirilmelidir.

Yapısal geçerlik, ölçümlerin kuramsal ilişkilerle tutarlı olup olmadığını test eder. AKM'nin varsayımlarından biri, görünürlük yoğunlaşması arttıkça tartışma niteliğinin düşmesidir. Eğer görünürlük yoğunlaşması metrikleri ile tartışma niteliği kodlamaları arasında beklenen yönde ve anlamlı ilişkiler bulunmuyorsa, iki ihtimal söz konusudur: ya kuram yeniden değerlendirilmelidir ya da ölçümlerin kavramsal temsili güçlendirilmeli, metrikler gözden geçirilmelidir. Bu nedenle yapısal geçerlik testleri, korelasyon, regresyon ve yol analizi gibi istatistiksel yöntemlerle titizlikle yapılmalıdır.

Yakınsak ve ayrışan geçerlik, özellikle duygusal yoğunluk, argüman kalitesi ve popülerlik sinyalleri gibi birbirine yakın kavramların ölçümünde önemlidir. Yakınsak geçerlik, benzer kavramların benzer ölçümlerle pozitif ilişkili olmasını beklerken; ayrışan geçerlik, farklı kavramların ölçümlerinin birbiriyle düşük ilişkili olmasını gerektirir. Örneğin duygusal yoğunluk ile görünürlük arasında belirli bir ilişki bulunması beklenebilir; ancak duygusal yoğunluğun argüman kalitesi ile yüksek korelasyon göstermesi ölçüm sorununa işaret eder. Bu geçerlik türleri, doğrulayıcı faktör analizleriyle değerlendirilebilir.

Güvenilirlik ise ölçümün tutarlı sonuç üretme kapasitesidir. Tartışma niteliği gibi kodlamaya dayalı değişkenlerde inter-koder güvenilirliği kritik önemdedir. En az iki bağımsız kodlayıcıyla yapılan kodlama sonuçlarının tutarlı olması beklenir. Bu tutarlılık Cohen's kappa veya Krippendorff's alpha katsayılarıyla değerlendirilir. Kabul edilebilir bir güvenilirlik düzeyi genellikle 0.70 ve üzeridir; ancak karmaşık söylem analizlerinde 0.65 bile literatürde geçerli kabul edilmektedir. Kodlayıcı eğitimi, kodlama rehberlerinin açık biçimde tanımlanması ve deneme kodlamaları güvenilirliği artırmak için zorunludur.

Algoritmik statü, popülerlik sinyalleri ve duygusal yoğunluk gibi otomatik veya yarı otomatik ölçülen değişkenlerde ise yazılım tabanlı güvenilirlik testleri yapılmalıdır. NLP modelleriyle yapılan duygu analizlerinde doğruluk oranlarının, modelin eğitildiği veri setiyle uyumluluğu ve sınıflandırma tutarlılığı test edilmelidir. Ayrıca manuel kontrolle model çıktıları arasında kıyaslama yapılarak ölçüm doğruluğu güçlendirilir.

Zamana bağlı güvenilirlik (test–retest) özellikle algoritma denetimi çalışmalarında önem taşır. Platform algoritmaları değişiklik gösterebileceğinden, benzer manipülasyonların farklı zamanlarda aynı sonuçları üretip üretmediği test edilmelidir. Bu, hem yöntemsel hem kuramsal sağlamlığı pekiştirir.

Bu kapsamlı geçerlik ve güvenilirlik yaklaşımı, AKM'nin ampirik sınamalarının bilimsel bütünlüğünü ve tutarlılığını güvence altına alır.

7. BEKLENEN BULGULAR VE SAĞLAMLIK

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin (AKM) kuramsal yapısı ve önceki bölümlerde detaylandırılan yöntemsel yaklaşım dikkate alındığında, bu çalışmanın ampirik uygulamalarından elde edilmesi beklenen bulgular hem teorik hem de pratik düzeyde önemli sonuçlar üretme potansiyeline sahiptir. Beklenen bulgular, görünürlük tahsisi, maruziyet çeşitliliği, bilişsel işleme dinamikleri ve tartışma niteliği gibi temel alanlarda modelin öngörülerinin doğrulanmasına yöneliktir. Bu bölüm, araştırma sürecinden elde edilmesi beklenen eğilimleri sistematik biçimde değerlendirir ve modelin kuramsal öngörülerinin nasıl ampirik kanıtlarla desteklenebileceğini ortaya koyar.

İlk olarak, görünürlük yoğunlaşması konusunda güçlü bulgular elde edilmesi beklenmektedir. Denetim çalışmasının sıralama sistemleri üzerinden sağlayacağı gözlemler, belirli içerik türlerinin —özellikle duygusal, çatışmacı veya polarize edici olanların— algoritmalar tarafından sistematik biçimde ödüllendirildiğini gösterecektir. Bu durum, görünürlük dağılımının dengeli olmadığını, aksine yüksek etkileşim potansiyeli taşıyan mesajların görünürlükte orantısız bir pay aldığını ortaya koyabilir. Bu eğilim, gündem yoğunlaşmasının platform ölçeğinde nasıl ortaya çıktığını ve kamusal alanın daralan bir tartışma gündemine sıkıştığını göstermesi açısından kritiktir. HHI, Gini katsayısı ve dağılım eğrilerinin bu yönde belirgin sonuçlar üretmesi beklenmektedir.

İkinci olarak, maruziyet çeşitliliğinin azalması, kullanıcı profili varyasyonlarına göre açık farklar gösterecektir. Kişiselleştirme derinliği arttıkça, kullanıcıların karşı-görüş maruziyetinin anlamlı ölçüde düştüğü bulgusu beklenmektedir. Bu eğilim, özellikle ideolojik olarak tutarlı profillerde daha belirgin olacaktır; çünkü platform algoritmaları, bu kullanıcı gruplarında daha yüksek etkileşim potansiyeli gördüğü içerikleri öne çıkarmaya eğilimlidir. Bu bulgu, yankı odalarının yapısal bir sonuç olduğunu ve algoritmik kişiselleştirmenin demokratik tartışma için kritik bir risk alanı oluşturduğunu doğrulayacaktır.

Üçüncü olarak, algoritmik statünün bilişsel değerlendirme üzerindeki etkisi deneysel sonuçlarda açık biçimde ortaya çıkacaktır. 2×2 faktöryel deney tasarımının, düşük kaliteli argümanların yüksek statü koşulunda daha ikna edici göründüğünü göstermesi beklenmektedir. Bu bulgu hem H2 hipotezini destekleyecek hem de çevresel ipuçlarının kullanıcıların karar verme süreçlerinde ne kadar güçlü olduğunu gözler önüne serecektir. Aynı zamanda sıralama açıklaması gibi yönetişim müdahalelerinin, bu etkiyi kısmen azaltabileceği yönünde bulgular üretmesi de olasıdır; ancak bu azaltma etkisinin davranışsal motivasyonlara bağlı olarak sınırlı kalması beklenmektedir.

Dördüncü olarak, tartışma niteliğinin görünürlük arttıkça düşmesi iz analizi sonuçlarıyla desteklenecektir. Gerekçelendirme yoğunluğu, karşı-görüşle etkileşim oranı ve nezaket düzeyi gibi göstergelerin, yüksek görünürlük alan tartışmalarda daha düşük seviyelerde ölçülmesi beklenmektedir.

Özellikle duygusal yoğunluk içeren içeriklerin bu tür tartışmalarda baskın olması, bu ilişkinin nedenlerini açıklayan önemli bir bulgu olacaktır. Ağa dayalı analizlerin de yüksek görünürlük alan kullanıcıların tartışma yönünü tekelleştirdiğini göstermesi mümkündür.
Son olarak, algoritmik süreçlerin sistemik etkilerini azaltmaya yönelik müdahalelerin sınırlı fakat anlamlı faydalar sağladığı yönünde bulgular elde edilmesi beklenmektedir. Çeşitlilik kotası, sıralama açıklaması veya kronolojik akış gibi müdahaleler, belirli boyutlarda iyileştirme sağlasa da platformların ticari optimizasyon mantığını kökten değiştirmediği için etkileri sınırlı kalabilir. Bu bulgu, dijital kamusal alanın yönetişimi için daha kapsamlı yapısal düzenlemelere ihtiyaç olduğunu göstermesi açısından önemlidir.
Bu beklenen bulgular, AKM'nin hem kuramsal bütünlüğünü destekleyecek hem de dijital kamusallığın dönüşümüne ilişkin güçlü ve çok katmanlı bir ampirik tablo sunacaktır.

8. TARTIŞMA: NORMATİF VE TASARIM SONUÇLARI

Algoritmik Kamusallık Modeli'nin (AKM) kuramsal yapısı ve önceki bölümlerde ortaya konan beklenen bulgular, dijital platformların kamusal alanı nasıl yeniden biçimlendirdiğine ilişkin derin ve çok boyutlu bir değerlendirmeyi zorunlu kılar. Tartışma bölümü, modelden türeyen ana bulgularla literatürdeki teorik öncülleri karşılaştırır; modelin açıklayıcı gücünü, sınırlılıklarını ve politika düzeyindeki sonuçlarını sistematik bir çerçevede ele alır. Bu bölüm, klasik iletişim kuramlarıyla dijital çağın algoritmik gerçekliği arasındaki farkları görünür hâle getirirken, aynı zamanda önerilen modelin neden gerekli olduğunu ve hangi açılardan yenilik sunduğunu kapsamlı biçimde tartışır.
Öncelikle, görünürlük tahsisinin algoritmikleşmesi kamusal alanın yapısal mantığını köklü biçimde dönüştürmüştür. Habermas'ın kamusal alan teorisinde tartışmaların rasyonel eleştiri üzerinden ilerlemesi ve erişimin şeffaf bir normatif zemine dayanması beklenirken, dijital platformlar görünürlüğü ticari optimizasyon hedefleri doğrultusunda dağıtır. Bu durum, kamusal tartışmanın epistemik temelini zayıflatır; çünkü yüksek etkileşim potansiyeli taşıyan içerikler —çoğu zaman duygusal, yüzeysel veya çatışmacı olanlar— algoritmalar tarafından sistematik biçimde ödüllendirilir. Tartışma, bu yapısal dönüşümün demokratik kamusallık üzerindeki etkilerini sorgular: Örneğin görünürlük yoğunlaşması, kamusal gündemin giderek daralmasına yol açarak kolektif dikkat alanını manipüle eder. Bu bulgu, literatürde Sunstein, Gillespie ve Napoli gibi araştırmacıların ortaya koyduğu kaygılarla güçlü bir biçimde örtüşmektedir.
İkinci tartışma alanı, kişiselleştirme süreçlerinin kutuplaşmayı artıran yapısal etkileridir. AKM'nin öngörülerine göre, platformlar kullanıcıların geçmiş davranışlarına göre içerik akışını optimize ederken maruziyet çeşitliliğini azaltır. Bu durum yankı odalarının oluşmasına yol açar ve bireylerin farklı görüşlerle karşılaşma olasılığını sistematik biçimde düşürür. Tartışma bölümünde, bu mekanizmanın yalnızca bilişsel doğrulama yanlılığını pekiştirmekle kalmadığı; aynı zamanda toplumsal bağları zayıflattığı, ortak gerçeklik algısını erozyona uğrattığı ve demokratik müzakere kapasitesini küçülttüğü ortaya konur. Literatürde bu eğilim hem psikolojik hem sosyolojik açıdan incelenmiş olsa da, AKM bu süreci bütüncül bir yapısal modele dönüştüren ilk çerçevelerden biridir.
Üçüncü tartışma konusu, popülerlik sinyallerinin ve algoritmik statünün bilişsel süreçler üzerindeki etkisidir. ELM çerçevesiyle uyumlu olarak, kullanıcıların çevresel ipuçlarına giderek daha fazla bağımlı hâle geldiği ve bu nedenle düşük kaliteli içeriklerin yüksek etki yaratabileceği gösterilir. Bu durum, kamusal tartışmanın kalitesini düşüren en önemli faktörlerden biridir. Tartışma bölümünde, bu psikolojik eğilimin özellikle duygusal yoğunluğu yüksek mesajlarla birleştiğinde neden bu kadar güçlü olduğuna dair kuramsal açıklamalar geliştirilir. Bu analiz, algoritmik sistemlerin bilişsel işleme yollarını nasıl yeniden yönlendirdiğini açık bir mantıkla birleştirir.

Dördüncü tartışma alanı, tartışma niteliğinin görünürlükle ters orantılı olmasının normatif sonuçlarıdır. Tartışma kalitesinin düşmesi yalnızca bir iletişim sorunu değildir; aynı zamanda toplumsal bilgi üretiminin sürdürülebilirliğini tehdit eder. Kitlelerin rasyonel değerlendirme yapma kapasitesi azalırken, duygusal aşırılık taşıyan mesajlar bilgi ekosisteminin merkezine yerleşir. Bu süreç, demokratik karar alma mekanizmalarını doğrudan etkileyen bir dönüşümdür. AKM bu bağlamda yalnızca betimleyici değil; aynı zamanda normatif bir uyarı niteliği taşır.

Tartışma bölümü modelin politika düzeyindeki sonuçlarını değerlendirir. Çeşitlilik kotası, sıralama açıklamaları, kronolojik akış ve algoritmik şeffaflık gibi müdahaleler belirli iyileştirmeler sağlayabilir; ancak platformların ekonomik mantığı değişmedikçe yapısal dönüşüm yaratmaları sınırlıdır. Bu nedenle tartışma, dijital kamusallığın sürdürülebilirliği için daha kapsamlı yönetişim modellerinin gerekliliğini vurgular.

9. SINIRLILIKLAR

Her kapsamlı kuramsal ve ampirik model gibi Algoritmik Kamusallık Modeli (AKM) de belirli sınırlılıkların farkında olarak tasarlanmıştır. Bu sınırlılıkların açık biçimde tanımlanması hem modelin bilimsel şeffaflığını artırır hem de gelecekte yapılacak çalışmalara yol gösterir. Modern dijital platformların karmaşık, dinamik ve hızla evrilen doğası, araştırmacıları çok boyutlu metodolojik ve teorik zorluklarla karşı karşıya bırakmaktadır. Bu bölüm, AKM'nin uygulamasında karşılaşılabilecek teknik, kavramsal, metodolojik ve normatif sınırlılıkları sistematik bir çerçevede değerlendirir.

İlk sınırlılık, algoritmik süreçlerin şeffaf olmamasından kaynaklanır. Dijital platformlar ticari gizlilik gerekçesiyle öneri sistemlerinin iç işleyişini araştırmacılara açmaz. Bu nedenle görünürlük tahsisi, sıralama mantığı, kişiselleştirme katmanları ve ağırlıklandırma parametreleri tam olarak bilinememektedir. Algoritma denetimi yöntemleri bu şeffaflık eksikliğini kısmen aşsa da, elde edilen veri her zaman sınırlı bir dış gözlemdir. Dolayısıyla modelin görünürlük mekanizmalarına ilişkin bazı varsayımları, mevcut literatür ve davranışsal sonuçlarla desteklenen güçlü teorik çıkarımlara dayanmakla birlikte, altyapının tüm detaylarını doğrudan ölçmek mümkün değildir.

İkinci sınırlılık, platformların sürekli değişen yapısından kaynaklanır. Algoritmalar düzenli olarak güncellenir; yeni özellikler eklenir, arayüzler değişir, optimizasyon stratejileri yeniden tasarlanır. Bu tür değişiklikler, araştırmanın belirli bir zaman dilimindeki bulgularının platformun daha sonraki aşamalarında birebir geçerli olmayabileceğini göstermektedir. Bu durum, özellikle algoritma denetimi ve iz analizi çalışmalarında geçerlik sınamalarını zorlaştıran önemli bir dinamiktir. Dolayısıyla AKM bağlamsal olarak güçlü olsa da, zaman içinde değişen platform gerçekliklerine yeniden uyarlanması gerekebilir.

Üçüncü sınırlılık, kullanıcı davranışlarının yüksek değişkenliğidir. Dijital platformlarda kullanıcıların içerik tüketme biçimleri, bilişsel yük, duygusal durum, kültürel bağlam, medya okuryazarlığı ve sosyal kimlik gibi çok sayıda faktörden etkilenir. Deneysel tasarımlar belirli değişkenleri kontrol ederek güçlü nedensel çıkarımlar sağlasa da, gerçek dünyadaki kullanıcı davranışı çok daha karmaşık ve çok katmanlıdır. Bu nedenle deneysel bulguların genellenebilirliği her zaman dikkatle değerlendirilmelidir.

Dördüncü sınırlılık, tartışma niteliğini ölçme güçlüğüdür. Deliberatif kalite çok boyutlu bir kavramdır ve gerekçelendirme, nezaket, karşı-görüş etkileşimi, kanıt kullanımı ve argüman yapısı gibi çeşitli bileşenlere sahiptir. Bu bileşenlerin kodlanması hem zaman alıcıdır hem de belirli bir düzeyde yoruma açıktır. Her ne kadar inter-koder güvenilirliği bu sorunu büyük ölçüde azaltsa da, insan yorumunun doğası gereği tam bir nesnellik hiçbir zaman mümkün değildir. Ayrıca metinlerin bağlamsal tonunu, kültürel nüanslarını ve ironiyi doğru şekilde sınıflandırmak da teknik zorluklar yaratabilir.

Beşinci sınırlılık, platform ekosistemlerinin heterojenliğidir. TikTok, YouTube, X/Twitter, Instagram veya Facebook gibi platformlar farklı öneri mimarilerine, farklı kullanıcı alışkanlıklarına ve farklı teknik altyapılara sahiptir. Tek bir modelin tüm platform tiplerine birebir uygulanması her zaman mümkün olmayabilir. AKM bu heterojenliği genel bir çerçeveyle ele alsa da, belirli platformlara özel davranışsal sapmalar veya teknik özellikler modelin yorumlanmasını etkileyebilir.

Altıncı sınırlılık, veri erişimi ve etik kısıtlamalardır. Büyük ölçekli içerik analizi veya algoritma denetimi çalışmalarında kullanıcı gizliliğinin korunması, veri toplama izinleri ve platform politikaları araştırmacıların hareket alanını sınırlandırır. Bu nedenle bazı değişkenler yalnızca dolaylı göstergelerle ölçülebilir veya belirli veri türlerine erişim mümkün olmayabilir.

AKM'nin önerdiği müdahale ve yönetişim modellerinin uygulanabilirliği, siyasi irade ve platform ekonomisi gibi dışsal faktörlere bağlıdır. Algoritmik şeffaflık, çeşitlilik kotası veya sıralama açıklaması gibi öneriler teorik olarak güçlü olsa da, platformların ticari çıkarlarıyla her zaman uyumlu değildir.

Bu sınırlılıkların açık biçimde tanımlanması, hem modelin şeffaflığını artırır hem de gelecekte yapılacak araştırmalar için somut bir yol haritası sunar.

10. SONUÇ

Algoritmik Kamusallık Modeli (AKM), dijital çağın kamusal alanını anlamak için geliştirilen bütüncül, çok katmanlı ve ölçülebilir bir çerçevedir. Model, klasik kamusal alan kuramlarını dijital teknolojilerin dönüştürücü gücüyle yeniden yorumlayarak, görünürlük dağılımı, bilişsel işleme süreçleri ve çevrimiçi müzakere niteliği arasındaki ilişkiyi kapsamlı bir yapıda ele alır. Bu sonuç bölümü, modelin kuramsal katkılarını, ampirik uygulanabilirliğini ve dijital iletişim araştırmalarına sunduğu yenilikleri değerlendirmektedir. Ayrıca modelin demokratik kamusallık açısından taşıdığı normatif anlamlar ve politika düzeyinde önerdiği yönelimler sistematik biçimde tartışılmaktadır.

Dijital platformlar, kamusal tartışmanın temel dinamiğini kökten değiştirmiştir. Habermas'ın tasvir ettiği görünürlük ve erişim ilkeleri, bugün algoritmik sıralama sistemlerinin ticari optimizasyon mantığıyla belirlenen yapay görünürlük rejimleriyle yer değiştirmiştir. Bu dönüşüm, kamusal alanın yalnızca teknolojik değil, epistemik bir temelden de yeniden kurulması anlamına gelir. AKM, bu dönüşümün üç düzeyde gerçekleştiğini ortaya koyar: (1) görünürlüğün duygusal ve popüler içeriklerde yoğunlaşması, (2) maruziyet çeşitliliğinin kişiselleştirme süreçleri nedeniyle daralması ve (3) bilişsel rota seçiminin çevresel ipuçları lehine sistematikleşmesi. Bu üç süreç birleşerek dijital kamusallığın yapısal niteliğini belirler.

Modelin en önemli katkılarından biri, bu süreçlerin birbirinden bağımsız değil, iç içe geçmiş mekanizmalar olduğunu göstermesidir. Görünürlük yoğunlaşması yalnızca bir sıralama tercihi değil; kamusal gündemin nasıl daraldığını belirleyen temel bir faktördür. Maruziyet çeşitliliğinin azalması, bireylerin karşı-görüşlerle karşılaşma olasılığını sistematik biçimde düşürerek kutuplaşmayı hızlandırır. Bilişsel işleme yollarının çevresel ipuçlarına kayması ise, popülerlik sinyallerinin düşük kaliteli içeriklerin dahi yüksek ikna gücüne ulaşmasını açıklayan temel psikolojik mekanizmadır. Tüm bu sonuçlar, dijital platformların kamusal alanı yalnızca barındıran değil, aktif olarak şekillendiren aktörler olduğunu ortaya koyar.

AKM ayrıca ampirik olarak uygulanabilir bir model sunarak, dijital iletişim alanına metodolojik yenilikler kazandırır. Algoritma denetimi, deneysel manipülasyon ve iz analizi gibi tamamlayıcı yöntemlerin birlikte kullanılması, modern dijital ortamların karmaşıklığını çok yönlü olarak çözümleme imkânı sağlar. Bu metodolojik yaklaşım, görünürlük tahsisi ile tartışma niteliği arasındaki ilişkilerin nedensel ve gözlemsel boyutlarda test edilmesini mümkün kılar. Böylece model hem teorik derinlik hem ampirik doğrulanabilirlik taşır.

Sonuçların normatif boyutu da son derece önemlidir. Dijital platformlar, görünürlüğü ekonomik optimizasyonla belirlediği sürece kamusal alanın epistemik temeli zayıflamaya devam edecektir. Demokratik müzakerenin sürdürülebilmesi için çeşitlilik kotası, sıralama açıklamaları, kronolojik akış ve algoritmik şeffaflık gibi mekanizmaların daha güçlü biçimde kurumsallaştırılması gerekir. Ancak bu müdahalelerin etkisi, platform ekonomisinin temeline dokunmadığı sürece sınırlı kalacaktır. Dolayısıyla sonuç bölümü, dijital kamusallığın yalnızca teknik değil, aynı zamanda siyasi ve etik bir mesele olduğunu vurgular.

AKM, dijital çağda iletişim biliminin yeniden düşünülmesine yönelik kapsamlı bir davet niteliği taşır. Bu model, yalnızca mevcut sorunları tanımlamakla kalmaz; aynı zamanda müzakereci demokrasinin geleceğini güvence altına alacak politika yönelimleri için de bir yol haritası sunar. Dijital kamusal alanın sürdürülebilirliği, ancak algoritmik süreçlerin toplumsal sorumluluk ilkeleri doğrultusunda dönüştürülmesiyle mümkün olacaktır.

Bu çalışma, hem kuramsal hem metodolojik hem de normatif düzeyde kapsamlı bir çerçeve sağlayarak dijital kamusallık araştırmalarına yeni bir zemin kazandırmaktadır.

KAYNAKÇA

Bakshy, E., Messing, S., & Adamic, L. A. (2015). Exposure to ideologically diverse news and opinion on Facebook. *Science, 348*(6239), 1130–1132.

Benkler, Y., Faris, R., & Roberts, H. (2018). *Network propaganda: Manipulation, disinformation, and radicalization in American politics.* Oxford University Press.

boyd, d. (2014). *It's complicated: The social lives of networked teens.* Yale University Press.

Bruns, A. (2019). *Are filter bubbles real?* Polity Press.

Chadwick, A. (2017). *The hybrid media system: Politics and power* (2nd ed.). Oxford University Press.

Flaxman, S., Goel, S., & Rao, J. (2016). Filter bubbles, echo chambers, and online news consumption. *Public Opinion Quarterly, 80*(S1), 298–320.

Gillespie, T. (2018). *Custodians of the Internet: Platforms, content moderation, and the hidden decisions that shape social media.* Yale University Press.

Habermas, J. (1989). *The structural transformation of the public sphere.* MIT Press. (Original work published 1962)

Habermas, J. (1996). *Between facts and norms: Contributions to a discourse theory of law and democracy.* MIT Press.

Iyengar, S., Lelkes, Y., Levendusky, M., Malhotra, N., & Westwood, S. (2019). The origins and consequences of affective polarization: A critical review. *Annual Review of Political Science, 22*, 129–146.

Jamieson, K. H., & Cappella, J. N. (2008). *Echo chamber: Rush Limbaugh and the conservative media establishment.*Oxford University Press.

Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow.* Farrar, Straus and Giroux.

Klinger, U., & Svensson, J. (2018). The end of media logics? On algorithms and agency. *New Media & Society, 20*(12), 4653–4670.

Lazer, D. M., Baum, M. A., Benkler, Y., Berinsky, A., Greenhill, K., Metzger, M., ... & Zittrain, J. (2018). The science of fake news. *Science, 359*(6380), 1094–1096.

Messing, S., & Westwood, S. J. (2014). Selective exposure in the age of social media: Endorsements Trump partisan source affiliation when selecting news online. *Communication Research, 41*(8), 1042–1063.

McCombs, M. (2014). *Setting the agenda: Mass media and public opinion* (2nd ed.). Polity Press.

McCombs, M., & Shaw, D. L. (1972). The agenda-setting function of mass media. *Public Opinion Quarterly, 36*(2), 176–187.

Napoli, P. M. (2019). *Social media and the public interest: Media regulation in the disinformation age.* Columbia University Press.

Pariser, E. (2011). *The filter bubble: What the Internet is hiding from you.* Penguin Press.

Petty, R. E., & Cacioppo, J. T. (1986). *Communication and persuasion: Central and peripheral routes to attitude change.*Springer-Verlag.

Rieder, B., & Hofmann, J. (2020). Towards a political economy of technical systems: The case of Facebook's algorithmic infrastructure. *Information, Communication & Society, 23*(2), 154–170.

Sunstein, C. R. (2017). *#Republic: Divided democracy in the age of social media.* Princeton University Press.

Toulmin, S. (2003). *The uses of argument.* Cambridge University Press.

Tufekci, Z. (2015). Algorithmic harms beyond Facebook and Google: Emergent challenges of computational agency. *Colorado Technology Law Journal, 13*, 203–218.

Tufekci, Z. (2017). *Twitter and tear gas: The power and fragility of networked protest.* Yale University Press.

Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018). The spread of true and false news online. *Science, 359*(6380), 1146–1151.

Williams, B. A., & Delli Carpini, M. X. (2011). *After broadcast news: Media regimes, democracy, and the new information environment.* Cambridge University Press.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

KORE SAVAŞI VE ÇİN'DE TOPLUMSAL SEFERBERLİK: POSTERLER ÜZERİNDEN BİR OKUMA

Doç. Dr. Mehmet Barış YILMAZ
İnönü Üniversitesi İletişim Fakültesi Gazetecilik Bölümü
ORCID: 0000-0003-0928-2481

Özet
Çin'de Mao Zedong liderliğinde komünist rejim egemen olduktan sonra Çin, ABD karşıtı bir politikaya yönelmiş ve Sovyetler Birliği ile birlikte Komünizm ideolojisinin önde gelen iki destekçisinden biri olmuştur. Bu nedenle Çin, Soğuk Savaş'ın başlarında ABD'ye karşı Sovyetler Birliği ile birlikte hareket etmiştir. 1950 yılında Kore Savaşı patlak verince Çin, doğrudan savaşa girmemiş, bununla birlikte Kuzey Kore'ye destek olmuştur. Çin Halk Gönüllü Ordusu adı verilen birlikler gönüllü olarak Kuzey Kore askerleriyle birlikte ABD ve müttefiklerine karşı mücadeleye girmiştir. Çin'deki komünist rejim, Çin halkını Kore Savaşı'nda ABD'ye karşı seferber etmek için propaganda faaliyetlerine yönelmiş ve hazırlatılan çeşitli posterler üzerinden seferberlik propagandası yapmıştır. Çalışmada Kore Savaşı sırasında Çin'deki propaganda posterleri üzerinden Çin halkının ABD ve müttefiklerine karşı seferber edilmesinde ne tür mesajların verildiğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla konuya ilişkin Çin posterleri, Roland Barthes'ın göstergebilim kavramları üzerinden seferberlik propagandası bağlamında analiz edilmiştir. Çalışmada Çin propagandasının, Kuzey Kore'ye destek için giden ve ayrıca üretimde verimli bir şekilde çalışan Çinlileri, ideal Çin vatandaşları olarak sunduğu tespit edilmiştir. Bu şekilde çalışmada propaganda posterleri üzerinden halkın, Çin Halk Gönüllü Ordusu'na katılmasının ve üretimin arttırılmasının teşvik edildiği sonucuna ulaşılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Kore, Propaganda, Kore Savaşı, Çin, Seferberlik

THE KOREAN WAR AND SOCIAL MOBILIZATION IN CHINA: A READING THROUGH POSTERS

Abstract
After the communist regime under Mao Zedong took power in China, China adopted an anti-US policy and, along with the Soviet Union, became one of the two leading supporters of communist ideology. Consequently, China sided with the Soviet Union against the US in the early Cold War. When the Korean War broke out in 1950, China did not directly enter the war but instead supported North Korea. Units called the Chinese People's Volunteer Army volunteered alongside North Korean soldiers to fight against the US and its allies. The communist regime in China engaged in propaganda to mobilize the Chinese people against the US during the Korean War, using various posters to promote mobilization. This study aimed to determine the messages conveyed during the Korean War through propaganda posters in China that mobilized the Chinese public against the US and its allies. To this end, relevant Chinese posters were analyzed within the context of military propaganda, drawing on Roland Barthes's semiotic concepts. The study found that Chinese propaganda presented the Chinese who went to North Korea to support and also worked productively in production as ideal Chinese citizens. In this way, the study concluded that the public was encouraged to join the Chinese People's Volunteer Army and increase production through propaganda posters.
Keywords: Korea, Propaganda, Korean War, China, Mobilization

Giriş

Çin Halk Cumhuriyeti (ÇHC), Soğuk Savaş döneminde hem Komünizm ideolojisi altında kalkınmaya hem de uluslararası siyasette ön plana çıkmaya çalışmıştır. Bu noktada hem iç hem de dış parametrelerin hassaslığına dikkat ederek hareket etmiş ve bu nedenle uluslararası alanda temkinli hareket etmiştir. ÇHC, Soğuk Savaş döneminde meydana gelen Kore Savaşı ve Vietnam Savaşı'nda doğrudan müdahale etmek yerine arka plandan destek vermeye çalışmıştır. 1950 yılında başlayan Kore Savaşı, genç ÇHC'nin atlatması gerek zorlu sınavlardan biri olmuş ve komünist rejim, ince eleyip sık dokuyarak ABD ve müttefiklerinin bölgeye tamamen egemen olmasının önüne geçmeyi hedeflemiştir. Bu amaçla ÇHC, Kore Savaşı'nda propaganda silahını etkili bir şekilde kullanarak Çin halkını askeri ve üretim bağlamında savaşa seferber etmeyi planlamıştır. Bu kapsamda hazırlanan propaganda posterleri üzerinden Çin halkının Kuzey Kore halkı için fedakârlıklarda bulunması için çabalanmıştır.

Çin ve Kore Savaşı'na ilişkin çeşitli akademik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda: Yufan ve Zhihai (1990), Çin'in Kore Savaşı'na girme kararını; Chen (1992), Kore Savaşı sırasında Çin'in değişen hedeflerini; Üngör (2006), Türk Kore Savaşı anlatılarında Çin algılarını ve Lin vd. (2009), Çin'deki tarih ders kitaplarında Kore Savaşı'nı incelemiştir. Çalışmada ÇHC'nin Kore Savaşı'na yönelik propaganda amaçlı kullandığı posterlerde seferberlik propagandası bağlamında hangi propaganda mesajlarını verdiğinin, bunları ne şekilde hazırladığının ve ne tür propaganda mitleri inşa ettiğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Kore Savaşı konulu ÇHC'nin propaganda posterleri, göstergebilim yöntemi kullanılarak seferberlik propagandası bağlamında analiz edilmiştir. Çalışmadaki bulgular üzerinden de şu sorular yanıtlanmaya çalışılmıştır:

- Kore Savaşı'nda kullanılan ÇHC propaganda posterlerinde hangi göstergeler ön plana çıkmıştır?
- Kore Savaşı'nda kullanılan ÇHC propaganda posterlerinde Çin halkının istenilen yönde hareket ettirilmesinde hangi duygu çekiciliğinden ya da çekiciliklerinden yararlanılmıştır?

1. Kore Savaşı'na ve Çin Halk Cumhuriyeti'nin Savaşa Yönelik Tutumu

Kore Savaşı başladığında Çin büyük bir iç savaştan yeni çıkmış, bu iç savaşta çok sayıda vatandaşını kaybederken, şehirleri de büyük bir yıkıma uğramıştır. Ülkeye egemen olan komünist rejim, Çan Kay Şek döneminin izlerini silerken, aynı zamanda Çin halkının Komünizm ideolojisini benimsemesi için etkin bir propaganda faaliyeti yürütmüştür. Ayrıca başlarda dış siyasette de ÇHC, Birleşmiş Milletler tarafından tanınmamış, bu da ÇHC'nin uluslararası siyasette ön plana çıkması açısından önemli bir engel olmuştur. ÇHC, ideolojik nedenlerle Sovyetler Birliği ile birlikte Doğu Blok'u ülkelerinin iki büyük gücünden birini meydana getirmiştir. Sovyetler Birliği lideri Joseph Stalin döneminde ÇHC ve Sovyetler Birliği yakın ilişki içerisinde olmuş ve dış siyasette her iki ülke ABD karşıtı bir çizgide yer almıştır. Kore Savaşı başladığında ÇHC, temkinli hareket ederek doğrudan savaşta yer almaktan kaçınmış, buna karşılık Çin Halk Gönüllü Ordusu adı altına çok sayıda Çinli asker, Kuzey Kore saflarında ABD ve müttefiklerine karşı savaşmıştır. ABD'nin Kore üzerinde egemen olması, ABD güçlerinin ÇHC sınırlarında konuşlanması olasılığını getirebileceği için ÇHC yönetimi savaşta doğrudan ABD karşıtı bir politikaya yönelmiştir. Çinli askerlerin müdahalesi, Kuzey Kore'nin, ABD ve müttefikleri tarafından alınmasını önlemiştir. ABD kuvvetleri, iki ülke sınırlarının olduğu 38. paralelin aşağısına çekilmiş (Sekwon vd., 2023: 854) ve nihayetinde savaş ateşkesle sonuçlanmıştır. Savaşın sonucunda Kuzey Kore'de komünist rejim, Güney Kore'de ise ABD ve müttefiklerine yakın bir çizgide olan bir yönetim varlığını sürdürmüştür.

2. Yöntem

Çalışmada Çin'in Kore Savaşı'nı konu alan toplam 74 propaganda posterine ulaşılmıştır (Chinese Posters, 2025). Bu propaganda posterleri içerisinden amaçlı örneklem metodu kullanılarak doğrudan seferberlik propagandası için kullanılan 5 propaganda posteri çalışmanın örneklemi olarak belirlenmiştir. Çalışmada Çin yönetiminin, propaganda posterleri üzerinden hangi propaganda mesajlarını vermek istediğinin ve hangi propaganda mitlerini inşa etmeye çalıştığının ortaya konulabilmesi için Roland Barthes'ın gösteren, gösterilen, düzanlam, yananlam ve mit kavramlarından oluşan göstergebilim modeli kullanılmıştır. Bu kavramlar tanımlandığında: gösteren, bir kavramın herkes tarafından kabul edilen anlamını; gösterilen, kavramın, öznel, değişebilen anlamını; düzanlam, olayın ilk görülen kısmını; yananlam, olayın görülen kısmının dışında yatan ve ilk bakışta algılanamayabilen durumunu ve son olarak mit ise insanların zihinlerinde kimi zaman kimileri tarafından doğru gibi kabul edilebilen düşünceleri ifade etmektedir. Çalışmada Çin'in Kore Savaşı'nı konu alan propaganda posterleri seferberlik propagandası bağlamında bu beş kavram üzerinden sırasıyla incelenmiştir.

3. Analiz ve Bulgular

Çalışmanın bu kısmında konuya ilişkin propaganda posterleri göstergebilim yöntemiyle analiz edilerek Çin'in Kore Savaşı'na yönelik seferberlik propagandasına ait bulgulara ulaşılmıştır.

3. 1. Kore Savaşı Konulu Çin'in Birinci Propaganda Posteri

1951 yılına tarihlenen Kore Savaşı konulu Çin'in birinci propaganda posteri, Zhang Biwu tarafından hazırlanmıştır. Propaganda posterinde "ABD'ye direnmeye katılmak, Kore'ye yardım etmek, vatanı ve milleti korumak muhteşem" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 1. Kore Savaşı Konulu Çin'in Birinci Propaganda Posteri



(**Kaynak:** IISG, 1951a)

Gösterende propaganda posterinde Çinliler, Mao görseli, çiçekler ve ÇHC bayrakları ön plana çıkmaktadır. Gösterilende propaganda posterinde sevgi, vedalaşma ve Mao kişi kültü vurgulanmaktadır. Düzanlamda propaganda posterinde etrafında çiçekler olan bir odadan, sevinç içerisindeki bir grup tarafından bir kişi uğurlanmaktadır. Dışarıda ÇHC bayrakları yer alırken, birisi de Mao'nun görselini taşımaktadır. Yananlamda propaganda posterinde Kore Savaşı'na uğurlanan bir Çinli konu edilmektedir. Çinliyi uğurlayan çevresindeki mutlu insanlar üzerinden Çin halkının, Çinlilerin gönüllü olarak Kore Savaşı'na katılmasından memnun olduğu mesajı verilmektedir. Propaganda posterinde Mao'nun görselinin yer alması üzerinden doğrudan Mao'nun kişi kültü propagandası gerçekleştirilmekte ve Çin halkının Mao'ya sevgi duyduğuna yönelik düşünce oluşturulmaktadır.

Propaganda posteri üzerinden Çinlilerin Kore Savaşı'na gönüllü gitmekten ve ailelerin de onları göndermekten memnun olduğuna yönelik mit inşa edilmeye çalışılmaktadır.

3. 2. Kore Savaşı Konulu Çin'in İkinci Propaganda Posteri

1951 yılına tarihlenen Kore Savaşı konulu Çin'in ikinci propaganda posteri, Huang Jun tarafından hazırlanmıştır. Propaganda posterinde "Vatansever bir üretim yarışması başlatın" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 2. Kore Savaşı Konulu Çin'in İkinci Propaganda Posteri



(**Kaynak:** IISG, 1951b)

Gösterende propaganda posterinde tren ve işçiler ön plana çıkmaktadır. Gösterilende propaganda posterinde vatanseverlik ve çalışma vurgulanmaktadır. Düzanlamda propaganda posterinde bir trenin yapımında çalıştığı izlenimi verilen bir grup işçi resmedilmektedir. Yananlamda propaganda posterinde Kore Savaşı'nın sürdüğü bir dönemde Çin halkının vatansever duygularla çalıştığı düşüncesi oluşturulmaktadır. Propaganda posteri üzerinden Çin halkının çalışarak Kore Savaşı'na destek verdiğine yönelik mit meydana getirilmeye çalışılmaktadır.

3. 3. Kore Savaşı Konulu Çin'in Üçüncü Propaganda Posteri

1951 yılına tarihlenen Kore Savaşı konulu Çin'in üçüncü propaganda posteri, Zhang Fanfu tarafından hazırlanmıştır. Propaganda posterinde "Teknolojiyi iyi öğrenin, vatana katkı sağlayın!" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 3. Kore Savaşı Konulu Çin'in Üçüncü Propaganda Posteri



(**Kaynak:** IISG, 1951c)

Gösterende propaganda posterinde işçi ve harita ön plana çıkmaktadır. Gösterilende propaganda posterinde üretim vurgulanmaktadır. Düzanlamda propaganda posterinde Çin-Kuzey Kore sınır bölgesinin haritası ve Vatansever üretim kampanyasına dair bir slogan bulunmakta ve propaganda posterinin ön planında ise bir işçi yer almaktadır. Yananlamda propaganda posterinde Kore Savaşı'nın sürdüğü bir dönemde üretime katılan bir işçi konu edilmektedir. Propaganda posterinin arkasında yer alan Çin-Kuzey Kore sınır bölgesinin haritası ve Vatansever üretim kampanyasına dair bir slogan üzerinden Çin halkının ülkeleri için çalışması teşvik edilmektedir. Propaganda posterinde Çin halkının, çalışarak ülkelerine katkı sağlamaktan memnun olduğuna yönelik mit inşa edilmeye çalışılmaktadır.

3. 4. Kore Savaşı Konulu Çin'in Dördüncü Propaganda Posteri

1952 yılına tarihlenen Kore Savaşı konulu Çin'in dördüncü propaganda posteri, Wang Dewei tarafından hazırlanmıştır. Propaganda posterinde "Çin Halk Gönüllü Ordusu, Kore halkının silah arkadaşı ve dünya barışının güvencesidir!" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 4. Kore Savaşı Konulu Çin'in Dördüncü Propaganda Posteri



(**Kaynak:** IISG, 1952)

Gösterende propaganda posterinde askerler, siviller, Mao görseli, kızıl bayrak ve Kuzey Kore bayrağı ön plana çıkmaktadır. Gösterilende propaganda posterinde dostluk, yardımlaşma ve Mao kişi kültü vurgulanmaktadır. Düzanlamda propaganda posterinde Kuzey Kore ve kızıl bayrakların olduğu bir alanda askerler ve siviller bir arada resmedilmektedir. Propaganda posterinin ön planında bir kadın, bir askerin bir eliyle omzuna, diğer eliyle de eline dokunmaktadır. Kadın ve askerin yanında ise Mao'nun görseli tutan bir çocuk bulunmaktadır. Yananlamda propaganda posterinde Kuzey Kore halkının, Çinli gönüllülerin ülkelerinde olmasından memnun olduğuna yönelik mesaj verilmektedir. Propaganda posterinde ÇHC ve Kuzey Kore arasında yakın ilişkinin olduğuna yönelik düşünce oluşturulmakta ve Çinli gönüllülerin Kuzey Kore ordusuna destek olduğu anlatılmaktadır. Çocuğun elinde tuttuğu Mao görseli üzerinden de Mao'ya yönelik sevgi duyulduğuna ilişkin mesaj verilmektedir. Propaganda posteri üzerinden ÇHC ordusunun Kuzey Kore halkı tarafından sevilen ve barışı destekleyen bir ordu olduğuna yönelik mit meydana getirilmektedir.

3. 5. Kore Savaşı Konulu Çin'in Beşinci Propaganda Posteri

1953 yılına tarihlenen Kore Savaşı konulu Çin'in beşinci propaganda posteri, Xie Zhiguang tarafından hazırlanmıştır. Propaganda posterinde "Gönüllü Ordu'dan amca mutlu hayatlarımızı koruyor" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 5. Kore Savaşı Konulu Çin'in Beşinci Propaganda Posteri



(**Kaynak:** IISG, 1953)

Gösterende propaganda posterinde asker ve çocuklar ön plana çıkmaktadır. Gösterilende propaganda posterinde sevgi ve mutluluk vurgulanmaktadır. Düzanlamda propaganda posterinde gülümseyen bir asker, kucağında gülümseyen iki çocuğu tutmaktadır. Yananlamda propaganda posterinde yer alan asker, Kore Savaşı'nda bulunan Çinli gönüllüleri, iki çocuk ise Kuzey Kore halkını temsil etmektedir. Propaganda posterindeki yazı, Kuzey Koreli çocukların düşüncesi şeklinde yansıtılmakta, bu nedenle Kuzey Korelilerin, Çinli askerlerin Kuzey Kore'de bulunmasından memnun olduğuna yönelik mesaj verilmektedir. Ayrıca asker ve çocukların gülümsemesi üzerinden iki halk arasındaki sevgiye işaret edilmektedir. Propaganda posterinde Çinli askere "amca" şeklinde hitap edilmesi, Kuzey Kore halkının Çinlilere yönelik yakınlığı anlatılmaktadır. Propaganda posterinde Kuzey Kore halkının Çinli askerleri koruyucu olarak kabul ettiğine yönelik mit oluşturulmaktadır.

Sonuç

Çalışma kapsamında ele alınan ÇHC'nin Kore Savaşı konulu propaganda posterlerinde doğrudan Çinli askerler ve Çinli işçiler resmedilmiştir. Kore Savaşı'nda gönüllü olarak yer alan askerlerin, yakınları tarafından sevinç içerisinde uğurlandığı anlatılarak ÇHC halkının Çinlilerin Kore Savaşı'nda gönüllü olarak bulunmalarından memnun olduğu mesajı verilmiştir. Diğer yandan gönüllü askerler, Kuzey Kore halkıyla birlikte mutlu bir şekilde resmedilerek de Kuzey Kore halkının, Çinli gönüllü askerlerin ülkelerinde olmasından memnun olduğu düşüncesi oluşturulmaya çalışılmıştır. Propaganda posterlerindeki görsel ve yazılı göstergeler üzerinden Çin yönetimi, Kore Savaşı için savaşan gönüllüleri ve çalışan işçileri, idealize edilen Çinli vatandaşlar olarak sunmuştur.

Çalışmada incelenen propaganda posterlerinde duygu çekicilikleri içerisindeki coşku çekiciliğinin etkili bir şekilde kullanıldığı tespit edilmiştir. Propaganda posterlerinde oluşturulan coşku duygusuyla Çinlilerin hem askere gönüllü olarak gitmesi hem de üretimde etkin bir şekilde çalışması teşvik edilmeye çalışılmıştır. Genel olarak elde edilen bulgular değerlendirildiğinde Çin yönetiminin propaganda posterleri üzerinden Kore Savaşı'nda ÇHC'nin gönüllüler yoluyla müdahalesini Çin kamuoyunda meşrulaştırma çabası içerisinde olduğu anlaşılmaktadır. Yeni kurulan ÇHC, Kuzey Kore'deki komünist rejimin ortadan kalkmasını önlemek istemiş, bu kapsamda propaganda posterlerinin yardımıyla halkın gönüllü olarak savaşa katılmasını sağlamaya çalışmıştır. Nitekim ÇHC'nin Kuzey Kore'ye doğrudan asker yollaması, ABD ve müttefiklerinin ÇHC'ye müdahalesi olasılığını doğurabilir, bu da ülkede yeni yeni kontrol sağlayan komünist rejimin, varlığını tehdit edebilirdi. Böylece ÇHC'nin propaganda posterlerini etkili bir şekilde kullanarak dış müdahale olmadan halkını Kore Savaşı'nda seferber etmeye çalıştığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Kaynakça

Chen, J. (1992). China's Changing Aims during the Korean War, 1950—1951. *Journal of American-East Asian Relations*, 1(1), 8-41.

Chinese Posters (2025). *Kore Savaşı Konu Çin Propaganda Posterleri*. Erişm Tarihi: 29.10.2025. Erişim Linki: https://chineseposters.net/themes/north-korea?page=0.

IISG (1951a). *Kore Savaşı Konulu Çin'in Birinci Propaganda Posteri*. Erişim Tarihi: 29.10.2025. Erişim Linki: https://search.iisg.amsterdam/Record/1136402.

IISG (1951b). *Kore Savaşı Konulu Çin'in İkinci Propaganda Posteri*. Erişim Tarihi: 29.10.2025. Erişim Linki: https://search.iisg.amsterdam/Record/1044215.

IISG (1951c). *Kore Savaşı Konulu Çin'in Üçüncü Propaganda Posteri*. Erişim Tarihi: 29.10.2025. Erişim Linki: https://search.iisg.amsterdam/Record/1518386.

IISG (1952). *Kore Savaşı Konulu Çin'in Dördüncü Propaganda Posteri*. Erişim Tarihi: 29.10.2025. Erişim Linki: https://search.iisg.amsterdam/Record/1454294.

IISG (1953). *Kore Savaşı Konulu Çin'in Beşinci Propaganda Posteri*. Erişim Tarihi: 29.10.2025. Erişim Linki: https://search.iisg.amsterdam/Record/1531649.

Lin, L., Zhao, Y., Ogawa, M., Hoge, J., & Kim, B. Y. (2009). Whose history? An analysis of the Korean war in history textbooks from the United States, South Korea, Japan, and China. *The Social Studies*, 100(5), 222-232.

Sekwon, J., You-ki, M. & Sangduk, L. (2023). Medical support provided by the UN's Scandinavian Allies during the Korean War. *Korean Journal of Medical History Ŭi sahak*, 32(3), 829-864.

Üngör, Ç. (2006). Perceptions of China in the Turkish Korean War Narratives. *Turkish Studies*, 7(3), 405-420.

Yufan, H., & Zhihai, Z. (1990). China's decision to enter the Korean War: History revisted. *The China Quarterly*, 121, 94-115.

ULUSLARARASI AF ÖRGÜTÜ'NÜN KALEMİN GÜCÜNÜ KONU ALAN KAMPANYALARI

Doç. Dr. Mehmet Barış YILMAZ
İnönü Üniversitesi İletişim Fakültesi Gazetecilik Bölümü
ORCID: 0000-0003-0928-2481

Özet
Dünyanın pek çok ülkesinde milyonlarca üyeye sahip olan Uluslararası Af Örgütü (Amnesty International, AI), uluslararası alanda insan hakları ihlallerine karşı mücadele etmektedir. Bu kapsamda örgüt, işkence, yargısız infaz, haksız tutuklama ve idam cezası gibi çeşitli konularda faaliyette bulunmaktadır. Örgüt, kamuoyunun insan hakları ihlallerine karşı hareket etmesi için çeşitli kampanyalar düzenlemekte, bu kampanyalarda da insanların yetkili kuruluşlara seslerini duyurmaları istenmektedir. İnsanların seslerini duyurabilmelerini teşvik etmek amacıyla da örgüt, mektup ve imzayı konu alan çeşitli kampanyalar düzenlemektedir. Bu kampanyalarda kalemin, insan haklarının savunulmasında ne denli bir önem sahip olduğu konusunda kamuoyunda farkındalık oluşturulamaya çalışılmaktadır. AI'nin kalemin gücünü konu alan kampanyalarına ışık tutulması, AI'nin insanları istenilen yönde nasıl harekete geçirdiğinin ortaya konulması bakımından önem taşımaktadır. Bu açıdan çalışmada AI'nin kalemin gücü konulu kampanyalarında hangi göstergelerin kullanıldığının ve bu göstergeler üzerinden insanların nasıl harekete geçirilmeye çalışıldığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla konuya ilişkin Kanada'dan iki, Macaristan, Malezya ve Porto Riko'dan birer kampanya olmak üzere toplam beş kampanya, göstergebilim yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda kullanılan göstergelerde kimi zaman çeşitli metaforlar üzerinden kimi zaman da doğrudan kalemin yol açabileceği etkiye vurgu yapılarak insanların dikkatinin çekilmesine çalışıldığı tespit edilmiştir. Bu yolla çalışmada AI'nin insan hakları konusunda insanların birlikte harekete geçmesinin ne kadar önemli olabileceğine yönelik farkındalık oluşturmaya çalıştığı sonucuna ulaşılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Af, Kampanya, Uluslararası Af, Özgürlük, Mahkûmiyet

AMNESTY INTERNATIONAL'S CAMPAIGNS ABOUT THE POWER OF THE PEN

Abstract
Amnesty International (AI), with millions of members in many countries around the world, fights against human rights violations internationally. In this context, the organization works on various issues such as torture, extrajudicial killings, unjust detentions, and the death penalty. The organization organizes various campaigns to mobilize the public opinion against human rights violations, urging people to make their voices heard by relevant institutions. To encourage people to make their voices heard, the organization organizes various campaigns using letters and signatures. These campaigns aim to raise public awareness of the importance of the pen in defending human rights. Shedding light on AI campaigns that leverage the power of the pen is crucial for demonstrating how AI can motivate people to act in the desired direction. In this context, the study aimed to identify the indicators used in AI campaigns about the power of the pen and how these indicators were used to mobilize people. To this end, a total of five campaigns on the subject—two from Canada, one each from Hungary, Malaysia, and Puerto Rico—were analyzed using semiotics. The study found that the indicators employed attempted to capture people's attention, sometimes through various metaphors and sometimes directly by emphasizing the impact of the pen.

In this way, the study concluded that AI attempted to raise awareness of the importance of collective action on human rights.
Keywords: Amnesty, Campaign, Amnesty International, Freedom, Conviction

Giriş

Dünyanın çeşitli bölgelerinden insan hakları ihlalleri rapor edilmekte, bu insan hakları ihlallerinin önlenmesi amacıyla da çeşitli uluslararası kuruluşlar faaliyette bulunmaktadır. Uluslararası Af Örgütü (Amnesty International, AI) de bu kuruluşlardan biridir. AI, yaptığı çalışmalarla hem insan hakları ihlallerine karşı farkındalık oluşturmaya hem de insanları bu ihalelerle karşı harekete geçirmeye çalışmaktadır. Bu kapsamda AI, çeşitli ülkelerde hazırladığı kampanyalarla insanların, insan hakları ihlallerine karşı tepki vermesini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bu kampanyalar içerisinde AI, kalemin gücünü konu alan kampanyalarıyla da insanların kalem yoluyla yetkili kuruluşlara tepki vermesinin önemine vurgu yapmaktadır.

AI'yi konu alan son yıllarda çeşitli akademik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda: Vik ve Østberg (2022), İsveç, AI ve küresel işkence karşıtı politikalardaki hukuk girişimcilerini; Gray (2025), AI ve Brezilya'yı ve Tariq ve Mahmood (2025), AI'nin Keşmir ve Filistin'deki rolünü ele almıştır. AI'ye yönelik ulusal çalışmalarda ise: Abdulhakimoğulları ve Kedikli (2006), AI ve insan haklarının gelişimine katkısını; Cicioğlu ve Bostancı (2017). uluslararası sistem içerisinde hükümetdışı örgütlenmelerin etkinliği bağlamında AI'yi; Metin (2020), Celal Bayar'ın tahliyeleri, affı ve AI'nin çabalarını; Baytimur (2022), AI'nin işkence karşıtı kampanyalarını ve Dondurucu (2023). AI'nin Instagram'daki iletişim sürecini incelemiştir. Çalışma kapsamında ise AI'nin kalemin gücü konulu kampanyalarında insanların, istenilen yönde hareket etmesini sağlamak için göstergeleri ne şekilde kullandığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada konuya ilişkin kampanyalar, göstergebilim yöntemi kullanılarak incelenmiş ve elde edilen bulgular üzerinden de şu iki soruya yanıt aranmaya çalışılmıştır:

- AI'nin kalemin gücü konulu kampanyalarında hangi göstergelere yer verilmiştir?
- AI'nin kalemin gücü konulu kampanyalarındaki göstergeler üzerinden hangi konu ya da konuların önemine vurgu yapılmıştır?

Uluslararası Af Örgütü'nün Faaliyetlerine Genel Bakış

Uluslararası Af Örgütü, 1961 yılında Londra'da kurulmuştur. AI, 10 milyondan fazla kişiden oluşan, herhangi bir siyasi ideolojiden bağımsız, insan hakları ihlallerinin mağdurlarının yanında olan küresel bir harekettir (AI, 2025a). Örgüt, üyeleri tarafından yönetilmekte, bu kapsamda her yıl 60'tan fazla ülkeden temsilciler, Küresel Genel Kurul'a katılmaktadır (AI, 2025b). Örgüt, insan hakları savunmakta ve bu konudaki uluslararası sözleşmelerin uygulanması için çaba sarf etmektedir. Bu noktada hazırladığı kampanyalarla kamuoyunda insan hakları konusunda farkındalık oluşturmaya çalışmaktadır. İnsan hakları konusunda toplumların hükümetlere karşı harekete geçmesi konusunda faaliyet yürütmektedir. İşkence karşıtı bir tutum sergileyen örgüt (Baytimur, 2022: 826), ölüm cezalarının kaldırılması konusunda da çaba sarf etmektedir.

Yöntem

Çalışmada AI'nin toplam 275 kampanyasına ulaşılmış (AOTW, 2025), bu kampanyalar içerisinden amaçlı örneklemden yararlanılarak kullanılan göstergeler ve içerik bakımından doğrudan kalemin gücü konulu beş kampanya, çalışmanın örneklemi olarak seçilmiştir. Farklı tarihlerde yayımlanan kalemin gücü konulu Kanada'dan iki, Macaristan, Malezya ve Porto Riko'dan birer kampanya ele alınmıştır.

Kampanyaların göstergelerindeki mesajların ana hatlarıyla çözümlenebilmesi için Ferdinand de Saussure'ün göstergen ve gösterilen kavramları üzerinden göstergebilim yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Göstergen bir kavramın insanlar tarafından uzlaşı sonucu kabul edilen ilk anlamını, gösterilen ise kavramın kullanıldığı bağlama göre şekillenebilen kültüre özgü öznel anlamını ifade etmektedir.

Analiz ve Bulgular

Çalışmanın bu kısmında AI'nin örneklem olarak belirlenen, kalemin gücü konulu beş kampanyası sırasıyla gösteren ve gösterilen kavramları bağlamında analiz edilmiştir.

AI'nin Birinci Kampanyası

2008 yılında Malezya'da yayımlanan AI'nin birinci kampanyası, Saatchi & Saatchi reklam ajansı tarafından hazırlanmıştır. Kampanyada "Özgürlük için yaz" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 1. AI'nin Birinci Kampanyası



(**Kaynak:** AOTW, 2008)

Kampanyada gösterende kırmızı bir fonda ucu yere doğru olan devasa bir kalem resmedilmektedir. Kalemin içerisinden yere doğru uzanan büyük bir ip benzeri nesneden tutunarak kaçmakta olan insanlara yer verilmektedir. Gösterilen boyutunda kalem, insanların, insan haklarına aykırı bulunan eylemlere yönelik tepkisini yazarak ifade etmesini temsil etmektedir. Kalemin devasa boyutta olması, çok sayıda insanın, kalem yoluyla bu tepkide bulunmasını ifade etmektedir. Kampanyada kalemin içerisinde kaçmakta olan kişiler ise özgürleşmeyi bekleyen kişileri temsil etmektedir. Bu kişilerin kalemin içinden kaçmasıyla ve "Özgürlük için yaz" yazısıyla kalem yoluyla insanların tepkide bulunmasının insanları özgürleştirebileceği mesajı verilmektedir.

AI'nin İkinci Kampanyası

2011 yılında Macaristan'da yayımlanan AI'nin ikinci kampanyası, DDB reklam ajansı tarafından hazırlanmıştır. Kampanyada "İmzalar mermiler kadar güçlü olabilir. Ölüm cezasına karşı mücadelede Uluslararası Af Örgütü'ne katılın" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 2. AI'nin İkinci Kampanyası



(**Kaynak:** AOTW, 2011)

Kampanyada gösterende siyah bir fonda bir mermiyi andıran bir dolma kalem ucuna yer verilmektedir. Gösterilen boyutunda dolma kalemin ucu, insanların ölüm cezasına karşı imza yoluyla verdiği tepkiyi temsil etmektedir. Kampanyadaki "İmzalar mermiler kadar güçlü olabilir" yazısıyla da dolma kalemin ucunun mermiye benzetildiği anlaşılmaktadır. Dolma kalemin ucunun mermiye benzetilmesiyle kampanyada metafor kullanılmakta ve kamuoyuna kalemin gücünün bir mermi kadar güçlü bir etki yapabileceği mesajı verilmektedir. Bu şekilde kamuoyunda ölüm cezasına karşı imza yoluyla vereceği tepkinin önemine dikkat çekilmeye çalışılmakta ve insanların AI'ye katılması teşvik edilmektedir.

AI'nin Üçüncü Kampanyası

2013 yılında Kanada'da yayımlanan AI'nin üçüncü kampanyası, JWT reklam ajansı tarafından hazırlanmıştır. Kampanyada "Her imza onu zorlaştırır" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 3. AI'nin Üçüncü Kampanyası



(**Kaynak:** AOTW, 2013)

Kampanyada gösterende içi labirenti andıran devasa boyutta bir imzaya yer verilmektedir. İmzanın bir ucunda idam sehpasında olan bir kişi diğer ucunda ise imzanın içinden idam sehpasındaki kişiye doğru ilerleyen başka bir kişi bulunmaktadır. Gösterilen boyutunda kampanyada yer alan devasa boyuttaki imza, insanların ölüm cezasına karşı imza yoluyla verdiği tepkiyi temsil etmektedir. İmzanın devasa boyutta olması, ölüm cezasına karşı verilen tepkinin büyüklüğünü yansıtmaktadır.

Kampanyada idam sehpasında olan kişiye doğru ilerleyen kişi, idam sehpasındaki kişiyi öldürmeye gelmektedir. Bu kişinin, imzanın içinden geçmesi ve imzanın bir labirenti andırması, bu kişinin ölüm cezası alan kişiye ulaşmasının zaman alabileceği mesajını vermektedir. Bu nedenle kampanyada ölüm cezasına karşı atılan imzaların, ölüm cezasının uygulamaya konmasını geciktirebileceği anlatılmaktadır. Böylece AI, ölüm cezalarına karşı imzaların ne denli bir etki yapabileceğine yönelik farkındalık oluşturarak insanların ölüm cezasına karşı imza atarak tepki vermesini teşvik etmektedir.

AI'nin Dördüncü Kampanyası

2020 yılında Kanada'da yayımlanan AI'nin dördüncü kampanyası, Cossette reklam ajansı tarafından hazırlanmıştır. Kampanyada "Yazı onların sesini taşır" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 4. AI'nin Dördüncü Kampanyası



(**Kaynak:** AOTW, 2020)

Kampanyada gösterende devasa boyutta bir kalem ve kalemin ucunu megafon gibi tutan bir kişiye yer verilmektedir. Gösterilen boyutunda elinde kalemin ucuyla bütünlemiş megafon olan ya da kalemin ucunu megafon gibi kullanan kişi, insan hakları ihlallerine karşı tepki veren kişileri temsil etmektedir. Kampanyadaki kalem ise insan hakları ihlallerine karşı yazı yoluyla tepki verilmesini ifade etmektedir. Kalemin devasa boyutta olması üzerinden önceden de açıklandığı gibi tepki veren kişilerin sayısının büyüklüğüne atıf yapılmaktadır. Kampanyada kalemin ucunun megafon şeklinde kullanılması üzerinden metafor kullanılmakta ve kalem yoluyla verilen tepkilerin megafon gibi etkili bir ses çıkarabileceği anlatılmaktadır. Bu kapsamda AI kampanyasında insan hakları ihlallerine karşı verilen tepkinin büyüklüğünün önemine de vurgu yapmakta ve mümkün olduğunca fazla kişinin insan hakları ihlallerine karşı tepki göstermesi teşvik edilmektedir.

AI'nin Beşinci Kampanyası

2022 yılında Porto Riko'da yayımlanan AI'nin beşinci kampanyası, Arteaga & Arteaga reklam ajansı tarafından hazırlanmıştır. Kampanyada "Değişim bir mektup kadar uzağınızda. Haklar için yazın" yazısı bulunmaktadır.

Görsel 5. AI'nin Beşinci Kampanyası



(**Kaynak:** AOTW, 2022)

Kampanyada gösterende kapağı açık bir zarfa yer verilmektedir. Zarfın altında kelepçeli eller ve zarfın kapak kısmında ise anahtar tutan bir el resmedilmektedir. Gösterilen boyutunda elleri kelepçeli olan kişi, mahkûm edilmiş kişileri temsil etmekte, elinde anahtar olan kişi üzerinden de bu kişilerin mahkûmiyetinin son bulması anlatılmaktadır. Kampanyadaki mektup ise mahkûm edilmiş kişilerin, özgürlüğüne kavuşması için halkın mektup yazarak verdiği tepkiyi ifade etmektedir. Mektubun kapağının açık olması ve kapağın bir kısmında anahtar tutan elin, diğer kısmında ise kelepçeli ellerin olması üzerinden mektubun kapatılmasıyla mahkûmların, mahkûmiyetlerinin bitebileceği mesajı verilmektedir. Mektubun kapatılması mesajı üzerinden de insanların mahkûmların özgürleştirilmesi için mektup yazması teşvik edilmektedir.

Sonuç

Çalışmada AI'nin kalemin gücü konulu incelenen kampanyalarında dolma kalemin ucu, mermiye benzetilerek metafor kullanımı yapılmış, bu şekilde kalemin mermi kadar kuvvetli bir etki yapabileceği anlatılmaya çalışılmıştır. Diğer yandan imza, labirente benzetilerek ölüm cezasına karşı imzanın rolüne vurgu yapılmıştır. Bir diğer kampanyada ise kalemin ucu megafona benzetilerek kalemin yine gücüne dikkat çekilmeye çalışılmıştır. Kampanyaların ikisinde kalemler, birinde ise imza devasa boyutta yer almış, bu şekilde kalemin etkisinin, fazla sayıda insanın tepkisiyle büyük olabileceği anlatılmıştır. Böylece daha fazla insanın, AI'nin çalışmaları doğrultusunda yazıyla tepki vermesinin teşvik edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada incelenen kampanyalar genel olarak değerlendirildiğinde insanların dikkatinin kalemin gücüne odaklanmaya çalışıldığı ortaya çıkmıştır. AI, kamuoyunda daha fazla tepkinin oluşabilmesi için yazının gücünü çeşitli metaforlar kullanarak anlatmış, bununla birlikte tepkinin boyutunun önemine de vurgu yapmıştır. Tüm bunlarla AI, yazının, toplumsal tepki açısından ne denli önemli olduğu konusunda kamuoyunda farkındalık oluşturmaya çalışmıştır. Sonuç olarak AI, toplumlarda insan hakları konusunda daha fazla tepkinin meydana gelmesi için kalemin gücü konusunda insanların zihinlerinde belirli algıları oluşturmaya amaçladığı anlaşılmaktadır.

Kaynakça

AI (2025a). "*Who We Are*". Erişim Linki: https://www.amnesty.org/en/about-us/. Erişim Tarihi: 31.10.2025.

AI (2025b). "*How are we governed?*". Erişim Linki: https://www.amnesty.org/en/about-us/#tab-governance. Erişim Tarihi: 31.10.2025.

AOTW (2008). AI'nin *Birinci Kampanyası*. Erişim Linki: https://www.adsoftheworld.com/campaigns/pen-0c7bd3ff-9022-4214-ba1d-39bc685229d2. Erişim Tarihi: 31.10.2025.

AOTW (2011). AI'nin *İkinci Kampanyası*. Erişim Linki: https://www.adsoftheworld.com/campaigns/fight-with-signatures. Erişim Tarihi: 31.10.2025.

AOTW (2013). AI'nin *Üçüncü Kampanyası*. Erişim Linki: https://www.adsoftheworld.com/campaigns/shooting-cf4de73b-ea54-4051-9609-9b443e844665. Erişim Tarihi: 31.10.2025.

AOTW (2020). AI'nin *Dördüncü Kampanyası*. Erişim Linki: https://www.adsoftheworld.com/campaigns/write-for-rights. Erişim Tarihi: 31.10.2025.

AOTW (2022). AI'nin *Beşinci Kampanyası*. Erişim Linki: https://www.adsoftheworld.com/campaigns/write-for-rights-42e3ed3c-16e9-461e-bb5e-0d60bee2f046. Erişim Tarihi: 31.10.2025.

AOTW (2025). AI'nin *Kampanyaları*. Erişim Linki: https://www.adsoftheworld.com/brands/amnesty-international. Erişim Tarihi: 31.10.2025.

Abdulhakimoğulları, E., & Kedikli, U. (2006). Bir Hükümet Dışı Kuruluş Modeli Olarak Uluslararası Af Örgütü ve İnsan Haklarının Gelişimine Katkısı. *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 10(3-4), 55-80.

Baytimur, T. (2022). Geoffrey Leech'in Anlamlandırmanın Yedi Türü Işığında Uluslararası Af Örgütü'nün İşkence Karşıtı Kampanyaları. *Erciyes İletişim Dergisi*, 9(2), 825-841.

Cicioğlu, F., & Bostancı, B. (2017). Uluslararası Sistemde Hükümetdışı Örgütlenmelerin Etkinliği: Uluslararası Af Örgütü Örneği. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 4(11), 47-61.

Dondurucu, Z. B. (2023). İnsan hakları hareketi bağlamında Uluslararası Af Örgütü'nün Instagram'da iletişim süreci. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, (37), 143-167.

Gray, W. G. (2025). Almost Infamous: Amnesty International, the Bonn Republic, and the Brazilian Dictatorship, 1964–85. *Journal of Contemporary History*, 60(3), 380-396.

Metin, M. (2020). Celal Bayar'ın Kayseri Cezaevinden Tahliyeleri, Affı ve Uluslararası Af Örgütünün Bu Konudaki Çabaları. *Uluslararası Beşeri Bilimler ve Eğitim Dergisi*, 6(13), 375-394.

Tariq, L., & Mahmood, A. (2025). State sovereignty vs. human rights: Amnesty International's role in Kashmir and Palestine. *Social Sciences Spectrum*, 4(2), 218-233.

Vik, H. H., & Østberg, S. A. (2022). Sweden, Amnesty International and legal entrepreneurs in global anti-torture politics, 1967–1977. *The International History Review*, 44(3), 633-652.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLETİŞİMİNDE YENİ BİR EĞİLİM: GREENHUSHİNG ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE GELECEK ARAŞTIRMALARA ÖNERİLER

Volkan YAKIN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İletişim Fakültesi, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Bölümü
ORCID: 0000-0001-6518-8348

Süleyman ÇELİK
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Gerede Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Pazarlama Bölümü
ORCID: 0000-0002-2064-5872

ÖZET
Günümüzde tüketiciler, yatırımcılar, düzenleyiciler ve diğer paydaş gruplarının artan sürdürülebilirlik baskıları birçok işletmenin yeşil başarılarını aşırı bir iletişimle duyurmasına ve hatta yeşil aklama olarak adlandırılan greenwashing taktiğini benimsenemesine neden olmuştur. Ancak son birkaç yıldır bazı firmalar gerçekten yaptıkları sürdürülebilirlik faaliyetlerini sessizce yürütmekte ve bu alandaki başarılarını pazarlama ve iletişim çalışmalarında kullanmaktan kaçınmaktadır. Greenwashing staratejisinin tam tersi olarak görülen bu yeni yönelim greenhushing olarak adlandırılmaktadır. Yeşil sessizlik veya yeşil suskunluk olarak Türkçeye çevrilebilecek olan greenhushing, firmaların sürdürülebilirlik uygulamalarına ilişkin bilgilerini müşterilerinden ve paydaşlarından kasıtlı olarak saklanması veya minumum düzeyde paylaşmasıdır. Literatürde greenwashing üzerine çok sayıda çalışma olmasına karşın, greenhushing kavramsal olarak henüz yeni olup, literatürde oldukça az sayıda çalışma yer almaktadır. Dahası Türkçe literatürde ise kavram üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı sürdürülebilirlik iletişiminde yeni bir eğilim olan greenhushing kavramını tanıtmak, firmaları greenhushing yapmaya iten faktörleri belirlemek ve olası araştırma alanlarını ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda, greenhushing kavramı üzerine detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması sonucunda firmaların greenwashing ile suçlanmak istememesi, işletmelerin sürdürülebilirlik üzerine verdikleri taahhütleri yerine getirememe endişesi, düzenleyici otoritelerden gelebilecek inceleme ve ceza riskinden kaçınmak istemesi ve paydaş beklentileri arasındaki uyuşmazlık riski firmaların greenhushing yapmaya iten nedenler olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada ayrıca literatürde yer alan boşluklara ve gelecek araştırmalara yönelik önerilere de yer verilmiştir. Buna göre, ilgili çalışmaların büyük bir çoğunluğunun greenhushing kavramını firmalar üzerine incelemişlerdir. Ancak tüketicilerin greenhushing faaliyetlerine yönelik tepkilerini inceleyen bir çalışma yer almamaktadır. Dahası bu tepkileri ölçebilecek bir ölçekte yoktur. Gelecekte bu konu üzerine bir ölçek geliştirilebileceği gibi, tüketicilerin güven, marka imajı, satın alma niyeti gibi tepkileri de incelenebilir. Ayrıca Türkiye'de bu kavram üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Türkiye'de firmaların greenhushing yapma nedenleri üzerine bir çalışma yapılabilir. Son olarak, ülkeler arası ve sektörel karşılaştırmalar yapılarak greenhushing yapmaya iten faktörler daha net bir şekilde ortaya konabilir.

Anahtar Kelimeler: Greenhushing, Sürdürülebilir İletişim, Sürdürülebilir Pazarlama

A NEW TREND IN SUSTAINABLE COMMUNICATION: A CONCEPTUAL REVIEW OF GREENHUSHING AND SUGGESTIONS FOR FUTURE RESEARCH

ABSTRACT

Today, increasing sustainability pressures from consumers, investors, regulators, and other stakeholder groups have led many businesses to over-communicate their green achievements and even adopt the tactic of greenwashing. However, over the past few years, some companies have been quietly pursuing their sustainability efforts and avoiding highlighting these achievements in their marketing and communication efforts. This new trend, seen as the exact opposite of the greenwashing strategy, is called greenhushing. Greenhushing is the deliberate withholding or minimal sharing of information about companies' sustainability practices from their customers and stakeholders. While there are numerous studies on greenwashing in the literature, greenhushing is conceptually relatively new and has few studies. Furthermore, no studies have been found in the Turkish literature. The purpose of this study is to introduce the concept of greenhushing, a new trend in sustainability communication, to identify the factors that drive companies to engage in greenhushing, and to identify potential areas for research. In this regard, a detailed literature review on the concept of greenhushing was conducted. As a result of the literature review, several reasons were identified for why companies engage in greenhushing. These include the fear of being accused of greenwashing, the concern that businesses may not be able to fulfill their commitments on sustainability the desire to avoid the risk of investigation and punishment from regulatory authorities, and the risk of conflict between stakeholder expectations. Accordingly, the vast majority of relevant studies have examined the concept of greenhushing in the context of firms. However, there is no study examining consumer reactions to greenhushing activities. Furthermore, there is no scale to measure these reactions. Future research could develop a scale on this topic, as well as examine consumer reactions such as trust, brand image, and purchase intention. Furthermore, no studies on this concept were found in Turkey. A study could be conducted on the reasons why companies engage in greenhushing in Turkey. Finally, cross-country and sectoral comparisons could be made to more clearly identify the factors that drive greenhushing.

Keywords: Greenhushing, sustainability communication, sustainability marketing

WYAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ÜRETKEN GÖRSEL SİSTEMLERDE HİPER-KİŞİSELLEŞTİRME: ENDEL UYGULAMASI ÜZERİNE BIR İNCELEME

Mithat ALADAĞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Görsel İletişim Tasarımı Anasanat Dalı
ORCID: 0000-0003-2374-3715

Doç. Dr. Hülya DEMİR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Grafik Bölümü, Grafik Anasanat Dalı
ORCID: 0000-0002-9505-0347

Nurhayat GÜZEY
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Görsel İletişim Tasarımı Anasanat Dalı
ORCID: 0009-0001-4254-4722

Farah SAĞLAM
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Görsel İletişim Tasarımı Anasanat Dalı
ORCID: 0009-0005-1101-0938

Özet
Bu çalışma, çevresel verilerle beslenen üretken görsel sistemlerin estetik potansiyelini ve bu sistemlerin grafik tasarım alanında açtığı yeni ifade olanaklarını incelemektedir. Araştırma, yapay zekâ destekli ses manzaraları (soundscapes) üreten *Endel* uygulaması üzerinden, hava durumu, konum ve kullanıcı hareketi gibi değişkenlerin görsel dile nasıl dönüştürüldüğünü analiz etmektedir. *Endel*, kullanıcıdan ve çevreden topladığı verileri yapay zekâ aracılığıyla işleyerek gerçek zamanlı, kişiselleştirilmiş bir deneyim üretmekte; bu kişiselleştirme süreci, grafik tasarım alanında hiper-kişiselleştirilmiş (hyper-personalized) üretken görsel katmanların ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Bu katmanlar, verinin estetik biçim diline dönüşmesini sağlayarak her kullanıcı için benzersiz bir görsel deneyim yaratmaktadır. Çalışma, bu üretken görsel katmanların veri ile estetik arasında kurduğu köprüyü tartışmakta; doğanın değişken koşullarını minimalist, akışkan ve dinamik bir görsel dile dönüştürerek kullanıcı etrafında "algoritmik bir atmosfer" oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, çevresel verilerin *calm technology* yaklaşımı içinde teknik bir unsur olmasına ek olarak aynı zamanda duygusal ve sakinleştirici bir estetik malzeme haline geldiğini göstermektedir. Sonuç olarak, hiper-kişiselleştirme, yapay zekânın gündelik yaşam verilerini yaşayan, değişken ve bireye özgü bir görsel estetik deneyime dönüştürmesinde çağdaş bir estetik strateji olarak değerlendirilmektedir.
Anahtar Kelimeler: üretken görsel sistemler, hiper-kişiselleştirme, veri estetiği, çevresel veri

HYPER-PERSONALIZATION IN AI-AUGMENTED GENERATIVE VISUAL SYSTEMS: AN ANALYSIS OF THE ENDEL APPLICATION

Abstract

This study explores the aesthetic potential of generative visual systems driven by environmental data and examines the new forms of visual expression these systems introduce within the field of graphic design. The research focuses on the *Endel* application, which produces AI-assisted soundscapes, analyzing how environmental variables such as weather, location, and user movement are transformed into visual language. *Endel* processes data collected from the user and their surroundings through artificial intelligence to generate a real-time, personalized experience. This personalization process enables the emergence of hyper-personalized generative visual layers within the field of graphic design, turning data into an aesthetic form language and creating a unique visual experience for each user.

The study discusses how these generative visual layers build a bridge between data and aesthetics, demonstrating how the variable conditions of nature are transformed into a minimalist, fluid, and dynamic visual language that forms an "algorithmic atmosphere" around the user. The findings suggest that environmental data function not only as a technical component within the *calm technology* framework but also as an emotional and soothing aesthetic material. Consequently, hyper-personalization is interpreted as a contemporary aesthetic strategy through which artificial intelligence transforms everyday life data into living, evolving, and individually tailored visual aesthetic experiences.

Keywords: generative visual systems, hyper-personalisation, data aesthetics, environmental data

GİRİŞ

21. yüzyılda yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin hızla yaygınlaşması, sanat ve tasarım alanlarında köklü dönüşümlere yol açmaktadır. Özellikle üretken YZ sistemleri, geleneksel estetik üretim biçimlerini yeniden tanımlayarak veri tabanlı yeni estetik deneyimlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu dönüşümün en dikkat çekici boyutlarından biri, kullanıcıya özgü verilerin algoritmik süreçlerle işlenerek kişiselleştirilmiş estetik deneyimlere dönüştürülmesidir. Hiper-kişiselleştirme olarak adlandırılan bu yaklaşım, her bireyin benzersiz veri profiline dayalı, dinamik ve değişken estetik içerikler üretme potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu süreçte verinin estetik bir değere nasıl dönüştüğü, algoritmaların bu dönüşümdeki rolü ve ortaya çıkan estetik deneyimin niteliği gibi sorular akademik bir incelemeyi gerektirmektedir.

YZ teknolojilerinin 21. yüzyılda ulaşmış olduğu düzey, sanat ve tasarım alanlarını teknik araçlar üzerinden olduğu gibi estetik üretim biçimleri ve görsel kültür rejimleri üzerinden de dönüştürmektedir. Turing'in "makineler düşünebilir mi?" sorusuyla çerçevesi çizilen tartışma hattı, bugün üretken YZ modellerinin görsel, işitsel ve metinsel içerikleri otonom biçimde üretebildiği bir döneme geçiş yapmıştır (Turing, 1950; Alpaydın, 2013; Coşkun, 2024). Grafik tasarım bağlamında bu dönüşüm, tasarımcının karar verici öznesi ile algoritmik sistemlerin üretken kapasitesi arasında yeni bir iş bölümü ve iş birliği alanı doğurmakta; estetik deneyim, insan–makine etkileşimli dinamik bir süreç olarak yeniden tanımlanmaktadır (Aydın ve Değirmenci, 2018). Bu bağlamda "veri estetiği" tartışmaları, üretken YZ sistemlerinin işlevsel problemleri çözen araçlar ve estetik bir ifade dilinin taşıyıcıları olduğu varsayımına yaslanmaktadır.

Manovich (2018), üretken YZ modellerinin büyük veri kümelerinden öğrendikleri görsel kalıpları yeniden düzenleyerek kültürel üretimin parçası haline geldiğini vurgularken, verinin kendisinin estetik malzeme gibi işlev gördüğünü belirtir (Manovich ve Arielli, 2021).

Büyükkaragöz'ün Refik Anadol örneği üzerinden tartıştığı "veri estetiği", ham verinin algoritmik süreçlerle dönüştürülerek mekânsal ve görsel kompozisyonlara evrilmesiyle ortaya çıkan yeni bir estetik rejime işaret etmektedir (Büyükkaragöz, 2025). Bu rejimde görsel tasarım, anlam üretimi kadar veri mimarisi, algoritmik süreçler ve kullanıcı deneyiminin düzenlenmesiyle de iç içe geçmektedir.

Dijital kültürde kişiselleştirme pratikleri, bu veri temelli estetik dönüşümün kritik eksenlerinden biridir. Pine ve Gilmore'un (2010) "deneyim ekonomisi" kavramsallaştırması, ekonomik değerin artık standartlaştırılmış ürünlerden çok, bireye özgü deneyimlerin tasarımında ortaya çıktığını vurgular. Karabulut'un (2021) çalışması, görsel tasarım alanında veri temelli kişiselleştirmenin tasarım çıktısının formundan çok, tasarım sürecinin yapısını dönüştürdüğünü; tasarımcının ise estetik kararları veriye duyarlı biçimde kurgulayan bir "sistem tasarımcısı" konumuna kaydığını göstermektedir. Hiper-kişiselleştirme, kullanıcıyı demografik segmentlerden birinin üyesi olarak almasının yanı sıra benzersiz bir veri profili olarak ele alan ve bu profil etrafında dinamik, değişken ve tekrar üretilebilir estetik deneyimler kurgulayan bir yaklaşım olarak tanımlanabilir (Oxman, 2010; Manovich, 2018).

Çevresel verilerle çalışan sakin teknoloji (calm technology) yaklaşımları, hiper-kişiselleştirme tartışmasını gündelik yaşamın algısal eşiğinde konumlanan sistemler üzerinden somutlaştırmaktadır. Mark Weiser'in öngördüğü üzere, en derin etkili teknolojiler gündelik hayatın dokusuna karışarak görünmez hale gelen, arka planda işleyen ve kullanıcının dikkatini sürekli talep etmeyen sistemlerdir; bu perspektif, sonrasında sakin teknoloji tartışmalarının kavramsal temelini oluşturmuştur (Weiser ve Brown, 1996). Bu bağlamda calm technology, teknolojik nesnelerin algısal çevreye yerleştiği, kullanıcının dikkatini sadece gerekli olduğunda talep eden bir tasarım yaklaşımı olarak tanımlanabilir. Endel gibi ses manzaraları (soundscapes) üreten uygulamalar, kullanıcının konum, hava durumu, hareket ve sirkadiyen ritim verilerini yapay zekâ aracılığıyla işleyerek bu yaklaşımı güncel bir estetik stratejiye dönüştürmektedir (Arctop, 2021; Endel, t.y.-a; Endel, t.y.-d). Arctop tarafından gerçekleştirilen nörobilim temelli çalışmada, kişiselleştirilmiş ses manzaralarının geleneksel çalma listelerine göre odaklanmayı belirgin biçimde artırdığı gösterilmiştir; bu sonuç, kişiselleştirilmiş veri temelli estetiğin bilişsel süreçlerle doğrudan ilişkisini ortaya koymaktadır (Arctop, 2021). Endel'in görsel arayüzü, bu kişiselleştirilmiş işitsel deneyimi tamamlayan üretken bir görsel katman olarak, grafik tasarım açısından özgün bir inceleme alanı sunmaktadır. Uygulamanın minimal, akışkan ve dinamik görsel dili; kullanıcı verilerini tünel benzeri geometrik formlar, topografik çizgiler, partikül sistemleri veya insan silüeti etrafında örülen "algoritmik atmosferler"e dönüştürmektedir. Bu atmosferler, veri ile estetik arasında yeni bir köprü kurmakta; kullanıcıyı sabit bir izleyici konumundan çıkararak verileriyle tasarımı sürekli dönüştüren katılımcı bir özne haline getirmektedir (Endel, t.y.-b; Endel, t.y.-c). Grafik tasarım literatüründe üretken görsel sistemler ve veri görselleştirme üzerine artan bir tartışma bulunsa da çevresel verilerle beslenen hiper-kişiselleştirilmiş görsel arayüzlerin estetik analizi hâlâ sınırlı bir alana sahiptir (Coşkun, 2024; Büyükkaragöz, 2025). Bu çerçevede çalışmanın temel problemi, çevresel ve biyometrik verilerle beslenen üretken yapay zekâ arayüzlerinin grafik tasarım disiplininde nasıl bir veri estetiği sistemi kurduğunu ve bu sistemin kullanıcı deneyimini hangi hiper-kişisel görsel stratejiler üzerinden biçimlendirdiğini ortaya koymaktır. Bu çalışma, üretken görsel sistemlerde hiper-kişiselleştirme olgusunu Endel uygulaması üzerinden inceleyerek üç temel soruyu tartışmayı amaçlamaktadır:

(1) Çevresel ve biyometrik veriler, üretken görsel sistemlerde nasıl bir estetik biçim diline dönüştürülmektedir?

(2) Hiper-kişiselleştirme, grafik tasarım açısından hangi yeni ifade olanaklarını ve sorumlulukları gündeme getirmektedir?

(3) Endel'in "algoritmik atmosfer" olarak tanımlanabilecek görsel dili, sakin teknoloji yaklaşımı ve veri estetiği kavramlarıyla nasıl ilişkilendirilebilir?
Bu amaç doğrultusunda çalışmanın birinci bölümünde YZ ve üretken YZ'nin kavramsal çerçevesi, ikinci bölümde veri estetiği ve YZ'nin estetik üretimdeki rolü, üçüncü bölümde hiper-kişisel tasarım yaklaşımı ele alınmış; dördüncü bölümde ise Endel uygulaması örnek olay incelemesi yöntemiyle grafik tasarım açısından çözümlenmiştir.

1. Yapay Zekâ ve Üretken Görsel Biçimler

YZ tartışmalarının çıkış noktası, Alan Turing'in 1950 tarihli "Computing Machinery and Intelligence" makalesinde sorduğu "Makineler düşünebilir mi?" sorusudur (Turing, 1950). Bu soru, başta bilgisayar bilimi olmak üzere birçok alanda "insana benzer düşünme"yi taklit edebilen sistemlerin mümkün olup olmadığını araştıran uzun bir sürecin başlangıcını oluşturur. Daha sonraki yıllarda öğrenmeye dayalı yöntemlerin gelişmesiyle, bilgisayarların kural izleyen makineler ve veriden örüntü öğrenebilen sistemler olarak tasarlanabileceği kabul görmeye başlamıştır (Alpaydın, 2013; Aydın ve Değirmenci, 2018). Grafik tasarım açısından bakıldığında bu dönüşüm, bilgisayarların salt yardımcı araç olmaktan çıkıp görsel kararların alındığı sürece dâhil olan "ortak üretici" yapılara dönüşmesi anlamına gelir.
Üretken görsel sistemler bu dönüşümün teknik temelini biçimlendirir. Generative Adversarial Network (GAN) mimarisi, biri yeni görüntüler üreten, diğeri bu görüntüleri gerçek verilerle karşılaştırarak değerlendiren iki sinir ağının karşılıklı etkileşimiyle çalışır (Goodfellow ve diğ., 2014). Bu yapı sayesinde model, verilen görselleri tanıyan bir sistem olmaktan çıkar; veri kümesinin istatistiksel yapısını öğrenerek ona benzeyen yeni görseller üretebilir. Difüzyon temelli modellerde ise görüntüler aşamalı olarak gürültü eklenerek bozulur, ardından bu süreç tersine çevrilerek yüksek çözünürlüklü ve ayrıntılı görseller yeniden inşa edilir (Ho ve diğ., 2020). Rombach ve arkadaşlarının (2022) geliştirdiği latent difüzyon yaklaşımı, bu süreci daha düşük boyutlu bir gizil uzayda gerçekleştirerek Stable Diffusion gibi metinden görsele sistemlere zemin hazırlamıştır. Günümüzde bu tür modeller, grafik tasarımcının eskiz, varyasyon ve görsel araştırma süreçlerinin doğal parçası haline gelmiştir.
Sanat ve tasarım literatürü bu gelişmeleri "algoritmik estetik" kavramı altında tartışır. Generatif sanat literatürü, bu tür sistemleri, tasarımcının tanımladığı kural setleri ve veri kaynakları çerçevesinde, çıktıları öngörülebilir olduğu kadar sürpriz üretebilen otonom yaratıcı yapılar olarak konumlandırmakta; üretim sürecinin tekil sanatçı öznesi ile algoritmik süreçler arasında dağıldığını vurgulamaktadır (Dorin ve diğ., 2012). McCormack ve arkadaşları (2019), otonom yaratıcı sistemler üzerine yaptıkları çalışmalarda, yapay zekânın insan yaratıcılığını taklit eden bir araç olmak yerine belirli koşullarda kendi üretim geçmişine referans verebilen, yinelemeli deneyimlerle estetik tercihlerini güncelleyebilen yaratıcı aktörler olarak da tasarlanabileceğini ileri sürmekte; bu yaklaşım, tasarımcının rolünü denetleyen, seçen ve yönlendiren bir küratöryel pozisyona taşıyan hibrit üretim modellerini gündeme getirmektedir. Coşkun (2024), üretken yapay zekâ araçlarının tasarımcı için yeni fikirler üretme, alternatif kompozisyonlar deneme ve görsel repertuarı genişletme süreçlerinde bir tür "yaratıcı ortak" gibi çalıştığını belirtir. Bu durum aynı zamanda özgünlük, temsil ve etik sorumluluk gibi tartışmaları da güçlendirir. Manovich (2018) ise *AI Aesthetics* adlı çalışmasında yapay zekânın kültürel üretim alanında arka planda çalışan bir altyapı olmanın ötesine geçerek, medya biçimlerini ve görsel kararları etkileyen etkin bir estetik aktör haline geldiğini vurgular. Böyle bir çerçevede, üretken yapay zekâ ile üretilen görseller, tek bir tasarımcının imzasına indirgenemeyen; veri kümesi, model mimarisi ve arayüz kararları arasında dağılan karma bir "görsel özne"ye işaret eder.

Endel uygulaması, bu algoritmik estetik tartışmasını grafik tasarım bağlamında gözlemlemek için açıklayıcı bir örnek sunar. Endel; kullanıcının konum, günün saati, hareket ve çevresel koşullar gibi girdilerini alarak gerçek zamanlı, kişiselleştirilmiş ses manzaraları üreten, yapay zekâ altyapısına sahip bir meditasyon uygulamasıdır (Endel, n.d.-a; Endel, n.d.-b). Haruvi ve arkadaşlarının EEG temelli çalışmasında, bu tür kişiselleştirilmiş ses manzaralarının geleneksel çalma listeleri ve sessiz ortama kıyasla odaklanma düzeyini anlamlı biçimde artırdığı gösterilmiştir (Haruvi et al., 2021). Bu bulgu, veri temelli kişiselleştirmenin salt işitsel deneyimi değil, kullanıcının bilişsel durumunu da etkilediğine işaret eder. Grafik tasarım açısından belirleyici olan nokta, Endel'in bu işitsel yapı ile uyumlu çalışan bir görsel arayüz tasarlamasıdır. Uygulama, ses manzarasının ritmi ve yoğunluğuyla eş zamanlı olarak değişen, akışkan renk alanları, soyut biçimler ve yumuşak hareketler içeren bir görsel katman üretir. Ekranda görülen bu soyut kompozisyon, klasik anlamda sabit bir arayüzden çok, çevresel verilerle beslenen üretken bir hareketli poster gibi işlev görür. Kullanıcı verisi arka planda işlenirken, ön planda bu verilerin sonucu olan dinamik bir görsel atmosfer ortaya çıkar. Bu atmosfer; renk karşıtlıkları, ritim, hiyerarşi ve denge gibi grafik tasarım ilkelerini veri akışıyla ilişkilendiren algoritmik bir kompozisyon alanı oluşturur. Bu kuramsal çerçeve, Endel'in görsel arayüzünü sıradan bir uygulama tasarımı olmaktan öte, çevresel verilerle çalışan üretken bir grafik sistem olarak konumlandırmayı amaçlar. Üretken modellerin tasarımcıyla paylaştığı karar alanları; Endel örneğinde ses–görüntü senkronizasyonu, katmanlı hareket düzeni ve kullanıcı verisine göre sürekli yeniden biçimlenen soyut formlar üzerinden görünür hale gelir. Böylece yapay zekâ, bu çalışma kapsamında hem işitsel hem görsel düzeyde hiper-kişiselleştirilmiş bir estetik deneyim kuran tasarımsal bir ortak olarak değerlendirilmektedir.

2. Veri Estetiği ve Yapay Zekâ

Estetik kuram, modern görsel kültürde "güzel"in soyut bir ideali kadar, görsel algının nasıl örgütlendiğini de tartışan bir alana dönüşmüştür. Ertan ve Sansarcı'nın (2016) vurguladığı gibi estetik deneyim, izleyicinin algısal süreçleriyle görsel düzen arasındaki ilişki üzerinden kurulur; imge, biçim, renk ve kompozisyon kararları bu algısal örgütlenmenin temel bileşenleridir. Grafik tasarım açısından bu durum, her görsel öğenin tek başına ilettiği bilgiyle değil, algıda yarattığı ritim ve yoğunlukla da estetik bir okuma biçimi kurduğu anlamına gelir.
Yapay zekâ temelli üretimlerin sanat alanına girişinde AARON sistemi tarihsel bir eşik olarak kabul edilir. Harold Cohen'in 1970'lerden itibaren geliştirdiği AARON, çizgi, renk alanı ve figür kompozisyonu için kuralları koda dönüştüren ve bu kuralları kullanarak otonom çizimler üreten bir programdır. Cohen, sistemi sürekli gözden geçirip kendi estetik yargıları doğrultusunda güncelleyerek, sanatçının kararlarını algoritmik bir diziye dönüştürmüştür (Computer History Museum, 2016). Bu örnek, algoritmik süreçlerin sanatsal kararlara vekâlet edebileceğini ve estetik sezginin en azından kısmen formel kurallara çevrilebileceğini gösterir. Grafik tasarım perspektifinden bakıldığında AARON, kompozisyon, figür-zemin ilişkisi ve renk senaryosu gibi kararların algoritmalarla üretilmesinin erken bir prototipidir.
Veri estetiği kavramı, bu tarihsel hattın dijital kültürde aldığı yeni biçimi tanımlamak için kullanılır. Manovich, veri görselleştirmeyi modern resmin soyutlama geleneğiyle ilişkilendirerek, büyük veri kümelerinin görsel formlara dönüştürülmesini yeni bir "soyutlama ve anti-yüce" dili olarak yorumlar (Manovich, 2002). Daha sonra AI Aesthetics'te, veri, algoritma ve kültürel imge arasında kurulan bu ilişkinin, medya tasarımının temel estetik malzemesine dönüştüğünü belirtir (Manovich, 2018). Bu çerçevede veri estetiği, verinin nötr bir bilgi taşıyıcısından, ritim, yoğunluk, doku ve hareket gibi görsel kararları belirleyen bir ham maddeye evrilmesini anlatır. Bilgi görselleştirme literatürü, bu dönüşümü grafik tasarım bağlamına doğrudan taşır.

Lau ve Vande Moere'nin "information aesthetics" modeli, bir görselleştirmenin algısal çekicilik, işlevsel açıklık ve anlamlılık boyutlarının birlikte değerlendirilmesi gerektiğini savunur; estetik düzeni hem dikkat çekme hem de anlamlandırma sürecinin parçası olarak konumlandırır (Lau ve Vande Moere, 2007). Vande Moere (2011) tasarımın rolünü, veri yapısının olduğu kadar tipografi, renk paleti, hiyerarşi ve kompozisyon kararlarının da belirleyicisi olarak tarif eder; grafik tasarımcının bilgi mimarisi ile estetik kompozisyonu birlikte kurduğunu vurgular. Quispel ve arkadaşlarının (2018) deneysel çalışmaları ise, estetik açıdan çekici görülen grafiklerin, belirli koşullarda bilgi anlaşılırlığını da artırabildiğini göstererek form–işlev karşıtlığını basit bir ikilem olmaktan çıkarır. Bu bulgular, veri estetiğini grafik tasarımda süsleme değil, okuma biçimini düzenleyen temel bir strateji olarak konumlandırır.

Türkiye'de Karabulut, görsel tasarımın yaratıcılık boyutunu yapay zekâ uygulamalarıyla birlikte ele alarak, büyük veri ve makine öğrenmesine dayalı tasarım süreçlerinin tasarımcının rolünü, özgünlük algısını ve disiplinin geleceğine ilişkin öngörüleri nasıl dönüştürdüğünü tartışmaktadır (Karabulut, 2021). Yapay zekâ destekli veri estetiği tartışmaları, Refik Anadol gibi sanatçıların pratiğinde somutlaşır. Büyükkaragöz, Anadol'un projelerinde mimari arşivler, müze koleksiyonları veya astronomik gözlem verileri gibi büyük veri kümelerinin, makine öğrenmesiyle işlenerek mekâna yayılan hareketli ışık ve renk alanlarına dönüştüğünü; verinin bu süreçte hem malzeme hem de anlatı taşıyıcısı hâline geldiğini ortaya koyar (Büyükkaragöz, 2025). Bu tür çalışmalar, veri akışlarını topografik yüzeyler, tünel formunda uzayan hacimler veya partikül sistemleri olarak temsil eden projeksiyon haritalarıyla, algoritmik kararların doğrudan mekânsal ve grafik sonuçlarını görünür kılar. Grafik tasarım açısından bakıldığında burada, tipik bir "görsel kimlik"ten çok, verinin ritmine göre sürekli yeniden yazılan dinamik bir görsel alan söz konusudur.

Veri estetiğinin grafik tasarımla kesiştiği bir diğer önemli alan, arayüz ve ortam tasarımıdır. Bilgi görselleştirme temelli panolar, etkileşimli enstalasyonlar ve çevresel veriyle çalışan uygulama arayüzleri, kullanıcıyı bilgi alan bir izleyici olmasının yanı sıra verileriyle görsel kompozisyonu dönüştüren bir ortak olarak konumlandırır. Renk geçişleri, biçim yoğunluğu, animasyon hızı ve tipografik vurgu gibi klasik grafik tasarım kararları, burada sistemin topladığı verilerle birlikte değişir. Bu çerçevede veri estetiği, YZ temelli sistemlerde: verinin nasıl bir görsel dil sözlüğüne çevrildiğini, algoritmik kararların kompozisyon, ritim ve hiyerarşi üzerindeki etkisini, kullanıcının kendi veri iziyle bu görsel dili nasıl ortak yazdığını sorgulayan bir kavramsal alan hâline gelir. Bu sayede veri estetiği ve yapay zekâ, grafik tasarımın nesnesini basılı, sabit yüzeylerden akışkan, ortam-temelli arayüzlere doğru genişletir. Afiş, ekran, mekân ve ses arasında kurulan bu yeni ilişkide tasarımcı, tekil bir kompozisyon üreticisinden çok veriyi, algoritmayı ve kullanıcı deneyimini birlikte uyum içinde düzenleyen "sistem tasarımcısı" rolüne yaklaşır. Endel gibi çevresel verilerle çalışan uygulamalar, ilerleyen bölümde görüleceği üzere, bu dönüşümü gündelik kullanım ölçeğinde somutlaştıran hiper-kişiselleştirilmiş üretken görsel sistemler olarak okunabilir.

3. Yapay Zekâ ve Hiper-kişisel Tasarım

Yapay zekânın grafik tasarım ve görsel iletişim alanına tesiri, tasarım nesnesini tekil, sabit bir ürün olmaktan çıkarıp deneyim odaklı, süreç tabanlı yapılara kaydırmaktadır. Pine ve Gilmore'un (2010) "deneyim ekonomisi" tartışmalarında vurguladığı gibi, çağdaş ekonomide değer, standart ürünlerin değil, birey için anlamlı ve hatırlanabilir deneyimlerin tasarımında ortaya çıkar. Kullanıcı deneyimi literatüründe Hassenzahl (2010), deneyimi, kişinin dünya ile etkileşiminden doğan öznel ve bütüncül bir öykü olarak tanımlar; duygular, bağlam ve zamansallık bu öykünün ayrılmaz parçasıdır.

Bu çerçevede grafik tasarım, kullanıcının zamanı, dikkati ve duygulanımıyla birlikte şekillenen bir deneyim arayüzü olarak yeniden konumlanmaktadır. Kişiselleştirme, bu deneyimsel dönüşümün tasarımsal anahtarlarından biridir. Geleneksel kişiselleştirme yaklaşımları, kullanıcıları yaş, cinsiyet ya da coğrafya gibi sınırlı değişkenlere göre segmentlere ayırıp aynı şablonun varyasyonlarını üretirken; hiper-kişiselleştirme her kullanıcıyı benzersiz bir veri profili olarak ele alır. Zaman, konum, hareket, biyometrik göstergeler ve kullanım geçmişi gibi çok katmanlı veriler gerçek zamanlı işlenir; böylece görsel arayüz, tek seferlik bitmiş bir tasarım olmaktan ziyade, veri akışıyla sürekli yeniden yazılan bir grafik sistem hâline gelir. Bu noktada üretken yapay zekâ hem veriyi yorumlayan hesaplama katmanı hem de ortaya çıkan görsel biçimlerin yaratıcısı konumuna yerleşir.

Sanat ve tasarım literatüründe üretken yapay zekâ, tasarımcının karar alanını paylaşan yaratıcı ortak olarak tartışılmaktadır. Coşkun (2024), üretken YZ araçlarının sanat ve tasarım süreçlerinde yeni fikirler üretme, varyasyon deneme ve görsel repertuvarı genişletme işlevlerine dikkat çeker; tasarımcının rolünün tekil imge üreticisinden çok süreçleri kurgulayan bir tasarım yöneticisine kaydığını ifade eder. Oxman'ın (2010) hesaplamalı tasarım yaklaşımı da benzer biçimde, tasarımcının formu doğrudan çizen kişi olmaktan ziyade, formu üretecek kuralları, kısıtları ve ilişkileri tanımlayan bir "orkestra şefi" gibi işlediğini savunur. Hiper-kişisel tasarımda bu kurallar, kullanıcı verisiyle tetiklenen üretken algoritmalara gömülür; ortaya çıkan her görsel kompozisyon, tasarımcının önceden belirlediği estetik gramer ile anlık veri akışının ortak ürünüdür. Veri estetiği literatürü, bu süreci grafik tasarım açısından kavramsallaştırmak için güçlü bir zemin sunar. Lau ve Vande Moere'nin (2007) modelinde, bilgi görselleştirmede estetik düzen süsleyici bir katman yerine algısal yönlendirme ve anlamlandırmanın işlevsel bileşeni olarak değerlendirilir. Quispel ve çalışma arkadaşları (2018), estetik açıdan çekici grafiklerin belirli koşullarda açıklığı ve anımsanabilirliği artırabildiğini göstererek form-işlev karşıtlığını yeniden tartışmaya açar. Hiper-kişisel sistemlerde ise renk paleti, hareket hızı, yoğunluk ve kompozisyon hiyerarşisi gibi klasik grafik tasarım kararları, bu estetik-işlevsel boyutu korurken aynı zamanda kullanıcı verisiyle senkron hâle gelir. Böylece veri hem anlam taşıyan hem de deneyimin duygusal tonunu belirleyen bir estetik malzemeye dönüşür.

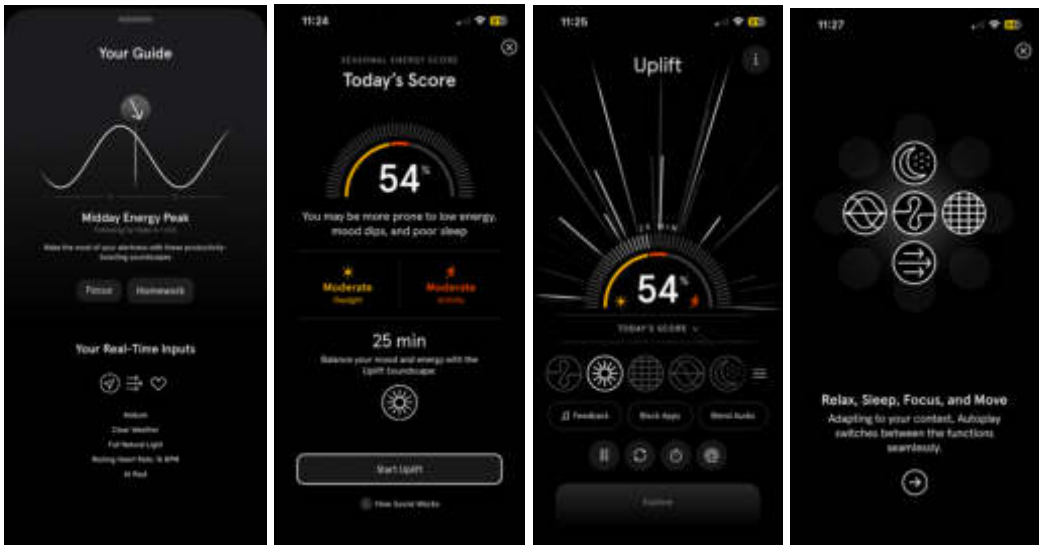
Endel uygulaması, bu kuramsal hattın grafik tasarım alanındaki güncel bir örneği olarak öne çıkmaktadır. Uygulama; günün saati, hava durumu, konum ve kalp atış hızı gibi girdileri yapay zekâ ile işleyerek, kullanıcıya göre değişen ses manzaraları üretir (Endel, t.y.; Haruvi et al., 2021). Bu işitsel katmana eşlik eden görsel arayüz, soyut biçimler, akışkan renk alanları ve yumuşak hareketlerle, veri akışını "algoritmik bir atmosfer" şeklinde temsil eder. Ekrandaki her kompozisyon, statik bir arayüz ekranından çok, çevresel verilerle beslenen üretken bir hareketli afiş gibi davranır. Böylece Endel, hiper-kişiselleştirilmiş deneyimin grafik tasarım açısından nasıl kurgulanabileceğini; bilgi estetiği, kullanıcı deneyimi ve üretken YZ kavramlarını tek bir arayüzde buluşturarak görünür kılar.

4. Endel Uygulamasi Örnek Olay Incelemesi: Üretken Görsel Sistemler Bağlaminda Bir Analiz

Bu bölüm, çalışmanın yöntemsel çerçevesini ve örnek olay incelemesini bir arada sunmaktadır. Araştırma, nitel bir örnek olay incelemesi olarak tasarlanmış; çevresel ve biyometrik verileri kullanarak hiper-kişiselleştirilmiş ses ve görüntü üreten Endel uygulaması tekil örnek olarak seçilmiştir. Endel'in tercih edilme nedeni, sakin teknoloji yaklaşımıyla uyumlu olması, veri temelli kişiselleştirmeyi odak alması ve bu süreci güçlü bir üretken görsel arayüz üzerinden görünür kılmasıdır.

Veri seti, araştırma ekibinin uygulamayı belirli bir süre boyunca sistematik biçimde kullanması sırasında alınan ekran görüntüleri, Endel'in kamuya açık teknoloji dokümantasyonu ve uygulamaya ilişkin bilimsel raporlardan oluşmaktadır (Arctop, 2021; Haruvi et al., 2013; Endel, n.d.-a, n.d.-c). Elde edilen görseller, grafik tasarım ilkeleri (kompozisyon, ritim, hiyerarşi, denge), veri türü (pasif çevresel/biyometrik veriler ve aktif kullanıcı niyeti) ve mod yapısı (odaklanma, rahatlama, hareket) üzerinden çözümlenmiştir. Bu çerçevede Endel arayüzü üç eksende incelenmektedir: (1) biyolojik ve çevresel verilerin görsel dile dönüşümü, (2) kullanıcı niyetine göre mod temelli görsel gramerin kurulması, (3) hareket verisiyle ilişkili kinetik ve topografik estetik.

Endel'in görsel arayüzü, insan biyolojisinin temel zaman düzenleyicisi olan sirkadiyen ritim ve bu ritmi etkileyen çevresel veriler etrafında kurgulanmıştır. Uygulamanın ana ekranında, kullanıcının gün içindeki varsayılan enerji dalgalanmalarını gösteren eğri, anlık veri girdileri ile tek bir kompozisyon içinde sunulur (Şekil 4.a). Eğri, günün saatine göre beklenen enerji seviyesini temsil ederken; alt bölümde yer alan "Real-Time Inputs" alanı konum, hava durumu, ışık miktarı ve kalp atış hızı gibi parametreleri listeler. Böylece kullanıcı, biyolojik ritmi ile çevresel koşullar arasındaki ilişkiyi sayısal tablolara girmeden, tek bakışta kavrayabildiği bir görsel senaryo içinde okur.

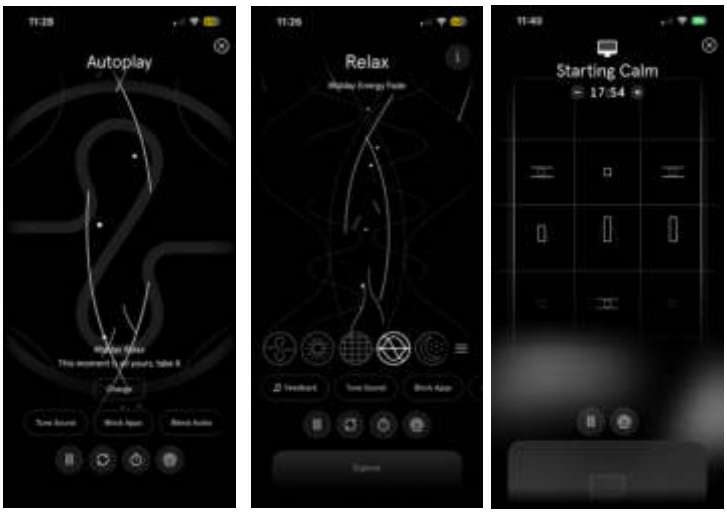


4.a. 4.b. 4. c. 4.d.

Şekil 4.a-d Endel ana arayüzünde veri kaynaklarının ve mevsimsel enerji skorunun görselleştirilmesi. (a) Sirkadiyen enerji eğrisi ve gerçek zamanlı veri girdileri ("Real-Time Inputs"). (b) Gün ışığına maruz kalma süresi ve adım sayısını gösteren ham veri ekranı. (c) Bu verilerden üretilen "Mevsimsel Enerji Skoru"nun dairesel gösterge paneli. (d) Skor, mod ve önerilen odak süresini bir araya getiren genel durum ekranı (Yazarın kişisel arşivi, 2025).

Şekil 4.a-d (b), bu senaryonun ham veri katmanını görünür kılar. Ekranda, kullanıcının son gün içindeki gün ışığına maruz kalma süresi ve attığı adım sayısı ayrı ayrı gösterilir. Bu ekran, sistemin hangi girdileri topladığını şeffaf biçimde ortaya koyarak, veri estetiğinin arka planında işleyen ölçüm mantığını açığa çıkarır. Grafik tasarım açısından bakıldığında, tipografi hiyerarşisi ve ikon kullanımı sayesinde farklı veri türleri arasında okunaklı bir ayrım oluşturulur; kullanıcı hangi bilginin daha kritik olduğunu görsel vurgu üzerinden seçebilir.

Şekil 4.a-d (c)'de bu ham veriler, "Mevsimsel Enerji Skoru" adı verilen tek bir yüzde değerine dönüştürülür. Merkezde yer alan dairesel gösterge ve çevresini saran renk halkası, kullanıcının son yedi gündeki ışık ve aktivite düzeyinin genel durumunu özetler. Lau ve Vande Moere'nin information aesthetics modelinde tarif ettiği gibi, burada estetik düzen bilgi açıklığını destekleyen algısal bir filtre işlevi görür: Kullanıcı metriklerin ayrıntısını bilmeden de kendi konumunu düşük, orta ya da yüksek enerji bölgesinde konumlandırabilir. Şekil 4.d, tüm bu verileri bir araya getiren genel durum ekranını göstermektedir. Bu ekranda skor, günün modu ve önerilen odak süresi tek bir kompakt panelde sunulur. Böylece Endel arayüzü, karmaşık biyometrik ve çevresel verileri, kullanıcıyı sayısal detaylarla yormayan, fakat davranışını yönlendirebilecek kadar sezgisel bir grafik dil içinde örgütler. Bu yapı, veri estetiğinin grafik tasarım bağlamında bilgi iletmekle kalmayıp, kullanıcının kendi biyolojik ritmiyle kurduğu ilişkiyi yeniden çerçeveleyen bir deneyim stratejisine dönüştüğünü göstermektedir. Bu veri odaklı arayüz katmanının ardından, Endel ekranı giderek daha soyut ve atmosferik bir biçime bürünür. Şekil 4. a-d (e) ve 4. a-d (f)'de görülen "Autoplay" ve "Relax" ekranlarında, sayısal göstergeler geri plana çekilerek tam ekran bir görsel alan açılır. İnce, kıvrımlı çizgiler ve noktalar, arka plandaki soluk formun üzerinde yukarı–aşağı ya da merkezden dışa doğru akarak, ses manzarasının ritmiyle senkron bir hareket üretir. Bu kompozisyon, daha önce sirkadiyen eğri ve mevsimsel skorla kurulan "enerji" anlatısını, bu kez çizgi yoğunluğu, yön ve hız üzerinden bedensel bir ritim metaforuna dönüştürür. Arayüzdeki kontrol ikonlarının minimal tutulması, kullanıcının dikkatini metin veya ikonlara değil, bu akışkan "algoritmik atmosfer"e yönlendirir.



4.e. 4.f. 4. g

Şekil 4.e–g. Endel arayüzünde atmosferik generatif kompozisyonlar. (e) "Autoplay" modunda ince çizgilerle oluşturulan dikey akış ve minimal kontrol alanı. (f) "Relax" modunda yoğunlaşan filamentler ve merkezî kompozisyon. (g) "Starting Calm" ekranlarında dikdörtgen bloklardan oluşan ızgara düzeni ve zamanlayıcıyla birlikte yapılandırılmış sakinlik alanı (Yazarın kişisel arşivi, 2025).

Şekil 4.e-g (e) ve 4. e-g (g) de yer alan "Starting Calm" ekranları ise bu atmosferi farklı bir görsel gramerle yeniden kurar. Burada, dikdörtgen bloklardan oluşan ızgara düzeni, odak süresini gösteren zamanlayıcıyla birlikte daha yapısal bir kompozisyon üretir. Blokların yerleşimi ve parlaklık düzeyi, sesin ritmine ve kullanıcının moduna göre değişerek, topografik bir alan yerine modüler bir "dijital oda" hissi yaratır.

Böylece Endel, aynı veri mantığını bazen organik çizgiler ve filamentler, bazen de geometrik ızgara ve blok yapıları üzerinden temsil eder; bu çeşitlilik, uygulamanın tek tip bir görsel kimlikten çok, bağlama göre değişen bir görsel sözlük kullandığını gösterir.
Veri panelleri (Şekil 4.a–d) ile tam ekran atmosferik kompozisyonlar (Şekil 4.e–g) birlikte okunduğunda, Endel arayüzünün iki düzeyde çalıştığı görülmektedir: Birinci düzeyde kullanıcıya ölçüm ve değerlendirme imkânı veren, okunabilir ve rasyonel bir bilgi tasarımı; ikinci düzeyde ise bu bilgiyi bedensel ve duygusal deneyimle ilişkilendiren, generatif bir görsel alan. Grafik tasarım açısından bu ayrım, bilgi görselleştirme ile hareketli afiş/ortam tasarımı arasında kurulan köprüyü görünür kılar ve veri estetiğinin salt gösterge düzeni değil, aynı zamanda atmosfer tasarımı olarak işlediğini ortaya koyar.

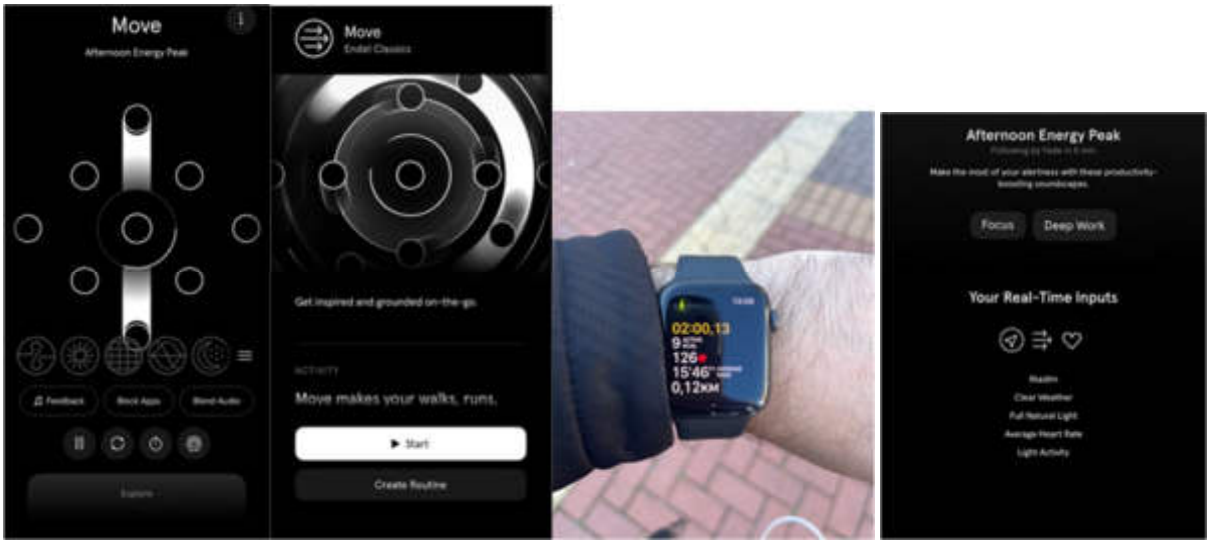


4.h. 4.ı. 4.i. 4.k.

Şekil 4.h–k. Modlara göre değişen generatif görsel gramer. (h–i) "AI Lullaby" modunda insan/zihin silüeti etrafında örülen çizgisel ağ, uyku ve rahatlama hâlini temsil eden içe dönük bir atmosfer üretir. (i–k) "Move" modunda konsantrik daireler ve hareketli halkalar, adım temposuna duyarlı kinetik bir alan oluşturarak ilerleme ve hareket hissini görselleştirir (Yazarın kişisel arşivi, 2025).

"AI Lullaby" moduna ait ekranlar (Şekil 4.h–k), Endel'in soyut veri estetiğini bu kez doğrudan insan silüetiyle ilişkilendiren bir yaklaşımı gösterir. Arka plandaki çizgisel ağ, önceki ekranlarda gördüğümüz akışkan hatların devamı niteliğindedir; ancak burada bu ağ, yüzü kaplayan koyu kütleyle birlikte "zihin alanı"na doğru bükülür. Kapalı gözler ve minimal yüz ifadesi, ses manzarasının hedeflediği uyku/rahatlama hâlini temsil ederken; başın üstünden çıkan çizgiler, bilişsel faaliyetin yavaşlayarak ritmik bir dalgalanmaya dönüştüğü hissini üretir. Böylece daha önce sayısal panel ve enerji skoru üzerinden kurulan biyolojik ritim anlatısı, bu kez beden/zihin metaforu üzerinden kişiselleştirilmiş bir görsel dile taşınır. Kullanıcı kendini soyut bir veri noktasından çok, bu silüetin yerine geçen özne olarak konumlar.
"Move" moduna ait ekranlar (Şekil 4.h–k), hareket verisinin görselleştirilmesinde farklı bir metafor repertuvarı kullanır. Konsantrik daireler ve bu daireler üzerinde dolaşan halkalar hem yörünge hareketlerini hem de yürüyüş sırasında tekrar eden adım döngülerini çağrıştırır. Merkezden çevreye açılan bu yapı, kullanıcının hareket menzilini ve ritmini soyut bir "enerji alanı" gibi sunar. İlerleme çemberi şeklindeki kalın halka hem zamanı hem de fiziksel çabayı temsil eden bir ilerleme göstergesi olarak işlev görür.

Kontrastın yüksek tutulması, özellikle mobil kullanımda hızlı algılanabilir olmasını sağlarken, çizgilerin yumuşak eğrileri ekranı teknik bir panelden çok, kinetik bir afiş yüzeyine yaklaştırır. Bu iki mod birlikte okunduğunda, Endel arayüzünün içe dönük ve dışa dönük iki estetik strateji geliştirdiği görülebilir: AI Lullaby, kullanıcıyı zihinsel bir koza içinde konumlandıran, merkezcil bir görsel dil kurarken; Move modu adım verisini merkezden çevreye doğru açılan dairesel hareketlerle temsil ederek dışa dönük, mekânsal bir deneyim üretir. Grafik tasarım açısından bu karşıtlık, veri estetiğinin tek bir biçim rejimine indirgenmediğini; farklı bilişsel ve bedensel durumlar için ayrı ayrı görsel gramerler tanımlanarak hiper-kişisel bir görsel kültür üretildiğini ortaya koymaktadır.



4.l. 4.m. 4.n 4.o

Şekil 4.l–o. Move modunda generatif arayüz ve giyilebilir cihaz ekosistemi. (l) Dikey şerit ve dairesel odak noktalarıyla "yolda olma" metaforunu kuran Move arayüzü. (m) Aynı görsel dilin uygulama içi tanıtım ekranında afiş benzeri bir yerleşimle kullanılması. (n) Apple Watch üzerinde yürüyüş süresi, kalp atış hızı, tempo ve mesafe verilerinin kaydı. (o) Aynı zaman dilimine ait "Afternoon Energy Peak" ekranında gerçek zamanlı girdilerin liste biçiminde sunulması; beden–sensör–arayüz arasındaki veri döngüsünün görsel olarak tamamlanması (Yazarın kişisel arşivi, 2025).

Move moduna ilişkin son grup görseller (Şekil 4.l–o), Endel'in generatif arayüzünü hem farklı ekran katmanları hem de giyilebilir cihaz ekosistemi içinde nasıl konumlandırdığını gösterir. Şekil 4.l-o (o)'da dikey bir şerit ve etrafına yerleştirilmiş dairesel odak noktaları, kullanıcının ileri–geri hareketini ve çevresel ritmini temsil eden bir eksen oluşturur. Bu düzenlemede merkezî daire, kullanıcının bedenini; şerit boyunca açılan parlak alan ise yürüyüş yönünü imleyen bir yol metaforunu çağrıştırır. Çevredeki küçük daireler hem ritmik tekrar hissi hem de ilerleme sırasında karşılaşılan mikro odak noktaları gibi okunabilir. Böylece arayüz, soyut çizgi kompozisyonu ile "yolda olma" deneyimini ekran üzerinde yeniden kurar.
Şekil 4.l-o (m)'de aynı modun tanıtım ekranı görülmektedir. Burada dairesel hareketin daha hacimli ve ışık efektleriyle desteklenmiş bir versiyonu, metin ve butonlarla birlikte afiş estetiğine yaklaşan bir yerleşimle sunulur.

Bu ekran, uygulama içi reklam alanı ile işlevsel arayüz arasındaki görsel sürekliliği ortaya koyar: tipografi, ikon seti ve renk paleti değişmeden kalırken, kompozisyon kullancıya "rutin oluşturma" çağrısı yapan bir kampanya görseli gibi davranır. Grafik tasarım açısından bakıldığında, generatif görsel dil arayüz içinde ve uygulamanın iletişim katmanında da tutarlı bir kimlik üretmektedir.

Şekil 4.l-o (n) ve 4.l-o (o) ise Endel'in veri estetiğini giyilebilir teknolojiyle kurduğu ilişkide somutlaştırır. Apple Watch ekranında yürüyüş süresi, kalp atış hızı, tempo ve mesafe gibi veriler okunmakta; telefon ekranında ise aynı zaman dilimine ait "Afternoon Energy Peak" durumu ve gerçek zamanlı girdiler (konum, hava durumu, ışık miktarı, ortalama kalp atış hızı, aktivite düzeyi) listelenmektedir. Bu iki ekran, fiziksel bedenden sensörlere, oradan da generatif görsel arayüze uzanan kapalı döngüyü görselleştirir. Kullanıcının bedenine takılı cihaz, veriyi toplar; mobil uygulama bu veriyi hem metinsel liste hem de hareketli grafik atmosfer şeklinde sunar. Böylece Endel, beden, veri ve arayüz arasında dairesel bir tasarım ilişkisi kurarak grafik tasarımı, genişletilmiş bir "biyodijital gösterge sistemi"ne dönüştürmektedir.

Genel olarak bakıldığında, Endel arayüzüne ilişkin bu çözümleme, üretken görsel sistemin üç düzeyde işlediğini ortaya koymaktadır. Birinci düzeyde, sirkadiyen eğri, mevsimsel enerji skoru ve gerçek zamanlı girdi panelleri gibi göstergeler, biyolojik ve çevresel veriyi okunabilir grafik yapılara dönüştürerek veri estetiğinin temel omurgasını kurmaktadır. İkinci düzeyde, odaklanma, rahatlama, uyku ve hareket modları arasında değişen geometrik ve organik biçim sözlükleri; tünel metaforu, koza ve şelale benzetmeleri ya da topografik akış gibi görsel düzenlemelerle kullanıcının bilişsel ve duygusal durumuna göre farklı estetik rejimler üretmektedir. Üçüncü düzeyde ise bu rejimler, giyilebilir cihazlarla kurulan ekosistem içinde, kullanıcının adım ritmi ve ışığa maruziyeti gibi süreklilik gösteren verilerle birleşerek, zaman içinde güncellenen hiper-kişisel bir "algoritmik portre"ye dönüşmektedir. Böylece Endel, grafik tasarım açısından bakıldığında, tekil bir arayüz tasarımından çok, veri akışını kompozisyon, ritim, hiyerarşi ve denge ilkeleriyle örerek kullanıcı etrafında dinamik bir görsel atmosfer kuran üretken bir sistem olarak konumlanmaktadır. Aşağıdaki sonuç bölümünde bu bulgular, veri estetiği, sakin teknoloji ve hiper-kişisel tasarım kavramlarıyla birlikte yeniden değerlendirilmektedir.

SONUÇ

Bu çalışma, Endel uygulaması örneği üzerinden, yapay zekâ destekli üretken görsel sistemlerde hiper-kişiselleştirme süreçlerini ve veri estetiğinin grafik tasarım bağlamındaki konumunu incelemek üzere tasarlanmıştır. Nitel bir örnek olay incelemesi çerçevesinde, uygulamanın farklı modlarına ait ekran görüntüleri, Endel'in teknoloji dokümantasyonu ve uygulamaya ilişkin bilimsel raporlarla birlikte değerlendirilmiş; analiz, grafik tasarım ilkeleri, veri türleri ve mod yapısı ekseninde yürütülmüştür. Giriş bölümünde yöneltilen üç temel soru (1) çevresel ve biyometrik verilerin üretken görsel sistemlerde nasıl bir estetik biçim diline dönüştürüldüğü, (2) hiper-kişiselleştirmenin grafik tasarım açısından hangi ifade olanaklarını ve sorumlulukları gündeme getirdiği, (3) Endel'in "algoritmik atmosfer"inin sakin teknoloji ve veri estetiği kavramlarıyla nasıl ilişkilendirilebileceği– bulgular doğrultusunda yeniden ele alınmıştır.

Birinci araştırma sorusu bağlamında, Endel arayüzünün çözümlemesi çevresel ve biyometrik verilerin çok katmanlı bir görsel dil aracılığıyla temsil edildiğini ortaya koymuştur. Sirkadiyen enerji eğrisi, mevsimsel enerji skoru ve gerçek zamanlı girdi panelleri, ham veriyi okunabilir bir gösterge düzenine dönüştüren bilgi tasarımı katmanını oluşturmaktadır.

Odak, rahatlama, uyku ve hareket modlarında kullanılan tünel çizgileri, konsantrik daireler, partikül akışları, topografik hatlar ve insan/zihin silüetleri ise veriyi metaforik düzeyde yeniden çerçeveleyen generatif bir estetik katman üretmektedir. Böylece veri, salt sayısal bir bilgi olmaktan çıkarak, kullanıcının beden ritmi, dikkat düzeyi ve hareket hâliyle ilişkili dinamik bir görsel atmosfere dönüştürülmektedir.

İkinci araştırma sorusu, hiper-kişiselleştirmenin grafik tasarım açısından ifade olanakları ve sorumluluklarını gündeme getirmektedir. Endel örneği, tasarım sürecinin bitmiş bir arayüz üretmekten ziyade, veri akışını belirleyen parametreler, mod geçişleri ve generatif görsel sözlükler tasarlamaya doğru kaydığını göstermektedir. Kullanıcı, konum, adım ritmi, ışığa maruziyet ve kalp atış hızı gibi veriler aracılığıyla, arayüzün sürekli yeniden kompozisyon kurduğu bir eş-yaratıcı konuma yerleşmektedir. Bu durum, tasarımcının rolünü, tekil bir görsel ürünün "yaratıcısı" olmaktan çıkarıp, veri, algoritma ve kullanıcı etkileşimini orkestre eden sistem tasarımcısı konumuna taşımaktadır. Aynı zamanda bu yapı, veri toplama, şeffaflık, mahremiyet ve algoritmik yönlendirme gibi alanlarda grafik tasarımın etik sorumluluğunu artırmaktadır; çünkü kullanıcı, estetik olarak huzur verici bir atmosfer içinde, aynı anda yoğun bir veri işleme sürecine maruz kalmaktadır.

Üçüncü araştırma sorusu, Endel'in görsel dilini sakin teknoloji yaklaşımı ve veri estetiği kavramlarıyla ilişkilendirmektedir. Uygulamanın arayüzü, kullanıcı dikkatini agresif bir biçimde talep eden uyarıcı bir ekran tasarımı yerine, gündelik yaşamın algısal eşiğinde işleyen bir arka plan atmosferi kurmaktadır. Odak ve rahatlama modlarında kullanılan yumuşak geçişler, düşük kontrastlı alanlar ve ritmik hareketler, calm technology literatüründe vurgulanan "çevreye karışan" teknolojik yapı ile uyumludur. Endel, bu yaklaşımı veri estetiğiyle birleştirerek, biyometrik ve çevresel verileri hem bilgilendirici göstergeler hem de duygusal durumu düzenlemeyi amaçlayan generatif kompozisyonlar hâlinde örgütlemektedir. Bu açıdan bakıldığında, veri estetiği bilgi görselleştirme düzeyinde, beden, çevre ve arayüz arasında işleyen düzenleyici bir estetik strateji olarak konumlanmaktadır.

Bulgular, grafik tasarım disiplini açısından üç ana sonuca işaret etmektedir. İlk olarak, veri temelli üretken sistemler, tekil ve sabit görsel kimlik anlayışından uzaklaşarak, bağlam, zaman ve kullanıcıya göre çeşitlenen esnek kimlik yapılarını öne çıkarmaktadır. İkinci olarak, tasarım pratiği, kompozisyon ve biçim kararlarının yanında algoritmik düşünme, veri okuryazarlığı ve deneyim tasarımını içeren genişletilmiş bir yetkinlik seti gerektirmektedir. Üçüncü olarak, hiper-kişisel arayüzler, kullanıcı verisinin yoğun işlendiği sistemler oldukları için, görsel dil seçimlerinin mahremiyet algısı, izlenme hissi ve dikkat ekonomisi üzerinde doğrudan etkili olduğu yeni bir etik tartışma zeminini görünür kılmaktadır.

Bununla birlikte, çalışmanın sınırlılıkları da dikkate alınmalıdır. Araştırma, tek bir uygulamanın belirli sürümleri ve belirli bir kullanıcı deneyimi üzerinden yürütülmüş; farklı üretken ses/görsel uygulamaları, platform varyasyonları ve kültürel bağlamlar kapsam dışında kalmıştır. Analiz, görsel ve arayüz çözümlemesine dayanmaktadır; kullanıcı deneyimlerinin uzunlamasına gözlemler, nitel görüşmeler ve deneysel çalışmalarla desteklenmesi, hiper-kişiselleştirilmiş estetik yapıların davranışsal ve duygusal etkilerini daha derinlemesine ortaya koyabilir.

Gelecek araştırmalar açısından, farklı kültürel bağlamlarda hiper-kişisel arayüzlerin nasıl algılandığını, uzun vadede dikkat, odaklanma ve iyi oluş hâli üzerinde ne tür etkiler ürettiğini inceleyen disiplinler arası çalışmalara ihtiyaç vardır. Eğitim, terapi, meditasyon ve yaratıcı endüstriler gibi alanlarda benzer üretken sistemlerin görsel dilinin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi, veri estetiğinin uygulama alanlarını geniş bir perspektiften değerlendirmeyi mümkün kılacaktır.

Ayrıca, tasarımcıların üretken yapay zekâ araçlarıyla kurdukları ortak üretim pratiklerini belgeleyen etnografik ve tasarım odaklı araştırmalar, algoritmik estetiğin mesleki kimlik ve tasarım pedagojisi üzerindeki etkilerini açığa çıkarmaya katkı sağlayacaktır. Bu çalışma, Endel örneği üzerinden ürettiği bulgularla, veri estetiği ve hiper-kişiselleştirme ekseninde grafik tasarım kuramı ve pratiği için yeni bir tartışma zemini önermekte ve üretken yapay zekâ sistemlerinin estetik potansiyelinin daha kapsamlı biçimde araştırılmasının önemine işaret etmektedir.

KAYNAKÇA

Alpaydın, E. (2013). *Yapay öğrenme* (2. bs.). Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.

Arctop. (2021). *Endel: Personalized soundscapes backed by EEG research*. Arctop.

Aydın, İ. H., Değirmenci, C. H. (2018). *Yapay zekâ: Beynin çılgın projesi*. Girdap Kitap.

Büyükkaragöz, T. (2025). Sanatta yapay zekâ ve bir öncü: Refik Anadol'un veri estetiği. *Social Sciences Studies Journal, 11*(8), 1379–1394. https://doi.org/10.5281/zenodo.16936107

Computer History Museum. (2016). *Harold Cohen and AARON—A 40-year collaboration*. Computer History Museum. https://computerhistory.org/blog/harold-cohen-and-aaron-a-40-year-collaboration/

Cohen, H. (1995). The further exploits of AARON, painter. *Stanford Humanities Review, 4*(2).

Coşkun, C. (2024). Sanat ve tasarım alanında üretken yapay zekâ sistemleri. *Art-e Sanat Dergisi, 17*(33), 470–486. https://doi.org/10.21602/sduarte.1480840

Dorin, A., McCabe, J., McCormack, J., Monro, G., & Whitelaw, M. (2012). A framework for understanding generative art. *Digital Creativity, 23*(3–4), 239–259.

Endel. (n.d.-a). *Focus, relax, sleep: The science of sound and music*. Erişim tarihi 5 Aralık 2025, https://endel.io/science

Endel. (n.d.-b). *Endel: Focus, sleep, relax* [Mobil uygulama]. Apple App Store. Erişim tarihi 5 Aralık 2025, https://apps.apple.com/app/endel-focus-sleep-relax/id1346247457

Endel. (n.d.-c). *Endel: Focus, relax, sleep* [Mobil uygulama]. Google Play Store. Erişim tarihi 5 Aralık 2025, https://play.google.com/store/apps/details?id=com.endel.endel

Endel. (n.d.-d). *How science backed Endel*. Erişim tarihi 5 Aralık 2025, https://endel.zendesk.com/hc/en-us/articles/360003761977

Ertan, G., Sansarcı, E. (2016). *Görsel sanatlarda anlam ve algı*. Alternatif Yayıncılık.

Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., Bengio, Y. (2014). Generative adversarial networks. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/1406.2661

Haruvi, I., Kopito, E., Brandes, M., Eilat-Tsanani, N., Kay, A., Meir-Hasson, Y. (2022). Personalized soundscapes: Enhanced concentration through real-time EEG-based sound modulation. *Frontiers in Computational Neuroscience, 16*, 901953. https://doi.org/10.3389/fncom.2022.901953

Hassenzahl, M. (2010). *Experience design: Technology for all the right reasons*. Morgan & Claypool.

Ho, J., Jain, A., Abbeel, P. (2020). Denoising diffusion probabilistic models. *Advances in Neural Information Processing Systems, 33,* 6840–6851.

Karabulut, B. (2021). Yapay zekâ bağlamında yaratıcılık ve görsel tasarımın geleceği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 20*(79), 1516–1539. https://doi.org/10.17755/esosder.844536

Lau, A., Vande Moere, A. (2007). Towards a model of information aesthetics in information visualization. In *11th International Conference Information Visualization (IV '07)* (pp. 87–92). IEEE. https://doi.org/10.1109/IV.2007.60

McCormack, J., Gifford, T., & Hutchings, P. (2019). Autonomy, authenticity, authorship and intention in computer generated art. In A. Ekárt, A. Liapis, & M. L. Castro Pena (Eds.), *Computational intelligence in music, sound, art and design*(EvoMUSART 2019, LNCS 11453, pp. 35-50). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16667-0_3

Manovich, L. (2002). Data visualization as new abstraction and anti-sublime. In T. Druckrey (Ed.), *CTRL [SPACE]: Rhetorics of surveillance from Bentham to Big Brother* (pp. 438–450). ZKM / MIT Press.

Manovich, L. (2018). *AI aesthetics*. Strelka Press.

Manovich, L., Arielli, E. (2021). *Artificial aesthetics: A critical guide to AI, media and design*. Erişim tarihi 5 Aralık 2025, https://manovich.net/index.php/projects/artificial-aesthetics

Oxman, N. (2010). *Material-based design computation* (Doktora tezi, Massachusetts Institute of Technology). MIT Libraries. https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/59192

Pine, B. J., II, Gilmore, J. H. (2011). *The experience economy* (Updated ed.). Harvard Business Review Press.

Quispel, R., Maes, A. (2018). Would you prefer pie or bar charts? Preferences for data visualization types in newspapers. *Applied Cognitive Psychology, 28*(2), 210–221. https://doi.org/10.3390/arts7040072

Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., Ommer, B. (2022). High-resolution image synthesis with latent diffusion models. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,* 10684–10695. https://doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.01042

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind, 59*(236), 433–460.

Vande Moere, A. (2011). Information visualization. In M. Soegaard & R. F. Dam (Eds.), *Encyclopedia of human-computer interaction*. Interaction Design Foundation.

Weiser, M., Brown, J. S. (1996). *The coming age of calm technology*. Xerox PARC.

GÖRSEL KAYNAKLAR

Şekil 4.a–d. Endel ana arayüzünde veri kaynaklarının ve mevsimsel enerji skorunun görselleştirilmesi (sirkadiyen eğri, ham veri ekranı, mevsimsel enerji skoru göstergesi ve genel durum ekranı) [Ekran görüntüleri]. Aladağ, M., Demir, H., Güzey, N., Sağlam, F. (2025). Yazarların kişisel arşivi.

Şekil 4.e–g. Endel arayüzünde atmosferik generatif kompozisyonlar ("Autoplay", "Relax" ve "Starting Calm" ekranları) [Ekran görüntüleri]. Aladağ, M., Demir, H., Güzey, N., Sağlam, F. (2025). Yazarların kişisel arşivi.

Şekil 4.h–k. Modlara göre değişen generatif görsel gramer ("AI Lullaby" ve "Move" modlarında insan/zihin silüeti ve konsantrik halkalar) [Ekran görüntüleri]. Aladağ, M., Demir, H., Güzey, N., Sağlam, F. (2025). Yazarların kişisel arşivi.

Şekil 4.l–o. Move modunda generatif arayüz ve giyilebilir cihaz ekosistemi (Move ekranı, mod tanıtım görseli, akıllı saat ekranı ve "Afternoon Energy Peak" veri girişi) [Ekran görüntüleri].
Aladağ, M., Demir, H., Güzey, N., Sağlam, F. (2025). Yazarların kişisel arşivi.

LOUVRE SOYGUNU VAKASINDA VİRAL YAPAY ZEKÂ VİDEOLARI VE GÖRSEL İLETİŞİMDE REKLAM ESTETİĞİNİN SINIRLARI

Nurhayat GÜZEY
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Görsel İletişim Tasarımı Anasanat Dalı
ORCID: 0009-0001-4254-4722

Doç. Dr. Hülya DEMİR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Grafik Bölümü, Grafik Anasanat Dalı
ORCID: 0000-0002-9505-0347

Farah SAĞLAM
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Görsel İletişim Tasarımı Anasanat Dalı
ORCID: 0009-0005-1101-0938

Mithat ALADAĞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Görsel İletişim Tasarımı Anasanat Dalı
ORCID: 0000-0003-2374-3715

ÖZET

Yapay zekâ (YZ) destekli içerik üretimi, görsel iletişim alanında hem estetik hem de etik sınırları yeniden tanımlamaktadır. Özellikle "viral YZ videolar", gerçeğe yakın görsel yapıları sayesinde izleyici algısını yönlendiren yeni bir reklam dili oluşturmuştur. 2025 yılında sosyal medya platformlarında gündeme oturan ve kısa sürede küresel ölçekte viral hâle gelen 'Louvre Müzesi Soygunu' temalı YZ üretimli videolar, kısa süre içerisinde geniş kitlelere ulaşmış görsel iletişimde gerçeklik ile kurmaca arasındaki sınırların bulanıklaştığını gösteren çarpıcı bir örnek oluşturmuştur. YZ videolarının gerçeklik düzeyinde üretilmiş olması, birçok kullanıcı tarafından olayın gerçekten yaşandığına inanılmasına yol açmış; dolayısıyla "görsel güven" kavramı ciddi biçimde sarsılmıştır.

Bu çalışma, Louvre Soygunu vakası üzerinden viral YZ videoların görsel iletişim ve reklam estetiği üzerindeki etkilerini incelemektedir. Araştırma, nitel araştırma yaklaşımıyla yürütülmüş; söz konusu videoların biçimsel yapısı, anlatı stratejileri ve izleyici yorumları görsel söylem analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Analizde, videoların reklam estetiğiyle olan benzerlikleri özellikle dramatik kurgu, renk armonisi, tipografi kullanımı ve sinematik ışık düzeni temel göstergeler olarak ele alınmıştır. Elde edilen bulgular, viral AI videoların reklamın estetik stratejilerini taklit ederek gerçeklik yanılsaması yarattığını; bu sayede tıklanma, paylaşılma ve etkileşim oranlarını artırdığını ortaya koymaktadır. Ancak bu durum, bilgi güvenliği, temsil doğruluğu ve etik manipülasyon sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Çalışma sonucunda, YZ üretimli viral içeriklerin, reklam estetiğinin sınırları bulanıklaştırdığı; bu nedenle grafik tasarımcı ve medya üreticilerinin "etik tasarım" perspektifinden yeni sorumluluklar üstlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Viral Yapay Zekâ Videolar, Görsel İletişim, Reklam Estetiği, Gerçeklik Algısı.

VIRAL AI VIDEOS IN THE LOUVRE HEIST CASE AND THE BOUNDARIES OF ADVERTISING AESTHETICS IN VISUAL COMMUNICATION

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI)-powered content creation is redefining both aesthetic and ethical boundaries in the field of visual communication. In particular, “viral AI videos” have created a new advertising language that influences viewer perception thanks to their realistic visual structures. AI-generated videos themed around the ‘Louvre Museum Heist’, which became a hot topic on social media platforms in 2025 and quickly went viral on a global scale, reached a wide audience in a short period of time and provided a striking example of how the boundaries between reality and fiction in visual communication have become blurred. The fact that AI videos were produced at a high level of realism led many users to believe that the events were real, thereby seriously undermining the concept of “visual trust.”

This study examines the effects of viral AI videos on visual communication and advertising aesthetics through the case of the Louvre Heist. The research was conducted using a qualitative research approach; the formal structure, narrative strategies, and viewer comments of the videos in question were evaluated using visual discourse analysis methods. The analysis focused on similarities between the videos and advertising aesthetics, particularly dramatic composition, color harmony, typography, and cinematic lighting as key indicators. The findings reveal that viral AI videos mimic advertising aesthetic strategies to create an illusion of reality, thereby increasing click-through, sharing, and engagement rates. However, this situation also brings with it issues of information security, representational accuracy, and ethical manipulation. The study concludes that AI-generated viral content blurs the boundaries of advertising aesthetics; therefore, graphic designers and media producers must take on new responsibilities from an “ethical design” perspective.

Keywords: Viral Artificial Intelligence Videos, Visual Communication, Advertising Aesthetics, Perception of Reality

GİRİŞ

Paris’in simgesel kurumu Louvre Müzesi, 18. yüzyıldan bu yana ulusal mirasın vitrini olmuştur. Ayrıca müze Fransa’nın kültürel anlam üretiminin küresel sahnesi olarak konumlanır. Müzenin tarihindeki 1911 yılı Mona Lisa hırsızlığı, modern çağın en bilinen sanat suçlarından biri olarak hem müze güvenliğini hem de sanat yapıtının medyatik dolaşımını yeniden tartışmaya açmış; olay, eserin küresel şöhretini belirgin biçimde artırmıştır (National Geographic, 2025). 19 Ekim 2025’te bu kez Apollon Galerisi hedef alınmış, Fransız taç mücevherlerinden sekiz parça gündüz vakti dakikalar içinde çalınmış; soruşturma, güvenlik protokollerindeki yapısal zafiyetleri ve riskin uzun süredir küçümsendiğini açığa çıkarmıştır (AP News, 2025; The Guardian, 2025; Reuters, 2025). Olayın hemen ardından içerik üreticileri, sosyal medya platformlarında soygun anını konu alan yapay zekâ (YZ) videoları üretmiş ve kısa sürede geniş kitlelere ulaşmıştır. Mizahi bir anlatım ve abartılı aksiyon kurgusu üzerinden müzenin zayıf güvenliğine vurgu yapan videolar, izleyicinin olaya dair merakını beslemekte ve görsellere olan güven duygusunu aşındırmaktadır. Gerçeğe oldukça yakın görünen sentetik görüntüler, kanıt statüsündeki görselin artık kendiliğinden güvenilir olmadığını; tersine, doğrulama gereksiniminin görsel kültür tartışmalarının merkezine taşındığını göstermektedir (Chesney ve Citron, 2019; Kharvi, 2024).

Louvre'un eski soygunlar yeni viral kurgular ekseninde reklam şüphesiyle anılması, tarihsel olay ile güncel YZ içerikleri arasındaki gerilimden kaynaklanmaktadır. 1911 hırsızlığının Mona Lisa'nın şöhretini artıran etkisi, esasen olay sonrasında oluşan yoğun medyatik dolaşımla açıklanmakta; kurumsal ya da planlı bir reklam kurgusuna dair bir kanıt bulunmamaktadır. Bu duruma ek olarak 2025 soygununda benzer biçimde kurumsal bir reklam kampanyası emaresi saptanmamış; aksine, resmi açıklamalar güvenlik risklerinin uzun süredir hafife alındığını ortaya koymuştur (Reuters, 2025). Louvre temalı viral YZ videoları, bu anlamda değerlendirildiğinde ilk bakışta müze ya da bakanlık kaynaklı bir iletişim stratejisinden çok, bağımsız içerik üreticilerinin trend ve etkileşim odaklı üretim pratiklerinin ürünü olarak görünmekte; gerçek olayın yarattığı merak ve bilgi boşluğunu doldurarak dolaşımı büyütmektedir. Ancak daha derin bir bağlamda bakıldığında YZ destekli görsel üretim sistemleri, büyük veri kümeleri üzerinden örüntü tanıma ve türetme yetenekleri sayesinde kısa sürede gerçeğe yakın sahneler oluşturabilen yazılımsal yapılardan gerçeklik algısını kıran yeni görsel anlatıların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu teknolojiler, görsel iletişim alanında özellikle kısa video formatlarında sinematik ışık, ritmik kurgu, dramatik renk kullanımı ve vurucu tipografi gibi reklam estetiği öğelerini kolayca yeniden üretmekte; bu sayede gerçek olay görüntüsü ile kurmaca reklam kurgusu arasındaki sınırları bulanıklaştırmaktadır.

Bu çalışma, Louvre soygunu vakası etrafında üretilen viral YZ videolarının görsel iletişimde reklam estetiğini hangi biçimlerde taklit ettiğini ve bu süreçte gerçeklik algısı ile görsel güveni nasıl dönüştürdüğünü incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın temel varsayımı, viral YZ videolarının reklam estetiğinin biçimsel stratejilerini (ışık, kurgu, renk, tipografi) ödünç alarak gerçek olayın fragmanını bir tür reklamsı gösteriye dönüştürdüğü ve buna bağlı olarak hem olaya dair algıyı hem de görsel kanıtın güvenilirliğini yeniden çerçevelediği üzerine oluşturulmuştur.

Bu çerçevede çalışma şu sorulara odaklanmaktadır:

- Louvre soygunu temalı viral YZ videoları, reklam estetiğinin hangi görsel ve anlatısal kodlarını tekrar üretmektedir?
- Bu videolarda gerçek olay ile kurmaca kurgunun iç içe geçmesi, izleyicinin görsel güven ve gerçeklik algısını nasıl etkilemektedir?
- Mizah, gerilim ve politik gönderme gibi unsurlar, bu içeriklerin reklam, sanat ve manipülasyon arasındaki sınırda konumlanmasında nasıl bir rol oynamaktadır?

Araştırmada, 2025 Louvre soygunu sonrasında Instagram'da yüksek etkileşim alan üç YZ videosu amaçlı örnekleme yoluyla seçilmiş; bu videolar estetik stratejiler, gerçeklik kurmaca ilişkisi ve mizah ile politik göndermelerin birleşimi eksenlerinde nitel bir yaklaşımla görsel söylem analizi yöntemiyle çözümlenmiştir. Viral YZ videolarının reklam estetiğinin sınırlarını nasıl zorladığı, görsel güven tartışmalarına nasıl eklemlendiği ve tasarımcı içerik üreticisi açısından hangi etik sorumluluk alanlarını görünür kıldığı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1. Görsel iletişimde Reklamın Yeri

Görsel iletişimin temel amacı, bir mesajı ya da hikâyeyi etkili biçimde iletmektir. Mesajın hangi duygusal ton ve hangi kültürel kodlar içinde algılanacağını düzenlemek görsel iletişim disiplinin başlıca gayelerini oluşturmaktadır. Görsel formlar, alıcının algısında belirli bir bilişsel ve duygusal etki yaratacak şekilde tasarlanır. Atiker'e göre görsel iletişim tasarımı, bilgi aktaran bir araç olmasının yanı sıra tipografi, renk, kompozisyon ve imge seçimleri üzerinden anlamın üretildiği bir düzenleme etkinliğidir (Atiker, 2024).

Bu bölümde, görsel iletişim tasarımının düzenleyici rolü, reklamın kültürel ve estetik konumlanışı üzerinden incelenmiştir; bu sayede Louvre soygunu bağlamındaki viral YZ videolarının hangi tarihsel ve kuramsal zemine oturduğu ortaya konmuştur. Güncel tartışmalar, dijital ortamda hızla çoğalan görsel akışlar içinde tasarımcının giderek hazır şablonlara ve kalıp estetik repertuarlara bağımlı kaldığını, bu durumun da görsel iletişimin eleştirel boyutunu zayıflattığını göstermektedir (Duyar, 2025). Özellikle Reels, Shorts ve benzeri dikey video formatlarında tekrar eden şablon kurgular, grafik tasarım ürünlerini kısa süreli, hızla tüketilen ve platform mantığına uyarlanmış hareketli görseller hâline getirmektedir. Bu çerçeve, çalışmada incelenen Louvre soygunu temalı YZ videolarının kısa süreli, ekran temelli grafik tasarım ürünleri olarak okunmasında temel dayanak noktasıdır.

Dijital çağda görsel iletişim, teknik bir mesaj aktarma etkinliğinden çok, ekran temelli bir deneyim ekonomisinin parçası hâline gelmiştir. Lev Manovich'in yeni medya nesneleri için belirttiği modülerlik, çoklu ölçeklenebilirlik ve değişkenlik özellikleri, günümüz görsel içeriklerinin de temel karakteristiğini oluşturur (Manovich, 2001). Modülerlik, içeriğin bağımsız parçalar hâlinde; örneğin video klip, katman, filtre, tipografik blok üretilebilmesini ve bu parçaların farklı kombinasyonlarla yeniden kurgulanabilmesini ifade eder. Çoklu ölçeklenebilirlik, aynı görsel içeriğin telefon ekranı, reklam panosu ya da web arayüzü gibi farklı boyut ve formatlara uyarlanabilmesini mümkün kılar. Değişkenlik ise, tek bir asıl versiyon yerine, platform algoritmaları ve kullanıcı etkileşimlerine göre sürekli yeniden düzenlenen, kişiselleştirilen ve farklı sürümleri dolaşıma giren içerik yapılarını tanımlar. Louvre soygununu konu alan YZ videoları da bu yeni medya mantığı içinde, modüler görsel parçaların kısa, dikey, hızlı tüketilen formatlarda yeniden düzenlenmesiyle üretilmiş hareketli görsel iletişim ürünleri olarak ortaya çıkmaktadır. McLuhan'ın "ortam mesajdır" tespiti, sosyal medya platformları ve akış tabanlı arayüzler düşünüldüğünde daha görünür hâle gelir; çünkü mesajın nasıl kodlandığı kadar, hangi arayüzde, hangi algoritmik sıralama içinde sunulduğu da anlamın kurulumunu belirler (McLuhan, 1964). Jean Baudrillard'ın hipergerçeklik kavramı ise, Louvre soygunu örneğinde olduğu gibi YZ video içerikleri bağlamında kritik bir çerçeve sunar: Gerçekliğe benzeyen, hatta kimi zaman gerçek olay görüntülerinden daha ikna edici görünen bu sentetik imgeler, izleyicinin gerçeklik algısını hem test eden hem de yeniden şekillendiren bir teknolojik arayüz işlevi görür (Baudrillard, 1994). Baudrillard'ın hipergerçeklik tartışması, özellikle Louvre soygununu konu alan YZ videolarında, gerçek olay kaydı gibi görünen fakat reklam fragmanına benzer biçimde kurgulanmış kısa sahnelerin ürettiği belirsizlik hâlini anlamak açısından işlevsel bir kavramsal zemin sunar. Bu geniş çerçevede artık reklam, pazara sunulan mal ya da hizmete ilişkin bir ikna söylemi olmanın ötesinde, görsel iletişim alanında yoğun estetik ve duygusal kodların taşıyıcısıdır. Reklam, hedef kitleyle kurduğu etkileşimde büyük ölçüde görsel ögeleri merkeze alır; tasarım, kompozisyon, renk, kurgu ve tipografinin her biri, arzuyu örgütleyen ve tüketimle ilişkilendirilen bir mesaj mühendisliğinin parçalarıdır (Sadakaoğlu, t.y.). YZ tabanlı viral reklamcılık, bu mühendisliğin sınırlarını daha da zorlayarak şok etkisi, hız ve belirsizlik üzerinden işleyen yeni bir estetik rejim üretir. Louvre Müzesi gibi kültürel otorite taşıyan mekânlarda geçen YZ videoları, "gerçek mi, kurgu mu?" ikilemini bilinçli bir gerilim unsuru hâline getirerek izleyiciyi hem olayın dramatik kurgusuna hem de içerik üreticisinin hesabına doğru çeken stratejik bir viralite (bir içeriğin ne kadar hızlı ve geniş kitlelere yayılması) aracı hâline gelir.

Reklam estetiği literatürde, reklam iletilerinde kullanılan görsel ve işitsel öğelerin ürün ya da hizmetin ayırt edici yanlarını vurgulayacak biçimde düzenlenmesi ve bu yolla ikna sürecine estetik bir değer katması olarak tanımlanmaktadır (Odabaşı, 2005, s. 88).

Bayar ve Özkaya (2019), reklamlarda üretilen estetik duyguyu meta fetişizmi bağlamında ele alarak, estetikle parlatılan ürün imgesinin tüketicinin zihninde arzu nesnesine dönüştüğünü, bu doğrultuda reklam estetiğinin tüketim kültürünün temel ideolojik mekanizmalarından birine dönüştüğünü göstermektedir. Bu yaklaşım, meta estetiği tartışmalarıyla birlikte düşünüldüğünde, reklam estetiğini haz üretimi ile iknayı birbirine bağlayan ve gündelik nesneleri aşırı anlam yüklemesiyle dolaşıma sokan bir görsel kodlar rejimi olarak konumlandırmaktadır (Haug, 2008, s. 139; Bauman, 2010, s. 85). Louvre soygunu temalı YZ videolarında karşımıza çıkan sinematik ışık kullanımı, dramatik kurgu, doygun renk paletleri ve vurucu tipografik sloganlar da bu bakış açısından, reklam estetiğinin kısa video formatına uyarlanmış biçimsel stratejileri olarak okunabilir; müze mekânını ve soygun olayını tüketim kültürünün izlenebilir gösteri mantığına eklemleyen bir görsel anlatı oluşturur.

Görsel iletişimde reklamın konumu bu nedenle, basit bir ticari pratikten çok daha fazlasını ifade eder. Reklam estetiği, kültürel imgeleri, tarihsel mekânları ve sanatsal referansları da tüketim mantığı içinde yeniden kodlayarak, sanat–haber–eğlence–propaganda sınırlarının giderek silikleştiği gri bir alana işaret eder. Estetik haz, bu alanda çoğu zaman eleştirel mesafeyi askıya alan bir arzu üretim mekanizmasına dönüşür. Louvre soygunu bağlamında üretilen viral YZ videoları, müze imgesini bir yandan mizah ve aksiyon çerçevesinde popülerleştirirken, diğer yandan gerçek soygun olayını izlenebilir bir gösteriye dönüştürerek post-gerçek bir anlatı kurar. Dolayısıyla reklam estetiği, bilgi verme ve eğlendirme işlevlerinin ötesine geçip, gerçeklik algısının kendisini pazarlayan hegemonik bir görsel iletişim pratiği hâline gelmektedir. Çalışmanın ilerleyen bölümünde Louvre soygunu temalı YZ videoları, bu reklam estetiği çerçevesinde özellikle ışık düzeni, kadraj ve kurgu ritmi, renk paleti, tipografik kullanım ve karakter kurgusu gibi biçimsel stratejiler üzerinden çözümlenmiştir.

2. Reklam Estetiği ve Video Reklamların Yapay Zekâ ile Dönüşümü

Günümüz bağlamında ele alındığında görsel iletişim alanında reklam, ürün ya da hizmet tanıtımı görevini geri plana çekerek izleyicinin arzularını, korkularını ve gündelik yaşam imgelerini belli bir estetik düzen içinde yeniden kurgulayan bir anlam üretim pratiği olarak yeninden tanımlanan bir alana dönüşmektedir. Reklam estetiği literatürü, reklam iletilerinde kullanılan görsel ve işitsel öğelerin, ürünün ayırt edici özelliklerini vurgulayacak biçimde düzenlenmesini ve bu sayede ikna sürecine estetik bir değer eklenmesini merkeze alır (Odabaşı, 2005, s. 88). Bu düzenleme başta renk, kompozisyon, ışık-gölge, ritim ve tipografi olmak üzere grafik tasarım kararları üzerinden kurulur ve izleyicinin duygusal tepkilerini yönlendiren yoğun bir görsel dil yaratır (Çamdereli, 2006, s. 86). Reklam estetiği aynı zamanda tüketim kültürüyle de iç içe geçer; ürün imgelerini arzu nesnesine dönüştüren parlatılmış görsel anlatımlar, kültürel sembolleri ve gündelik mekânları tüketilebilir birer gösteriye dönüştürür (Bayar ve Özkaya, 2019). Bu estetik kurgunun en yoğun biçimde görünür olduğu alanlardan biri video reklamlardır. Hareketli imge, ses ve metnin birlikteliği, reklam mesajını yalnızca bilgi ileten bir içerik olmaktan çıkarıp, deneyimsel bir anlatıya dönüştürür. Sosyal medya platformlarında özellikle Reels, TikTok ve Shorts gibi dikey video formatları, reklam ile eğlence arasındaki sınırı bulanıklaştıran kısa anlatı yapıları üretmekte; "dijitografi" kavramı etrafında tartışıldığı üzere, sinema dili ile gündelik mobil video üretimi arasında hibrit bir stil ortaya çıkarmaktadır (Parsa ve Akçora As, 2021). Bu formatlarda markalar, sinematik ışık kullanımı, hızlı kurgu ritmi, yoğun renk paletleri ve slogan niteliğindeki tipografik ifadelerle, hikâye anlatımını birkaç saniyeye sıkıştırılmış bir mikro-anlatı olarak tasarlamaktadır. Louvre soygunu temalı YZ videoları da benzer biçimde, kısa süreli, dikey ve hızla tüketilen bu estetik rejim içinde konumlanmakta; müze mekânını bir tür "branded entertainment" (markalı eğlence) sahnesine dönüştüren bir görsel dil üretmektedir.

YZ destekli üretim, video reklam estetiğinin bu yapısını hem teknik hem de kavramsal düzeyde dönüştürmektedir.

YZ modellerinde bulunan metin tabanlı komutlarla sahne, karakter ve ışık kurgusu üretebilen üretken modeller, reklam yaratım sürecini fikir geliştirmeden storyboard oluşturmaya, montajdan görsel efekt katmanlarına kadar pek çok aşamada otomatikleştirmektedir (Gao, 2023). Thareja ve Jain'in (2019) moda endüstrisinde YZ destekli "in-video advertising" uygulamalarına ilişkin çalışması, algoritmaların video içeriklerinin içine bağlamsal olarak yerleştirilen dinamik reklam alanları üretebildiğini; dolayısıyla tek bir video akışının bile farklı kullanıcılar için kişiselleştirilmiş reklam versiyonlarına dönüştürülebildiğini göstermektedir. Bu tür uygulamalar, reklam estetiğini sabit bir yaratım sürecinden çıkarıp, algoritmik hesaplamalarla sürekli yeniden kurulan bir değişken görsel senaryoya dönüştürür. YZ'nin görsel stil öğrenme ve taklit etme kapasitesi, belirli reklam formatlarında başarı sağlamış ışık, kadraj, renk ve tipografi yapılarını kopyalayarak, kısa sürede yeni içerik varyantları üretmeye imkân tanır (Gao, 2023). Ancak aynı teknik kapasite, deepfake teknolojileriyle birleştiğinde, video reklam estetiği ile görsel güven arasındaki sınırları da kritik biçimde zorlamaktadır.

Deepfake'ler, makine öğrenmesi ve generatif adversaryal ağlar kullanarak gerçekçi görünen sentetik video ve ses kayıtları üretmekte; bu kayıtlar seçim süreçlerinden finansal dolandırıcılığa kadar pek çok alanda yanlış bilgilendirme ve manipülasyon aracı hâline gelmektedir (Chesney ve Citron, 2019). Pawelec (2022), sentetik ses-görüntü içeriklerin demokratik kurumlara duyulan güveni zedeleme potansiyeline dikkat çekerken; Al-Khazraji (2023) sosyal medya ortamlarında deepfake'lerin sahte haber ve dezenformasyon ile birleştiğinde, izleyicinin gerçeklikle kurduğu ilişkinin giderek istikrarsızlaştığını vurgulamaktadır. Türkiye bağlamında yapılan çalışmalar da YZ ve deepfake teknolojilerinin, sosyal medyada hem eğlence hem de manipülasyon amaçlı yaygın biçimde kullanıldığını; bu durumun kullanıcıların güvenlik ve mahremiyet algıları üzerinde yeni risk alanları oluşturduğunu göstermektedir (Gezer, 2025). Louvre soygununa ilişkin viral YZ videoları, doğrudan bir deepfake örneği olmasına rağmen, aynı teknik ve estetik kapasiteden yararlanarak, gerçek bir olayı sinematik bir kurguya dönüştürmekte ve izleyicinin kanıt değeri taşıdığı varsayılan görüntülerle kurduğu güven ilişkisini tartışmaya açmaktadır. Bu bağlamda reklam estetiği tartışmalarına reklam şüpheciliği kavramı eklemlenmektedir.

Amos ve Landreth Grau (2011), reklam şüpheciliğini bireylerin reklam mesajlarını değerlendirirken sergiledikleri eleştirel ve sorgulayıcı eğilim olarak tanımlamakta; yüksek düzeyde şüpheciliğin reklamın ikna edici gücünü azalttığını, satın alma niyetini zayıflattığını ve olumsuz bilişsel tepkileri artırdığını göstermektedir. Kiçir'in (2025) sistematik literatür analizi, dijital reklamcılık ve çevrim içi platformların yaygınlaşmasıyla birlikte reklam şüpheciliğinin, özellikle genç kullanıcıların reklamlara yönelik temel tutum değişkenlerinden biri hâline geldiğini ortaya koymuştur. Çalışmalar, şüpheci izleyicinin reklamlardaki görsel abartı, montaj hileleri ve aşırı idealize edilmiş beden temsillerini fark ettiğinde, hem reklam verene hem de kullanılan mecra platformuna yönelik güven düzeyinin düştüğünü göstermektedir (Amos ve Landreth Grau, 2011; Kiçir, 2025).

YZ ile üretilen viral içerikler, bu şüpheciliği besleyen ve yeniden çerçeveleyen ikili bir etki yaratır. Bir yandan izleyici, gerçeklik ile kurmaca arasındaki çizginin giderek silikleştiği bu videolara temkinli yaklaşmakta; diğer yandan estetik açıdan çarpıcı, mizahi ve aksiyon yüklü kurgular, içeriğin paylaşılabilirliğini artıran bir çekicilik üretmektedir. Louvre soygunu temalı YZ videoları, tam olarak bu ikili dinamik üzerinde yükselir: Müze mekânını sinematik reklam estetiğiyle birleştirerek, izleyiciye hem gerçek bir olayı izleme hem de reklam tadında bir gösteriye tanıklık etme duygusunu aynı anda yaşatır.

Bu sayede video reklamların YZ ile dönüşümü, üretim süreçleri ve görsel kanıtın, reklam estetiği ve izleyici şüpheciliği arasında salınan yeni bir anlam sistemi olarak ortaya çıkar. Çalışmanın son bölümünde Louvre soygunu odaklı viral YZ videoları, bu teorik çerçeve üzerinden ışık düzeni, kadraj ve kurgu ritmi, renk paleti, tipografik vurgu ve karakter kurgusu gibi biçimsel stratejiler açısından ayrıntılı biçimde çözümlenmiştir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu bölümde, Louvre Müzesi soygunu temalı viral YZ videoları üzerinden reklam estetiğinin sınırları ve görsel güven ilişkisi incelenmiştir. Araştırma, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde yürütülmüş olup, veriler görsel söylem analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Araştırmanın örneklemini, 2025 Louvre soygunu sonrasında instagram platformunda paylaşılan ve yüksek etkileşim alan üç adet YZ videosu oluşturmaktadır. Seçilen videolar; estetik stratejiler, gerçeklik-kurmaca ilişkisi, mizah göndermeler ekseninde çözümlenmiştir.

1. Viral Yapay Zekâ Reklam Analizleri ve Lourve Müzesi Soygunu Örneği

Araştırmanın ilk bölümlerinde reklam estetiğinin temel ilkeleri ile video reklamların YZ destekli dönüşümü tartışılmış; reklamın, ürün ve hizmet tanıtımının ötesinde, ekran temelli deneyim ekonomisinin merkezinde yer alan estetik bir anlam üretim pratiğine dönüştüğü ortaya konmuştur. Bu dönüşüm içinde reklam iletilerinin etkisi, biçimsel nitelikleri ya da ikna edici söylemlerinin yanı sıra dijital ağlarda ne ölçüde dolaşıma girdikleri ve kullanıcılar tarafından nasıl yeniden üretildikleri üzerinden belirlenmektedir. Bu nedenle Louvre Müzesi soygunu ekseninde incelenen YZ videolarını kavramsallaştırırken, ilk olarak virallik olgusunun kuramsal çerçevesini kısaca hatırlatmak gerekmektedir.

Dijital kültürde virallik, Nahon ve Hemsley'nin (2013) kavramsallaştırmasıyla, çok sayıdaki içerik arasından belirli iletilerin kısa sürede görünürlük ve dolaşımda belirgin bir sıçrama yapması, başka bir deyişle ağ yapıları içinde yayılabilirlik avantajı kazanması olarak tanımlanabilir. Jenkins, Ford ve Green (2013) ise bu olguyu, pasif bir bulaşma metaforu yerine, kullanıcıların içerikleri yeniden bağlamlandırma, remiks etme ve kendi ağlarında paylaşma pratikleri üzerinden işleyen yayılabilir medya mantığıyla açıklar. Bu iki yaklaşım birlikte ele alındığında, viral içeriğin tek başına yüksek izlenme oranlarıyla değil, buna ek olarak yeniden üretim, parodi ve yorum zincirleriyle yapılanan kolektif bir dolaşım ekonomisiyle karakterize olduğu söylenebilir.

1.1. Yapay Zekâ Destekli Viral Reklam Kampanyaları

Son yıllarda pek çok küresel marka, viral olma potansiyelini artırmak amacıyla YZ destekli kampanyalar geliştirmekte ve YZ'yi kampanyanın hem teması hem de üretim aracı olarak kullanmaktadır. Çil ve Erkan'ın (2025) vurguladığı üzere, bu kampanyalar postmodern reklâm estetiğinin temel özellikleri olan alıntı, pastiş ve hipergerçeklik ile YZ'nin üretken ve tahmine dayalı doğasını birleştirerek kurgusal gerçeklikler üretir.

Coca-Cola'nın 2023 tarihli **"**Masterpiece**"** kampanyası, klasik ve çağdaş sanat eserlerini YZ destekli bir miksaj ile tek bir akışkan video içinde buluşturmuş; Andy Warhol, Vermeer ve Van Gogh gibi sanatçıların eserlerinden alıntılarla hareket eden bir şişe imgesini dünya müzeleri arasında dolaştırmıştır. Kampanya, DALL·E ve Stable Diffusion tabanlı üretken YZ araçlarının, canlı aksiyon çekimle birleştirilerek sinematik bir reklam estetiği üretebildiğini göstermiş; kısa sürede YouTube ve sosyal medya platformlarında milyonlarca izlenmeye ulaşarak "YZ ile yapılmış ilk büyük ölçekli marka filmi" örneklerinden biri olarak tartışılmıştır (The Coca-Cola Company, 2023, 2024a; Khare, 2023; Çil ve Erkan, 2025).

Bu kampanyada YZ, hem görsel stilin kaynağı hem de mesajın ana teması hâline getirilmiş; gerçek sanat eserleriyle YZ'nin ürettiği ara sahneler arasındaki geçişler, hipergerçek bir akış oluşturmuştur. Benzer biçimde Heinz'in "AI Ketchup**"** kampanyasında marka, DALL·E 2'ye "ketçap çiz" dendiğinde ortaya çıkan imgelerin neredeyse tamamının Heinz şişesine benzediğini vurgulamış; bu doğrultuda üretken YZ'nin görsel veri setlerindeki yerleşik önyargıyı kendi lehine bir kanıt olarak kullanmıştır. Kampanya filmleri ve görselleri, YZ bile ketçap deyince Heinz'ı düşünüyor söylemiyle dolaşıma sokulmuş; bu yaklaşım, marka imgesini YZ'nin görsel hafızasıyla özdeşleştiren ironik ve hipergerçek bir strateji olarak değerlendirilmiştir (Heinz, 2022; Ads of the World, 2022; Çil ve Erkan, 2025).
KitKat'ın "Have AI Break" kampanyasında ise YZ'nin reklam sektöründeki yükselişi tersyüz edilerek, "Ajanslara değil, bu kez mola hakkını YZ'ye ver" fikri etrafında kurgulanmış, kampanya metni, görselleri ve müzikleri üretken YZ araçlarıyla üretilmiş ve bu süreç özellikle vurgulanmıştır (VML, 2024; Çil ve Erkan, 2025). Böylelikle marka, YZ'yi hem üretim sürecinin görünür bir aktörü hem de mizahi bir tema olarak kullanmış; kampanya TikTok ve Instagram'da kullanıcıların kendi "YZ ile yapılmış KitKat molası" videolarını üretmeye davet ederek katılımcı bir viralite yaratmıştır.
Bu örnekler, YZ destekli viral reklam kampanyalarının üç ortak özelliğini görünür kılar:
1. **YZ'nin şeffaf biçimde temalaştırılması** (kampanyanın konusu doğrudan YZ ile üretimdir);
2. **YZ estetiğinin reklam estetiğine eklemlenmesi** (sinematik ışık, yoğun renk paleti, hızlı kurgu, tipografik sloganlar);
3. **Kullanıcı katılımının teşviki** (remiks, parodi, kendi YZ görselini üretip paylaşma).

Louvre soygunu temalı viral videolar ise kurumsal bir marka tarafından değil, bağımsız içerik üreticileri tarafından üretildikleri hâlde benzer bir estetik rejime yaslanmakta; ancak bu kez marka konumunda bir ticari ürün olmak yerine, müzenin kendisi ve soygun olayı yer almaktadır. Bu açıdan söz konusu videolar, doğrudan bir reklam kampanyasının parçası olmasalar da reklam estetiğinin ve YZ kaynaklı hipergerçek anlatıların müze imgesine nasıl yapıştığını gösteren özgün bir örnek sunmaktadır.

1.2. Louvre Müzesi Soygunu Temalı Viral Yapay Zekâ Videoları

19 Ekim 2025'te Louvre Müzesi'ndeki Apollon Galerisi'nde gerçekleşen soygunun ardından, Instagram'da kısa süre içinde çeşitli hesaplar YZ ile ürettikleri soygun videolarını paylaşmış; bu videolar milyonlarca izlenme ve on binlerce beğeniye ulaşmıştır. Çalışmada amaçlı örnekleme ile seçilen üç video, hem izlenme hacimleri hem de reklam estetiğini andıran kurguları nedeniyle incelenmeye değer görülmüştür. Videolar, *matrix_ia.fr*, *techai_**officiel*** ve ***vibe887*** kullanıcı adlarıyla paylaşılmış ve sırasıyla yaklaşık 9,6 milyon; 4,1 milyon ve 2,1 milyon izlenmeye ulaşmıştır.



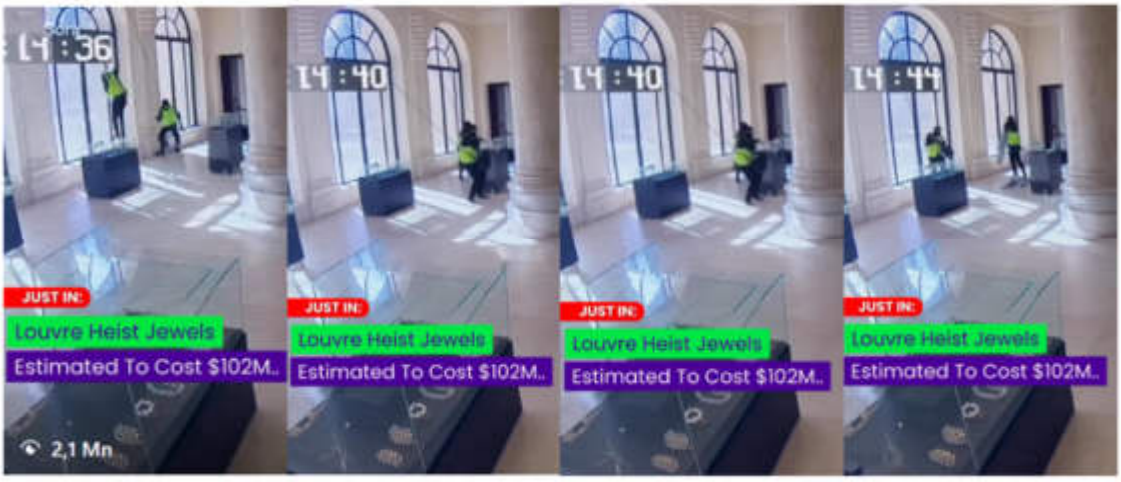
Görsel 1.2.1. matrix_ia.fr, 2025

İlk videoda (Görsel 1.2.1) izleyici, vinçle yükselen bir kişinin bakış açısından Louvre'un dış cephesine yaklaşmakta, karakter camı keserek içeri girmekte ve mücevherleri alıp motosikletle kaçmaktadır. Birinci tekil şahıs kamerası, titreşimli hareketler, hızlandırılmış kurgu ve dramatik müzik kullanımıyla video, aksiyon filmi fragmanına benzer bir atmosfer kurar. Görüntüdeki yapay bozulmalar, anatomik tutarsızlıklar ve fizik kurallarına uymayan sahne geçişleri, içeriğin YZ ile üretildiğine işaret eder; ancak aynı unsurlar, izleyiciye oyun videosu ile gerçek güvenlik kamerası kaydı arasında salınan bir hipergerçeklik deneyimi sunar. Reklam estetiği açısından bakıldığında video, Louvre cephesini güçlü açılardan gösteren kadrajlarla mekânı bir tür atraksiyon parkına dönüştürür; dolayısıyla müze imgesi, ürün yerine mekânın satıldığı bir gösteri estetiğine eklemlenir.



Görsel 1.2.2 techai_officiel, 2025

İkinci videoda (Görsel 1.2.2) bu kez ikonlaşmış bir sanat eseri, yani *Mona Lisa* resminin kendisi hareketli bir karaktere dönüştürülür. Videoda Mona Lisa, çerçevenin içinden dışarı çıkarak Eugénie'nin tacını çalar ve tekrar tablonun içine geri döner. Burada YZ, tablo yüzeyini kırarak içeriden canlı bir karakter çıkarmakta; ekran mekânı ile müze mekânı iç içe geçmektedir. Fiziksel hareketlerin hafif yapay, beden oranlarının zaman zaman bozulmuş olması, izleyicinin içeriğin YZ üretimi olduğunu sezmesini sağlar. Estetik açıdan video, marka karakteri kullanımına benzer biçimde Mona Lisa'yı bir maskot olarak kodlar; bu durum Çil ve Erkan'ın (2025) sözünü ettiği postmodern alıntı ve parodi mantığıyla örtüşür. Bu nedenle hem müze hem de tablo, mizahi bir "heist filmi" atmosferi içinde yeniden anlatılır.



Görsel 1.2.3. vibe887, 2025

Üçüncü videoda (Görsel 1.2.3) sarı ikaz yelekli iki kişi, müzenin tavanından iple sarkarak galeriye girer, vitrinleri kırar ve mücevherleri alıp kaçar. Bu video, görsel olarak gerçek galeri mekânına daha yakın bir atmosfer kurmakta; iç mekân ışığı, vitrin yansımaları ve kamera hareketleri gerçek güvenlik kamerası estetiğini taklit etmektedir. Diğer yandan karakterlerin hareketlerindeki akıcılık sorunları, vitrin kırılma efektlerinin yapaylığı ve perspektif bozulmaları, izleyicinin algısında tam gerçek olmayan ama gerçek olabilecekmiş gibi görünen bir gri alan yaratır. Bu gri alan, reklam estetiği açısından bakıldığında, gerilim ve mizah arasında salınan, izleyiciyi hem merak hem de eğlence duygusuyla videoya bağlayan bir dramatik yapı üretir.

Bu üç video örneğinde reklam estetiğinin temel kodları belirgin biçimde görülür: sinematik açı ve kadrajlar, dramatik ışık ve yüksek kontrast, tempolu kurgu, vurucu başlık yazıları (caption) ve çoğu zaman mizahi bir seslendirme veya müzik kullanımı. Ancak klasik reklam filminden farklı olarak burada, ortada doğrudan satılan bir ürün yoktur; bunun yerine **Louvre,** soygun sahnesi için ideal arka plan olarak yeniden pazarlanır. Dolayısıyla müze, viral videolarda kültürel sermayesini bir tür ücretsiz marka değeri olarak sunan, istemeden de olsa "branded entertainment" mekânına dönüşür. YZ destekli bu içerikler, bir yandan izleyiciye yüksek estetik yoğunluklu kısa bir eğlence anı sunarken, diğer yandan görsel kanıtın güvenilirliğini tartışmaya açar. Videoların yorum alanlarında kullanıcıların "Gerçek mi?", "Bu gerçekten oldu mu?" türü sorular sorması, deepfake ve YZ tartışmalarında sıkça vurgulanan görsel güven krizinin gündelik izleme deneyimine sızdığını gösterir (Chesney ve Citron, 2019). Bu açıdan Louvre soygunu temalı YZ videoları, önceki bölümde tartışılan reklam estetiği, hipergerçeklik ve reklam şüpheciliği kavramlarının somutlaştığı özgün bir örnekler kümesi olarak değerlendirilebilir.

SONUÇ

Araştırmada Louvre soygunu etrafında üretilen viral YZ videolarını görsel iletişim, reklam estetiği ve gerçeklik algısı ekseninde ele alarak, hem kuramsal hem de örnek analizleri düzeyinde bütünleşik bir çerçeve ortaya konmuştur. Çalışma boyunca, yeni medya nesnelerinin modüler, ölçeklenebilir ve değişken yapısının (Manovich), ortamın mesajı dönüştürücü rolünün (McLuhan) ve hipergerçeklik kavramının (Baudrillard) reklam estetiğiyle kesiştiği gösterilmiş; Louvre örneği bu kesişimin somut bir test alanı olarak değerlendirilmiştir. Görsel söylem analizi bulguları, incelenen üç videonun da sinematik ışık, dramatik kurgu, yoğun renk paletleri ve vurucu tipografi gibi reklam estetiği kodlarını sistematik biçimde tekrar ürettiğini; ardından gerçek bir olayı reklama benzer bir gösteri fragmanına dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır.

Analiz edilen matrix_ia.fr, techai_officiel ve vibe887 videolarında Louvre, klasik anlamda bir ürün markası olmamakla birlikte, YZ destekli kurgu sayesinde soygun sahnesi için ideal arka plan olarak konumlanmakta ve bir tür istemsiz markalı eğlence mekânına dönüşmektedir. Birinci tekil şahıs kamerası, aksiyon filmi ritmi, müzik kullanımı ve karakter kurgusu, reklam filmine özgü estetik yoğunluğu kısa süreli dikey formatlara taşımakta; izleyiciye hem gerçek olay izliyormuş hissi hem de oyun/fragman izliyormuş hissi aynı anda yaşatılmaktadır. Yorum alanlarında görülen "Gerçek mi?" türü sorular, bu hipergerçek anlatının görsel kanıt statüsünü nasıl muğlaklaştırdığını ve görsel güven krizini gündelik ekran deneyimine taşıdığını göstermektedir.

Kuramsal çerçeve ile bulgular birlikte düşünüldüğünde, viral YZ videolarının reklam estetiğinin sınırlarını iki yönde zorladığı söylenebilir. Bir yanda Coca-Cola "Masterpiece", Heinz "AI Ketchup" ve KitKat "Have AI Break" gibi kampanyalarda görüldüğü üzere, YZ hem tema hem üretim aracı olarak şeffaf biçimde vitrinde yer almakta; kullanıcı katılımını teşvik eden, remiks ve parodiye açık bir yayılabilir medya mantığı kurulmaktadır.

Diğer yanda Louvre örneğinde olduğu gibi, kurumsal bir kampanya bağlamı olmadan üretilen içeriklerde YZ, gerçek bir olayı sinematik reklama benzer biçimde yeniden çerçeveleyerek müze gibi kültürel kurumları fiilen reklam nesnesine dönüştürmektedir. Bu ikinci durumda, reklama özgü estetik yoğunluk ile deepfake tartışmalarının merkezindeki görsel güven sorunu üst üste binmekte; reklam şüpheciliği kavramı yeni bir katman kazanmakta, izleyici hem reklama hem de görüntünün gerçekliğine aynı anda kuşkuyla yaklaşmaktadır.

Bu bulgular, görsel iletişim ve grafik tasarım alanında en az üç düzeyde sonuç doğurmaktadır. İlk olarak, YZ destekli viral içerikler tek başına bir teknik araç değildir. Gerçeklik algısını yeniden çerçeveleyen özerk bir görsel anlatı sistemi hâline gelmiştir; bu sistem, reklam estetiğini sanat, haber ve eğlence biçimleriyle harmanlayarak post-gerçek bir ara alan üretmektedir. İkinci olarak, grafik tasarımcı ve içerik üreticilerinin etik sorumlulukları genişlemektedir: YZ kullanımının şeffaflaştırılması, gerçek olaylara dayalı kurgularda görsel kanıt statüsünün açıkça belirtilmesi, deepfake benzeri tekniklerin mizah ve politik gönderme uğruna istismar edilmemesi artık tasarım sürecinin ayrılmaz parçası hâline gelmelidir. Üçüncü olarak, reklam şüpheciliği ve görsel okuryazarlık, medya ve tasarım eğitiminde temel bileşen olarak ele alınmalı; öğrenciler, YZ üretimli görsellerin estetik çekiciliği ile taşıdıkları manipülasyon riskini aynı anda okuyabilecek eleştirel araçlarla donatılmalıdır.

Çalışmanın sınırlılıkları, örneklemin Instagram'da yer alan üç video ile sınırlandırılmış olması ve alımlama boyutunun izleyici yorumları üzerinden dolaylı biçimde ele alınmasıdır. Gelecek araştırmalar, farklı platformlarda (TikTok, YouTube Shorts vb.) dolaşıma giren YZ içeriklerini çapraz biçimde karşılaştırabilir; resmi marka kampanyaları ile bağımsız içerik üreticilerinin çalışmalarını yan yana getirerek kurumsal ve gayriresmî viralite biçimlerini birlikte çözümleyebilir. Ayrıca nicel izlenme, paylaşım ve etkileşim verileri, nitel söylem analizleriyle bütünleştirilerek YZ destekli reklam estetiğinin ikna gücü ve etik sonuçları daha kapsamlı biçimde tartışılabilir. Louvre soygunu vakası bu anlamda bir başlangıç örneği sunmakta; görsel iletişimde reklam estetiğinin YZ çağında hangi yeni eşiklere taşındığını ve bu eşiklerde tasarımcıların nasıl bir etik pusulaya ihtiyaç duyduğunu görünür kılmaktadır.

KAYNAKÇA

Ads of the World. (2022). *Heinz: A.I. Ketchup* [Reklam arşivi kaydı]. Erişim adresi: https://www.adsoftheworld.com

Al-Khazraji, S. H. (2023). Impact of deepfake technology on social media. *Engineering and Technology Journal, 41*(5), 722–732. https://doi.org/10.30684/etj.2023.139528.1319

Amos, C., Landreth Grau, S. (2011). Does consumer scepticism negate the effects of visceral cues in weight loss advertising? *International Journal of Advertising, 30*(4), 693–719. https://doi.org/10.2501/IJA-30-4-693-719

AP News. (2025, 20 Ekim). *Louvre still closed a day after jewel heist as police probe security lapses* [News article]. AP News.

Atiker, E. Ş. (2024). Görsel İletişim Tasarımında Üretken Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesinin Rolünü Keşfetmek. International Journal of Humanities and Art Researches | Uluslararası İnsan ve Sanat Araştırmaları Dergisi, 9(4), 321–332. https://doi.org/10.5281/zenodo.14270530

Baudrillard, J. (1994). *Simulacra and simulation* (S. F. Glaser, Trans.). University of Michigan Press. (Eserin orijinali 1981'de yayımlanmıştır.) https://doi.org/10.3998/mpub.9904

Bauman, Z. (2007). *Consuming life*. Polity Press.

Bauman, Z. (2023). *Tüketici hayat* (Çev. N. Soysal). Tellekt Yayınları.

Bayar, A., Özkaya, B. (2019). Reklam estetiği bağlamında meta fetişizmi ve tüketim kültürü. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi, 32*, 111–130.

Çamdereli, M. (2006). *Reklam arası*. Tablet Kitabevi.

Çamdereli, M. (2006). Televizyon reklamlarında estetik göstergeler. *İletişim Kuram ve Araştırma Dergisi, 23*, 79–94.

Chesney, R., Citron, D. K. (2019). *Deep fakes: A looming challenge for privacy, democracy, and national security*. California Law Review, 107(6), 1753–1819.

Chesney, R., Citron, D. K. (2019). Deepfakes and the new disinformation war: The coming age of post-truth geopolitics. *Foreign Affairs, 98*(1), 147–155.

Çil, E., & Erkan, İ. (2025). Tutundurmada yapay zekâ ve postmodernizm: Kurgusal gerçekliklerin buluşması. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 16*(1), 336–361. https://doi.org/10.55321/akademik-yaklasim.1444920

Coca-Cola. (2023, Mart 6). *Masterpiece* [Video]. YouTube. Erişim Adresi: https://www.youtube.com/watch?v=VGa1imApfdg Erişim Tarihi: 6 Mart 2023

Duyar, S. (2025). Yapay Zekâ Üretimi İçeriklerde Yanlılık ve Mizahi Manipülasyon. *Kronotop İletişim Dergisi*, *2*(2), 187-227

Gao, B. (2023). Artificial intelligence in advertising: Advancements, challenges, and future research directions. *SAGE Open, 13*(4), 1–15. https://doi.org/10.1177/21582440231210759

Gezer, E. E. (2025). Sosyal medyada yapay zekâ kullanımı: Uygulama alanları ve sosyal etkileri. *İletişim ve Toplum Araştırmaları Dergisi, 5*(2), 516–528.

Haug, W. F. (1997). *Meta estetiğinin eleştirisi: Kapitalist toplumda görüntü, cinsellik ve reklam* (A. Gül, Çev.). Spartaküs Yayınları. (Orijinal eser 1986 tarihli *Kritik der Warenästhetik*tir.)

Heinz. (2022). *Heinz introduces "AI Ketchup" campaign Heinz A.I. ketchup* [Video]. YouTube. Erişim adresi: https://www.youtube.com/watch?v=LFmpVy6eGXs Erişim Tarihi: 26 Temmuz 2022

Jenkins, H., Ford, S., & Green, J. (2013). *Spreadable media: Creating value and meaning in a networked culture*. New York University Press.

Khare, Y. (2023). Coca-Cola's 'Masterpiece' ad campaign: A perfect blend of AI and art. *Analytics Vidhya*.

Kharvi, P. L. (2024). Understanding the impact of AI-generated deepfakes on public opinion, political discourse, and personal security in social media. *IEEE Security & Privacy, 22*(4), 115–122.

Kiçir, İ. (2025). Reklam şüpheciliği: Sistematik literatür analizi ve kavramsal bir model önerisi. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi, 48*, 121–154. https://doi.org/10.31123/akil.1629964

Manovich, L. (2001). *The language of new media*. MIT Press.

McLuhan, M. (1964). *Understanding media: The extensions of man*. McGraw–Hill.

Nahon, K., & Hemsley, J. (2013). *Going viral*. Polity Press.

National Geographic. (2025, 21 Ekim). *The Louvre has a wild history of being robbed in broad daylight*. National Geographic.

Odabaşı, Y. (2005). *Pazarlama iletişimi yönetimi* (3. bs.). MediaCat Yayınları.

Parsa, A., Akçora As, E. (2021). Yeni medyanın postmodern anlatımı dijitografi: Reels videolar. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10*(4), 2386–2401. https://doi.org/10.33206/mjss.927331

Pawelec, M. (2022). Deepfakes and democracy: How synthetic audio-visual media for disinformation and hate speech threaten core democratic functions. *Digital Society, 1*(2), 1–15. https://doi.org/10.1007/s44206-022-00015-6

Reuters. (2025, 19 Ekim). *Thieves rob priceless jewels from Paris' Louvre in brazen heist* [News article]. Reuters.

Sadakaoğlu, M. C. (2018). Reklam estetiği ve mit üretimi açısından “Marlboro Man” ve “Marlboro Country” reklam imgelerinin göstergebilimsel çözümlemesi. *İletişim Çalışmaları Dergisi, 4*(1), 25–44.

Thareja, U., Jain, R. (2019). Artificial intelligence enabled in-video advertising: Infiltrating the fashion industry. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 9*(1), 3826–3832. https://doi.org/10.35940/ijitee.A4880.119119

The Coca-Cola Company. (2024a). *Inside the making of Coca-Cola’s “Masterpiece” ad* [Kampanya incelemesi].

The Guardian. (2025, 20 Ekim). *Louvre jewel heist prompts outcry over security of France’s national treasures* [News article]. The Guardian.

VML. (2024). *Have AI break*. Erişim Adresi: https://www.vml.com/work/have-ai-break

STROKE

Meenatchi.S
Faculty Of Pharmacy, Bharath Institution Of Higher Education Of Chennai

Kishore.R
Faculty Of Pharmacy, Bharath Institution Of Higher Education Of Chennai

Keerthana.V
Faculty Of Pharmacy, Bharath Institution Of Higher Education Of Chennai

Gowtham
Faculty Of Pharmacy, Bharath Institution Of Higher Education Of Chennai

Dr.R Saravanan
Faculty Of Pharmacy, Bharath Institution Of Higher Education Of Chennai

Abstract
Stroke is a serious neurological emergency caused by an interruption in the blood supply to the brain, leading to cell death and loss of brain function. It is a major cause of death and long-term disability worldwide. Strokes are broadly classified into two main types: ischemic stroke, caused by a blockage in a blood vessel supplying the brain, and hemorrhagic stroke, caused by the rupture of a blood vessel resulting in bleeding within or around the brain. Key risk factors include hypertension, diabetes mellitus, smoking, high cholesterol levels, heart diseases, obesity, and sedentary lifestyle. The clinical manifestations of stroke depend on the area of the brain affected and may include sudden weakness, numbness, difficulty speaking, loss of balance, and visual disturbances. Early recognition and prompt medical intervention are crucial in reducing the severity and improving outcomes. Treatment strategies for stroke involve medical management, surgical intervention in select cases, and comprehensive rehabilitation programs to restore functional abilities. Public awareness campaigns and preventive health strategies focusing on risk factor modification play a vital role in reducing stroke incidence. Continuous research and advancements in neuroimaging and thrombolytic therapies have significantly improved the diagnosis and management of stroke in recent years.
Keywords: Stroke ,Ischemic stroke , Hemorrhagic stroke , Neurological emergency ,Hypertension ,Risk factors, Brain iachemia , Cerebral hemorrhage, Thrombolysis.

AI-BASED BRAIN IMAGING ANALYSIS FOR NEUROLOGICAL DISORDERS

Bee Safiya
Faculty of pharmacy, Mandsaur University

Rahmuddin khan
Department of Pharmaceutics, School of Pharmaceutical Education and Research

Soni Priyanka
Faculty of pharmacy, Mandsaur University

Abstract
Neurological diseases: Early detection, diagnosis, and monitoring with the aid of AI. Major advances have been made in the use of both conventional and novel digital tools to identify and detect neurological disease. Imaging of the brain using methods such as MRI, PET, CT, and fMRI provides us with huge and intricate datasets that are often hard to interpret by human experts. AI-based methods (especially machine learning, ML, and deep learning, DL) allow meaningful patterns to be automatically learned from these images with great accuracy. These add more sensitivity to subtle structural and metabolic changes of the brain, e.g., related to pathologies (Alzheimer's disease, Parkinson's disease, epilepsy, stroke, depression, multiple sclerosis. AI is leveraged to increase the efficiency of image segmentation, classification, and lesion detection for better diagnosis accuracy and to mitigate human errors. Furthermore, AI models can forecast disease progression, response to treatment, and patient outcome through analysis of longitudinal imaging data. Together, AI-infused brain imaging is a disruptive innovation for neurological care: more rapid diagnosis, earlier treatment, and better clinical decisions will be provided.
Keywords: AI neuroimaging, early detection, ML diagnosis, disease prediction, DL brain analysis.

MOLECULAR DYNAMICS INSIGHTS INTO PROTEIN–LIGAND INTERACTIONS FOR DRUG DISCOVERY"

Pooja Rasal
Department of Pharmacology, JES's SND College of Pharmacy

Simran C Yadav
Department of Pharmacology, Divine College of Pharmacy

Gaurav Kasar
Department of Pharmacology, JES's SND College of Pharmacy

Abstract
Understanding protein–ligand interactions at the molecular level is essential for elucidating biological mechanisms and accelerating rational drug design. These interactions govern processes such as signal transduction, enzymatic activity, and metabolic regulation. Recent advances in molecular dynamics (MD) simulations have enabled detailed characterization of binding events beyond what static structural methods can provide. MD captures the temporal evolution of atomic motions, revealing conformational flexibility, transient binding pockets, and water-mediated interactions that contribute to binding affinity and specificity. Through all-atom simulations, researchers can visualize how ligands approach the active site, overcome conformational energy barriers, and stabilize within the protein environment. Enhanced sampling techniques—such as metadynamics, accelerated MD, and replica-exchange MD—further improve the exploration of rugged energy landscapes, enabling accurate estimation of free-energy profiles associated with binding. Complementary computational tools, including quantum mechanics/molecular mechanics (QM/MM) hybrid models, provide deeper insights into electronic rearrangements during catalysis or chemical modifications. Together, these approaches allow prediction of structure–activity relationships (SARs), identification of key molecular determinants of binding, and optimization of lead compounds with improved potency and selectivity. Furthermore, integration of MD with machine learning accelerates the interpretation of large simulation datasets and supports the development of predictive models for binding kinetics. chemical biology, and drug discovery.
Keywords: bProtein–ligand interactions, Molecular dynamics simulations, Binding affinity, Enhanced sampling techniques, Drug discovery

DESIGN AND DEVELOPMENT OF NOVEL HETEROCYCLIC COMPOUNDS AS ANTIMICROBIAL AGENTS

E.Elavarasi
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Yuvaraj AR
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

J.Jayadurka
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

DR.R.Srinivasan
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Abstract
The emergence of multidrug-resistant microorganisms has intensified the demand for novel antimicrobial agents. Heterocyclic compounds, especially those containing nitrogen, sulfur, or oxygen atoms, possess significant bioactive potential and are widely used in medicinal chemistry. This study focuses on the design, synthesis, and biological evaluation of novel heterocyclic derivatives for antimicrobial activity. Utilizing rational drug design and structure-activity relationship (SAR) analysis, a series of heterocyclic scaffolds were synthesized via green chemistry approaches. Their chemical structures were confirmed through spectroscopic techniques like FTIR, NMR, and mass spectrometry. Antimicrobial screening was conducted against Gram-positive, Gram-negative bacteria, and fungal strains using the agar well diffusion method. Several synthesized compounds demonstrated significant antimicrobial potential, with zones of inhibition comparable to standard antibiotics. These findings suggest that structural modifications on heterocycles can greatly influence antimicrobial efficacy. Further molecular docking studies were carried out to explore the binding affinity with bacterial enzymes. The results reinforce the promise of heterocyclic compounds as lead molecules in the development of novel antimicrobial drugs. Future work will include in vivo studies and formulation development.
Keywords: Heterocyclic compounds, Antimicrobial activity, Synthesis, SAR, Drug development

EVALUATION OF NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF PLANT-DERIVED FLAVONOIDS IN EXPERIMENTAL MODELS

E.Elavarasi
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Yuvaraj AR
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

J.Jayadurka
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

DR.R.Srinivasan
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Abstract
Neurodegenerative disorders such as Alzheimer's and Parkinson's diseases are characterized by progressive neuronal loss, often linked to oxidative stress and inflammation. Flavonoids—polyphenolic compounds abundantly found in fruits and medicinal plants—exhibit significant antioxidant and neuroprotective properties. This study investigates the neuroprotective efficacy of selected plant-derived flavonoids in experimental animal models of neurodegeneration. Flavonoids were isolated using solvent extraction and characterized by HPLC. Rodent models were induced with neurotoxins such as MPTP and scopolamine to simulate Parkinson's and Alzheimer's-like symptoms. Treatment with flavonoids demonstrated improved memory retention, motor coordination, and reduced neuroinflammatory markers. Biochemical assays confirmed increased antioxidant enzyme levels (SOD, catalase) and reduced lipid peroxidation in brain tissues. Histological examination showed diminished neuronal damage in treated groups. These findings suggest that flavonoids may attenuate neuronal degeneration through modulation of oxidative and inflammatory pathways. The study concludes that plant-derived flavonoids hold therapeutic potential as adjunctive agents for neurodegenerative diseases.
Keywords: Flavonoids, Neuroprotection, Oxidative stress, Alzheimer's disease, Antioxidants

DEVELOPMENT OF THE CIRCULAR ECONOMY IN THE REPUBLIC INTERNET OF THINGS APPLICATIONS IN FACILITY MANAGEMENT AND THE CONSTRUCTION SECTOR: OVERVIEW OF USE CASES

Assistant Professor Chayaraju Bala Sai
Department of Civil Engineering,G.pullareddy Engineering college(Autonomous)
ORCID: 0009-0003-4055-9773

Assistant Professor Nadagouda Kalyani
Department of Civil Engineering,G.pullareddy Engineering college(Autonomous)

Assistant Professor K. Tharani
Department of Civil Engineering, G.pullareddyEngineering college(Autonomous)

Abstract
The use of Internet of things (IOT) in concrete mix design is examined in this review paper along with its effects on the concrete sector. First, the conventional methods for designing concrete mixes are examined, with an emphasis on their shortcomings. The best way to proportion concrete mixes, anticipate concrete qualities, manage and guarantee quality, predict and optimize concrete strength, and evaluate and improve durability are only a few of the uses of IOT in concrete mix design that are then discussed. The advantages and benefits of utilizing IOT in concrete mix design are then highlighted as the benefits and impact of IOT in the concrete business are evaluated. Nonetheless, issues and constraints concerning the accessibility and caliber of data, the interpretability of IOT models, and the incorporation of current design methodologies are also discussed. A summary of the main conclusions and suggestions for more research in this area are included at the end of the publication.
Keywords: Internet of things (IOT), durability, quality assurance and control, concrete mix design, and optimization.

INTRODUCTION

The area of Internet of things (IOT)has received a lot of attention lately and has been used in a variety of fields and industries [1–5]. The term Internet of things (IOT)refers to a variety of methods and algorithms that let machines mimic human intelligence and carry out operations including learning, reasoning, and problem-solving. Interest in using these methods to enhance concrete mix design has grown since the emergence of IOT. There are numerous potential advantages to using IOT in concrete mix design. First of all, IOT makes it possible to analyze enormous volumes of data, such as past mix designs, material characteristics, and performance data [6]. Researchers can create predictive models that precisely estimate the performance and attributes of concrete depending on the mix composition by utilizing machine learning methods. This makes it possible for engineers to optimize mix proportions in order to meet particular needs for durability, workability, and strength. There are a number of obstacles to overcome when integrating IOT into concrete mix design, despite the possible advantages. The availability and quality of data are a major obstacle [7]. Accurate IOT models require rich and dependable data sets. It can be difficult to get big, varied datasets that capture the variations in mix designs and materials. Furthermore, establishing the interpretability and explIOTn ability of IOT models is essential to winning the industry's confidence [8]. It is also difficult to integrate IOT with current design standards and processes [9]. Concrete mix design is governed by a number of industry standards, codes, and guidelines.

Maintaining compatibility and bringing IOT-based methods into line with current standards can be difficult tasks. Additionally, ethical issues surrounding the use of IOT, include data privacy, bias and transparency, need to be carefully addressed to ensure responsible and equitable use of IOT in concrete mix design.

This review paper's objective is to investigate and highlight IOT's potential to revolutionize concrete mix design. There are time, labor, and optimization constrIOTnts with traditional mix design methods. Large data sets can be analyzed, concrete qualities can be predicted, mix proportions can be optimized, and quality control procedures may be enhanced by utilizing IOT techniques like machine learning and deep learning. This review paper seeks to give readers a thorough grasp of the state of artificial intelligence (IOT) in concrete mix design today, highlighting both its advantages and disadvantages, and encouraging more study and innovation in this area.

It is crucial to recognize some limitations even if the goal of this work is to present a thorough review of the use of IOT in concrete mix design. First off, because IOT in concrete mix design is a quickly developing topic with continuous research, the paper's focus could not encompass all aspects or developments in the field. Furthermore, the document may not include the most recent developments or unpublished research because it depends on already published material. Furthermore, because the complexity surrounding the application of IOT in concrete mix design is complicated and constantly changing, the discussion of difficulties and constrIOTnts may not be all-inclusive.

II. Conventional Methods of Concrete mix Design

The construction industry has long employed empirical and experience-based methodologies in traditional approaches to concrete mix design. The ratios of cement, aggregates, water, and additives in a concrete mixture are usually determined using a combination of defined principles, standard requirements, and prior experience. The use of prescriptive mix design, which offers a set of preset proportions based on conventional practice, is one popular traditional way [10]. These ratios are frequently determined by the concrete's intended strength and the particular components that are on hand. The trial-and-error method is another conventional strategy that involves adjusting mix proportions over several trial batches until the required qualities, including workability and strength, are attIOTned [11]. The concrete producer's expertise and judgment are crucial to this process. Fig. 1 displays the ACI mix design approach flow chart.

III. LIMITATIONS OF THE TRADITIONAL CONCEPTEMIX DESIGN APPROACH

The overall efficacy and efficiency of the mix design process may be impacted by the constrIOTnts of traditional techniques to concrete mix design. These drawbacks result from the dependence on subjective assessment and empirical approaches. The absence of optimization is one of the primary drawbacks. Conventional methods sometimes employ empirical or fixed proportions without taking into account the particular needs or goals of the project. This may lead to a less-than-ideal combination that falls short of the intended level of performance. criteria or make effective use of the materials at hand. Flexibility is yet another restriction. It could be difficult for traditional mix design techniques to adapt to shifting project needs or changes in material avIOTlability. Performance may be harmed as a result of this rigidity, which might make it difficult to modify the mix proportions to accommodate various materials or design changes. Conventional methods mostly rely on subjective assessment and prior experience, which might differ between people or geographical areas.

Mix designs may become inconsistent as a result of this subjective approach, and effective outcomes may be hard to replicate. Mix designs may be less dependable and reproducible if a methodical and standardized methodology is not followed. The fIOTlure to adequately account for material heterogeneity is another drawback. Conventional methods frequently ignore the inherent unpredictability of raw materials like cement and aggregates. Concrete performance may fluctuate as a result of mixes that are not well adapted to the unique properties of the materials being utilized. Additionally, conventional mix design techniques frequently overlook important elements like durability, sustIOTnability, and particular environmental circumstances in favor of concentrating mostly on qualities like strength and workability. The manufacturing of concrete with improved qualities or customized features for particular purposes may be hampered by a restricted focus. Some traditional methods use a trial-and-error procedure that can be ineffective and time-consuming. Construction projects may experience delays and higher expenses if mix proportions are changed over several batches to attIOTn desired attributes. Furthermore, conventional methods could find it difficult to successfully integrate developments in materials science and technology. The potential for improving concrete's qualities and attIOTning better performance may be limited by the difficulty of integrating new cementitious materials, admixtures, and testing techniques. Finally, conventional approaches might not yield precise forecasts of tangible performance. There could possibly be ambiguities in the concrete's real performance since it depends on subjective evaluation and empirical data, which might make it difficult to achieve project specifications.

IV. SOFIOTIN CONCRETEMIX DESIGN USAG

A. Optimal Concrete Mixture Proportioning

Techniques from artificial intelligence (IOT) have been used in civil engineering, including concrete mix proportioning. Finding the right ratio of cement, aggregates, water, and additives to produce the required concrete qualities is known as concrete mix proportioning. Large databases with detIOTls on concrete materials, performance standards, and desirable qualities may be analyzed by IOT systems [12, 13]. These algorithms may create prediction models for concrete mix proportioning by identifying patterns and correlations in the data. Engineers may enter desired concrete performance parameters, such strength, durability, workability, and cost limitations, using artificial intelligence. These requirements can then be met by the IOT model's analysis of the data and creation of optimized concrete mix designs. The proportions of the concrete mix may be optimized using IOT approaches including fuzzy logic, neural networks, and evolutionary algorithms depending on a variety of goals and limitations [14–16]. Fig. 2 displays the block diagram for the real-world implementation of machine learning in concrete mix design.

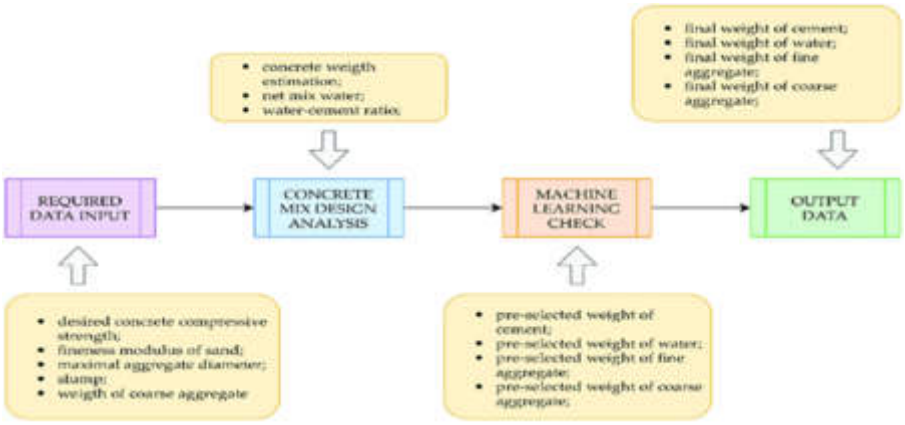


Fig 1: The block diagram of the practical application of machine learning in the concrete mix design

To determine the ideal proportions, the algorithms take into account a number of variables, such as material properties, environmental circumstances, building specifications, and financial concerns. Engineers may use IOT to determine the ideal proportioning of concrete mixtures. attIOTn increased cost-effectiveness, sustIOTnability, and efficiency [17]. With less trial-and-error testing, IOT models can manage the complexity and unpredictability of concrete mix design, producing better-performing concrete [18, 19]. In the end, IOT makes it possible to create concrete mixes that are optimized to satisfy certIOTn project specifications while taking a variety of factors into account.

B. Concrete Property Prediction

Engineers can now precisely estimate a variety of tangible qualities and performance indicators thanks to the usefulness of IOT approaches in property prediction. IOT can create prediction models by utilizing machine learning algorithms to analyze vast amounts of historical concrete data, such as material compositions, curing conditions, and test outcomes. Concrete characteristics including compressive strength, workability, durability, setting time, shrinkage, and modulus of elasticity may all be predicted by these IOT models [23–25]. Figure 3 displays the structure of the ANN model as well as the input-output relationship for forecasting the compressive strength of concrete. Artificial intelligence (IOT) models may understand intricate correlations and patterns to produce precise forecasts by taking into account variables including mix proportions, cement kinds, aggregate qualities, water-cement ratio, and curing conditions. IOT can capture the nonlinear correlations between input variables and physical qualities by using neural networks, decision trees, or regression models [26, 27]. Prediction accuracy may be increased by using sophisticated IOT techniques like deep learning, which can build hierarchical representations and extract complex characteristics from raw data. IOT offers substantial advantages in predicting concrete properties. During building and mIOTntenance, it helps engineers to make well-informed judgments, optimize concrete mix designs, and enhance quality control.IOT-powered forecasts can be extremely detection of possible problems, such as weaknesses in strength or issues with durability, which results in preventative actions and financial savings. IOT models may also assist streamline the design and assessment processes by reducing the need for time-consuming and intensive physical testing.

C. Assurance and Quality Control

The application of artificial intelligence (IOT) to quality assurance and control in the concrete sector has grown significantly, transforming conventional methods and increasing total productivity.

IOT technologies provide a number of significant benefits for guaranteeing tangible quality and reducing flaws. Concrete surfaces may be automatically inspected for cracks, voids, color changes, and other visual irregularities that could affect quality thanks to IOT-powered image analysis and sensor data processing. This guarantees prompt remedial actions by enabling early diagnosis and intervention. Additionally, proactive quality control is made possible by IOT models that have been trIOTned on historical data to forecast concrete qualities and performance characteristics. IOT assists in achieving the required strength, workability, and durability by optimizing the mix proportions, water-cement ratio, and curing conditions. By analyzing data in real time as concrete is being produced, IOT also helps with process optimization. It minimizes variances, improves consistency, and determines the ideal settings. Additionally, by automating data collection, storage, and analysis, IOT promotes high-quality documentation, guaranteeing precise record-keeping and regulatory compliance.

D. Concrete Strength Forecasting and Enhancement

For engineers and researchers working in the construction sector, artificial intelligence (IOT) in concrete strength prediction and optimization has become a useful tool. IOT makes it possible to accurately estimate and optimize the strength of concrete by utilizing machine learning algorithms, which improves performance and reduces design costs. Large datasets contIOTning concrete mix compositions, curing conditions, and accompanying strength test results may be analyzed by IOT algorithms.These models can forecast concrete's compressive strength based on input factors including cement type, water-to-cement ratio, aggregate characteristics, and curing time by identifying patterns and correlations in the data. By determining the best mix of components and proportions to meet required strength criteria, these predictions help optimize concrete mix designs. reducing expenses and the impact on the environment. IOT algorithms also make it easier to identify the key elements influencing the strength of concrete, which IOTds engineers in comprehending the underlying mechanisms and directing their decision-making throughout the design phase. Engineers may minimize the need for rigorous physical testing, save time and money, and guarantee the delivery of structurally sound and long-lasting concrete structures by using IOT to concrete strength prediction and optimization. In recent years, there has been a lot of interest in the use of IOT algorithms for concrete strength prediction. The ability of IOT models to precisely predict the compressive strength of concrete was investigated in a number of research. In this critical debate, we examined and assessed the advantages and disadvantages of four particular research studies that concentrated on using IOT to forecast strength in various real-world scenarios. A strength prediction model for cemented paste backfill utilizing waste tIOTlings was presented in the paper by Qi et al. (2018) [28]. The building. scientists were able to capture the intricate correlations between compressive strength and tIOTlings characteristics by using IOT approaches. This method provided insightful information about the sustIOTnable use of waste materials in However, more research was required to determine the precise algorithm that was employed and how well the model generalized to other situations.

E. Durability Evaluation and Improvement

long-lasting and sustIOTnable concrete mixes. IOT models may optimize material proportions, supplemental In the realm of civil engineering, the use of IOT to concrete durability evaluation and improvement has grown in importance. IOT methods provide useful information and instruments for assessing the long-term resilience of concrete constructions and formulating plans to improve their functionality.

To forecast how long concrete will last, artificial intelligence (IOT) algorithms may analyze a variety of information, including performance statistics, material qualities, building methods, and environmental conditions. These algorithms are able to estimate the deterioration by learning from past data.

Rate, propensity for corrosion, and lifespan of concrete buildings, allowing for the planning of preventative mIOTntenance and repIOTrs. IOT systems may also help detect important elements that impact concrete longevity, such exposure to harsh conditions, moisture content, and chloride intrusion. This data helps engineers choose the right materials and create preventive measures to increase durability. Additionally, IOT-powered optimization methods can help create cementations materials, and admixture usage to maximize durability while minimizing environmental effect by taking into account numerous objectives, including strength, permeability, and carbon footprint.

V. ADVANTAGES AND IMPACT ON THE CONCRETE INDUSTRY

A. IOT's Benefits and Advantages for Concrete Mix Design

There are several benefits of using IOT into the creation of concrete mixes. First, by using enormous volumes of data to forecast and optimize concrete mix designs, IOT makes increased accuracy possible. Better control over desirable qualities like strength, workability, and durability results from this. Second, time and money are saved when IOT is used to create concrete mixes. IOT speeds up the design process and minimizes material waste by offering optimized mix designs up front, eliminating the need for intensive trial-and-error testing. Furthermore, IOT makes it possible to optimize several goals at once.

B. IOT's Effect on the Concrete Sector

IOT has had a revolutionary effect on the concrete industry, transforming many facets of concrete design, manufacture, quality assurance, and upkeep. By automating procedures like production planning, quality control inspections, and mix design optimization, IOT algorithms have greatly increased productivity. As a result, projects have been completed more quickly, with lower expenses and more productivity. By analyzing huge volumes of data to find flaws, irregularities, and variances in concrete manufacturing, artificial intelligence has also improved quality control in the concrete sector.

VI. CHALLENGES AND LIMITATIONS

A. Data AvIOTlabilty and Quality

Data avIOTlability and quality in concrete mix design pose several challenges and limitations that must be overcome to ensure accurate and reliable outcomes. Limited data avIOTlability, especially for niche applications or specific regions, can restrict the robustness and representativeness of mix designs. Additionally, inherent variability in concrete materials, such as aggregates and admixtures, adds complexity to data analysis and model development. Biases in avIOTlable data, whether due to supplier preferences or skewed sampling, can introduce in accuracies and impact the fIOTrness of mix designs.

Ensuring data accuracy and completeness is crucial, as inaccuracies, missing values, or incomplete records can lead to unreliable results. Furthermore, data relevance, considering factors like material properties, environmental conditions, and construction practices, is essential to develop mix designs that align with project requirements. Addressing these challenges requires collaborative efforts among researchers, practitioners, and data providers to improve data collection, standardize testing procedures, and promote data sharing. Establishing comprehensive data management practices, including validation and verification processes, helps enhance data quality.

Additionally, investing in research and development to generate more diverse and extensive data sets can contribute to overcoming the limitations of data avIOTlability and quality in concrete mix design.

B. Interpretability and ExplIOTn ability of IOT Models

Interpretability and explIOTn ability of IOT models in concrete mix design pose challenges and limitations that need to be addressed to ensure transparency and confidence in their use .The complexity of model structures, particularly in deep learning algorithms, makes it difficult to interpret and understand the decision-making process. The black box nature of some IOT models further compounds the issue, as the irinternal workings are not easily explIOTnable to humans. Moreover, the reliance of IOT models on data-driven decisions can introduce biases and inaccuracies if the underlying data is flawed. This challenges the ability to explIOTn or justify the predictions made by the models. Additionally, the lack of standardized metrics for concrete mix design further complicates the interpretation and explanation of IOT model outputs.

To over come these challenges, efforts should be made to develop methods and techniques that enhance the interpretability and explIOTnability of IOT models. This can involve utilizing simpler model architectures, incorporating rule-based systems alongside IOT models, and employing techniques such as sensitivity analysis and feature importance ranking. Standardizing evaluation metrics and establishing guidelines for transparency and interpretability can also promote better understanding and acceptance of IOT models in concrete mix design.

VI. Conclusions

A. Summary of Key Findings

The discussions on IOT in concrete mix design and quality control reveal several key findings. IOT brings significant advantages to the field, including improved accuracy, efficiency, and cost savings. It enables optimised mix designs, prediction of concrete properties, and enhanced durability assessment. Various IOT models, such as supervised and unsupervised learning algorithms, reinforcement learning, and deep learning techniques, have been successfully applied in concrete applications.

However, integrating IOT with existing practices faces challenges. Resistance to change, data avIOTlability and quality, interpretability, and compatibility with current processes are major hurdles. Overcoming these challenges requires effective communication, data transformation, explIOTnable IOT techniques, validation procedures, and trIOTning. IOT plays a crucial role in quality control and assurance by analyzing sensor data, detecting defects, and improving overall quality management processes. It also IOTds in predicting concrete properties and assessing and enhancing durability. The use of IOT in concrete mix design and quality control improves efficiency, accuracy, sustIOTnability, and resource utilization.

References

1. Darko,A.P.Chan,M.A.Adabre,D.J.Edwards,M.R.Hosseini,and E.E. Ameyaw, "Artificial intelligence in the AEC industry:Scientometricanalysisandvisualizationofresearchactivities,"Automation in Construction, vol. 112, pp. 103081, 2020.

2. R.Liu, B.Yang, E.Zio and X.Chen, "Artificial intelligence for fault diag nosisofrotatingmachinery:Areview,"MechanicalSystemsandSignal Processing, vol. 108, pp. 33-47, 2018.

3. Y.K. Dwivedi, L. Hughes, E. Ismagilova, G. Aarts, C. Coombs, T.Crick, et al., "Artificial Intelligence (IOT): Multidisciplinaryperspectivesonemergingchallenges,opportunities,andagendaforresearch,practiceandpolicy,"InternationalJournalofInformationManagement, vol. 57, pp. 101994, 2021.

4. A.Sircar,K.Yadav,K.Rayavarapu,N.Bist,andH.Oza,"Applicationof machine learning and artificial intelligence in oil and gas industry,"Petroleum Research, vol. 6, no. 4, pp. 379-391, 2021.

5.S.Mao,B.Wang,Y.Tang,andF.Qian,"Opportunitiesandchallengesof artificial intelligence for green manufacturing in the processindustry," Engineering, vol. 5, no. 6, pp. 995-1002, 2019.

6. C.X.Wang,M.DiRenzo,S.Stanczak,S.Wang,andE.G.Larsson,"Artificial intelligence enabled wireless networking for 5G andbeyond: Recent advances and future challenges," IEEE WirelessCommunications, vol. 27, no. 1, pp. 16-23, 2020.

7. R.S.Peres, X. Jia, J. Lee, K. Sun, A.W. Colombo, and J. Barata,"Industrialartificialintelligenceinindustry4.0-systematicreview,challengesandoutlook,"IEEEAccess,vol.8,pp.220121-220139,2020.

8.D.Shin,"TheeffectsofexplIOTnabilityandcausabilityonperception,trust,andacceptance:ImplicationsforexplIOTnableIOT,"InternationalJournal of Human-Computer Studies, vol. 146, pp. 102551, 2021.

9.S. Albahri, A.M. DuhIOTm, M.A. Fadhel, A. Alnoor, N.S. Baqer, L.AlzubIOTdi,etal.,"Asystematicreviewoftrustworthyandexplainableartificial intelligence in healthcare: Assessment of quality, bias risk,and data fusion," Information Fusion, vol. 0, no. 0, pp. 1-14, 2023.

10.K.W.Day,J.Aldred,andB.Hudson,"Concretemixdesign,qualitycontrol and specification," CRC press, 2013.

11.C. Zhang, V.N. Nerella, A. Krishna, S. Wang, Y. Zhang, V.Mechtcherine,andN.Banthia,"Mixdesignconceptsfor3Dprintableconcrete:A review,"CementandConcrete Composites, vol.122,pp.104155,2021.

12.J.S. Chou and A.D. Pham, "Enhanced artificial intelligence forensemble approach to predicting high-performance concretecompressivestrength,"ConstructionandBuildingMaterials,vol.49,

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

PAPER ON 3D PRINTING TECHNOLOGY AND ITS POTENTIAL FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Assistant Professor N.G. Kalyani Reddy
Civil Engineering, G Pulla Reddy Engineering College, (Autonomous)
Andhra University, PHD-Scholar, Department of Geo-engineering
ORCID: 0000-0003-1651-6696

Peddada Jagadeeswara rao
Andhra University, HOD , Professor, Department of Geo-engineering

Dr.Victor Babu Neela
Andhra University,Professor, Department of Geo-engineering

Abstract
The construction industry, which has historically been labor-intensive and low-productivity, is undergoing a technological revolution. The most promising of these developments is 3D printing, which has the ability to automate building procedures, cut down on material waste, expedite project schedules, and lessen the dangers connected with manual labor. This paper investigates the revolutionary potential of large-scale 3D printing in the building industry, looking at recent developments, possible future directions, and intrinsic constraints. It also evaluates how the market for construction labor would be affected by the further deployment of 3D printing. Our results demonstrate the potential of 3D printing to drastically reduce the demand for manual labor, thereby alleviating labor shortages, especially in nations that depend heavily on immigrant labor. Its efficacy, however, can differ in areas where manual labor is still common and labor costs are competitive. Building a specialized workforce with knowledge of this cutting-edge technology is essential to integrating 3D printing in the construction industry. To sum up, this study highlights how 3D printing is revolutionizing the construction business by reducing labor dependency, increasing efficiency, and providing answers to industry problems. Maximizing the benefits of 3D printing requires adjusting its adoption to local labor dynamics and workforce up skilling. Adopting 3D printing becomes increasingly important as the building sector develops, helping to shape its future.
Keywords: 3D Printing, Labour, Cost, time, waste, Building information modeling

1. Introduction

In recent years, 3D printing also known as additive manufacturing has emerged as a revolutionary technology that is reshaping multiple industries, from healthcare and aerospace to automotive and consumer goods. Its ability to fabricate complex structures directly from digital models using layer-by-layer material deposition has opened new doors for innovation and efficiency. Among the most promising and transformative applications of this technology lies in the field of construction, where traditional methods are often labor-intensive, time-consuming, and material-wasteful.

The construction industry, which has historically been slow to adopt digital technologies, is now witnessing a paradigm shift through the integration of 3D printing. This technology offers the potential to automate building processes, significantly reduce construction time and costs, and improve design flexibility. With the use of materials such as concrete, polymers, and even sustainable alternatives like recycled waste, 3D printing allows for the creation of complex architectural forms and structural components that were previously [1] difficult or costly to produce.

A key advantage of 3D printing in construction is its ability to support sustainable practices. By minimizing material waste, optimizing resource use, and enabling the use of eco-friendly materials, it aligns well with global efforts to reduce the environmental impact of the built environment. Additionally, its application in building affordable housing, especially in disaster-prone or underserved regions, has demonstrated its potential for social impact and humanitarian development.

However, despite these promising advancements, 3D printing in construction is still in its developmental stage and faces several challenges. Issues such as scalability, regulatory approval, long-term durability, and integration with existing construction standards need to be addressed. Moreover, the high initial investment, lack of skilled professionals, and limited availability of printable construction materials are current barriers to widespread adoption.

This review aims to explore the current state of 3D printing [9] technology in the construction sector, examining its working principles, recent developments, key benefits, limitations, and future prospects. By providing a comprehensive overview, the paper seeks to evaluate how 3D printing can potentially revolutionize the construction industry and what steps are necessary to move it from experimental to mainstream practice.

2. Introduction to 3D Printing Techniques and Machines

3D printing technology, also known as additive manufacturing, builds objects layer by layer from digital models. The technology encompasses a variety of techniques and machines that vary based on materials, resolution, and end-use applications. While some methods are tailored for precision and detail, others are optimized for strength, speed, or scalability—especially in industries like construction.

a. Fused Deposition Modeling (FDM)

Fused Deposition Modeling is one of the most widely used 3D printing techniques. It works by extruding a thermoplastic filament through a heated nozzle that moves in X, Y, and Z directions, depositing material layer by layer. FDM is popular due to its simplicity and affordability. While it's primarily used for plastic prototypes and small parts, larger FDM machines are now being adapted for construction applications using concrete or other paste-like materials.

b. Stereolithography (SLA)

Stereolithography is a technique that uses a UV laser [10] to cure liquid photopolymer resin into hardened plastic. This process is known for its high resolution and smooth surface finishes, making it ideal for intricate prototypes and medical models. Although not commonly used in construction due to material limitations, SLA sets the benchmark for precision in 3D printing.

c. Selective Laser Sintering (SLS) and Selective Laser Melting (SLM)

SLS and SLM are powder-based techniques where a laser fuses or melts powdered materials such as nylon, metal, or ceramic layer by layer. SLS is used for polymers, while SLM is suitable for metalsp [2]. These technologies are widely used in aerospace and automotive sectors and have potential for producing custom construction parts like steel joints and support structures.

d. Contour Crafting

Contour Crafting is a specialized 3D printing technique developed for construction. It uses a robotic arm with a nozzle to extrude a concrete-like material to form walls and structural components. The method is fast, reduces labor requirements, and is suitable for building large-scale structures such as homes or emergency shelters. Contour Crafting is considered one of the most promising methods for 3D-printed buildings.

e. Concrete 3D Printing (C3DP)

Concrete 3D printing is a broader term that refers to various methods using concrete-based mixtures as the printing material [3]. These machines often involve gantry-style or robotic arm-based printers. The success of projects like Apis Cor and COBOD's BOD2 printer shows the potential of this technique to revolutionize construction through speed, cost-efficiency, and minimal waste.

f. Binder Jetting

Binder Jetting involves depositing a liquid binder onto a powder bed, which bonds the material layer by layer. Once complete, the unbound powder is removed, and the object is post-processed. Although typically used in ceramics and metal parts, experimental research is being done on applying binder jetting to construction using geopolymer or gypsum-based materials.

g. Robotic Arm-Based Printing Systems

Robotic arms are increasingly being integrated into 3D printing systems for construction. These allow for flexible, multi-directional movement, enabling the creation of complex, curved, or non-orthogonal structures. They can be mounted on mobile platforms, allowing on-site printing in varied environments and making them ideal for projects like modular housing and emergency shelters.

h. Gantry-Based Printing Systems

Gantry systems consist of rails or frames that support the movement of the print head in X, Y, and Z directions. These systems are ideal for printing large-scale structures such as walls, bridges, and buildings. Machines like the WASP Crane and COBOD BOD2 use this design to build structures up to several meters tall, with high precision and consistency.

i. Future Directions and Integration

The evolution of 3D printing machines is moving toward more intelligent, automated systems that integrate robotics, AI, and IoT for better control, monitoring, and quality assurance. Hybrid machines that combine additive and subtractive techniques (e.g., printing and milling) are also gaining interest. As materials science advances, machines will become more adaptable, scalable, and suited for diverse construction applications.

The construction sector recognizes that the continual growth of the global population necessitates ongoing development. By the year 2050, it is projected that there will be 9.7 billion individuals on our planet, increasing at an annual rate of 0.84% from 2010 to 2050. 3-D printing (3DP) is an automated additive manufacturing method that utilizes a gantry system or robotic arm printer to layer concrete in succession. This technique provides architectural versatility by enabling limitless geometric configurations of printed elements or walls. The printing system includes a nozzle connected to a gantry or robotic arm, and the material used is concrete.

A specialized mix containing various admixtures must ensure that each layer sets quickly while remaining workable and not curing too rapidly to bond appropriately with the subsequent layer.layer.Although 3-D printing technology remains in its infancy, it is becoming increasingly popular because of its benefits, such as minimized waste production, lower construction expenses, enhanced worker safety, shorter construction periods, sustainability, and reduced building time. The majority of materials used in 3-D printing consist of cementitious, synthetic material, and metallic parts.D-shape, Contour crafting (CC), shotcreteAdditive manufacturing and concrete fabrication are both vital methodsfor large-scale structural 3DP.

Contour crafting (CC) is a gantry-driven technique that deposits material in layers. The utilisationof trowels connected to the nozzle is a crucial element of CC. The trowel guides the printed substance to form exceptionally smooth and accurate surfaces. Typically, high-performance concrete is utilized for concrete printing. This technique allows for greater geometric control. Charles Hull developed the initial 3D printer designed for concrete production.

Selective solidification (SLA) converts a container of liquid into a solid object by strategically applying energy to solidify the liquid layer by layer. Another type of 3D printing is the D-shape, created by Enrico Diniin 2005. The powder utilized in the D-shape method is solidified through a binder, typically a resin that works with the powder bed. Prior to introducing the binder to the areas intended for cementation, the chosen powder material is initially layered to the necessary thickness. The 3D-printed item is removed from the powder or sand base.

3DP technology is advancing. It has turned into a more recognized option for home building. 3D printed homes are created through a construction method that utilizes a large-scale 3D printer. This innovation allows for quick, effective, and eco-friendly building by usingcomputerisedplans to form a structured layer by layer utilizing materials like concrete, polymers, and various composites. While technology removes labour costs and resource wastage and accelerates building, 3D-printed homes are frequently more cost-effective than conventional construction methods as shown in Figure 1.

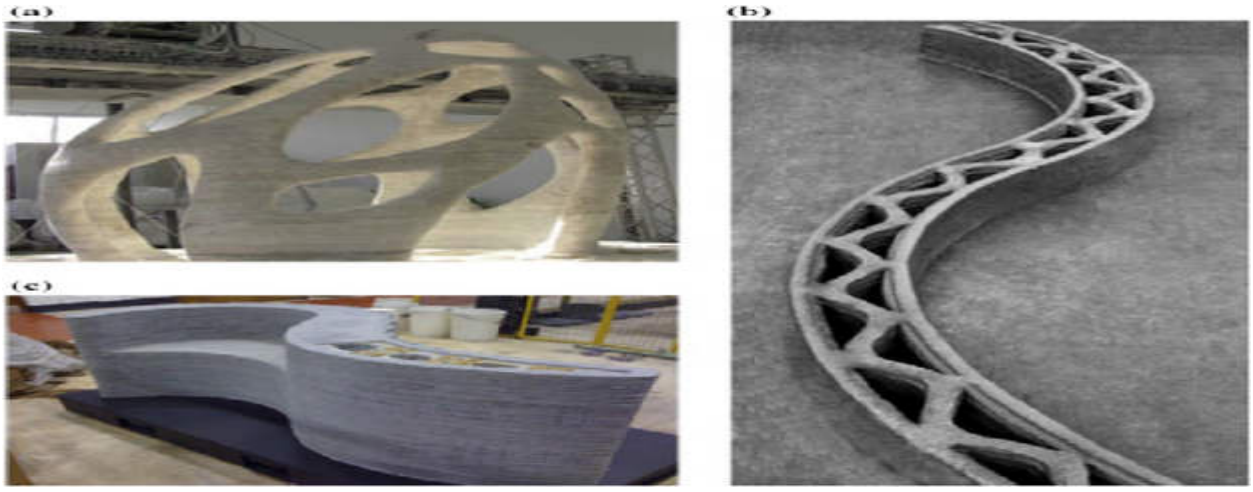


Figure 1: a) D-shape, b) contour crafting, and c) concrete printing

Additionally, since 3D-printed residences can be produced quickly and accurately, the standard of these homes is often superior to that achieved by conventional methods. As it complies with the same construction regulations and safety standards as typical houses, 3D-printed housing is just as secure.

Moreover, since 3D printers can be customized to create homes with particular safety elements, such as strengthened walls and roofs, they are often more secure than traditional residences. Due to the automated building process, which requires less manual labor, labour, 3D-printed residences can be produced much faster than traditional homes. A 3D-printed [8] dwelling can be assembled in several days or weeks, depending on the size of the house and the complexity of the design. 3D-printed housing can lead to cost savings by minimizing labour costs and material loss while accelerating the building process. In addition, 3D printers might be aimed at building homes with high accuracy, eliminating the requirement for expensive repairs or restorations.

Despite the numerous advantages of 3D printing, there are certain issues that persist. For instance, considerable ambiguity remains regarding the concrete composition and its components, which increases the overall expenses of the project. The expense of concrete materials for 3DP is nearly twice as highthat of conventional construction. Additionally, printers differ in cost depending on the levels of flexibility and dimensions. Conversely, robotic arm printers tend to be pricier than Gantry printers. It is designed to produce entire structures instead of separate structural components. 3DP is expected to revolutionize the construction industry, with ongoing researchfocussing on this field. However, the market is currently looking for more reliable solutions for 3DP. Consequently, the aim of this research is to examine and differentiate.

3. Design procedure for cementations substance and the qualities required for 3D printing

The printing substrate should be chosen thoughtfully, taking into account both the characteristics of the material (during both the fresh and cured phases) and the printing settings (printing velocity, nozzle dimensions, shape, size of elements, extrusion force, etc.). For 3D printing, cementations materials generally require to be liquid, moldable, extrudable, constructible, possess adequate setting time, maintain dimensional stability (minimal shrinkage), and exhibit a defined degree of mechanical strength for structural applications. To enhance printing quality, the concrete mixture utilized in 3DP underwent five assessments: extrudability, flowability, setting time, buildability, reduction and compressive strength. Utilizing traditional cementitious materials derived from OPC may be evaluated throughout the 3D printing procedure. Subsequently, these materials can be modified through the incorporation of different raw substances, including natural or reclaimed fine aggregates, fillers, and admixtures (such as accelerators or retarders, viscosity enhancers, super plasticisers), supplementary cementitious materials (SCM) and fibres. A few of the most frequently utilized SCMs in 3D printing are metakaolin, silica fume or micro-silica, crushed granulated blast-furnace slag, and fly ash. In cement blends, especially while they remain fresh, other materials that are commonlyutilisedas property modifiers comprise the subsequent: A few of the elements utilized in the production of limestone consist of limestone, superplasticiser admixtures, accelerator additives, retardant additives, viscosity-enhancing additives,fibres, and aggregates.

4. The background of 3D printing in building, along with recent developments

Charles Hull, credited with the invention of 3D printing, developed the inaugural commercial 3D printing device in 1986 [9]. When Pegnare commended incorporating 3D printing with cementitious materials in the late 1990s, which marked the beginning of its practical application in the construction industry. Dr. Behrokh Khoshnevis introduced 3D printing to the construction industry in 1995. Dr. Khoshnevis used stereolithographyto create three-dimensional ceramic pieces.

Subsequently, in 2001, Dr.Khoshnevis utiliseda robotic arm-equipped FDM 3D printer for constructing a wall. In 2008, a university in England created robotic 3D printers that accurately dispense concrete in a designated sequence.

5. 3D printed Structures

In January 2019, a team from the School of Architecture at Tsinghua University constructed the world's longest 3D-printed concrete bridge in Shanghai, measuring 86 feet in length. Tsinghua University reported that the bridge was completed in 450 hours and was approximately one-third cheaper than a traditional bridge. MX3D, a startup from Amsterdam, designed a stainless steel bridge. After its public [7] unveiling in 2018, the bridge is currently undergoing testing and has sensors installed before being positioned across a canal in Amsterdam. The first post office utilizing 3D printing in India was established in Bangalore.



Figure 2: Printed canal, Foot bridge, Post office

6. Design techniques

In order for 3D printing to function, a 3D model is essential. Construction Information Modelling(BIM) is the most commonly utilized software platform within the construction sector. The optimization of project lifecycle processes through the use of information and communication technologies to develop safer, more efficient, and more productive projects is referred to as BIM. The design of the structure is achieved using the programme, and expenses along with resources are incorporated to create effective project management. The programmeis already created for design purposes in traditional construction projects. The most commonly used file format is STL, orstereo lithography, after the original 3D printing technique. The essential value judgementsfor developing more sustainable infrastructure could be assisted through the use of BIM. Bentley Systems and Autodesk Revit are two BIM applications programmes utilized in the building industry. The mechanical characteristics and Concrete framework, including density and compressive strength, need to be outlined and integrated into the BIM model for BIM to be utilised in 3D-printed construction projects.

Embracing BIM technology in 3D printing offers numerous benefits, including enhanced production, effectiveness, and standards, along with reduced time and decreased costs. Enhanced expense predictions, more energy-saving design alternatives, Fewer design alignment errors, and quicker production cycle times are other benefits.



Figure 3: 3D printing buiding in BIM and live

7. Comparison of costs and time between conventional construction and 3D printing

Standard construction leads to a significant amount of waste. The amount of construction debris generated ranges from 17.8 to 40.1 kg/m2. Conversely, in a new in-situ reinforced concrete construction project, the costs for formwork represent the greatest financial expenditure. This single expense accounts for over 60% of the total cost, with materials for formwork making up 10% and labor for formwork comprising the remaining 50%. Additionally, the time spent on formwork preparation represents between fifty percent to seventy percent of the overall construction duration in in-situ reinforced concrete buildings. The duration needed for formwork setup also causes an extra financial loss due to delays in revenue generation and the start of project investments. 7.3D printing is a more secure option compared to conventional building methods. Construction worker injuries have risen considerably due to concrete formwork tasks, constituting twice the number of incidents compared to accidents in other fields. As construction employees receive approximately double the compensation for accidents compared to workers in other industries, this research focuses particularly on an additional construction expense. Engineers are being driven to utilize innovative technologies such as 3D concrete printing (3DCP) to produce more cost-effective, faster [4], safer, and eco-friendly construction options due to the limitations of concrete formwork systems. As a result, there is a reduction in the number of trees felled for timber formwork, along with decreased post-construction waste from both utilized and unused formwork moulds, the absence of formwork significantly detrimentally affects sustainability. Additionally, as mentioned earlier, the absence of formwork results in savings of both resources and time during the building process. Beyond decreasing the number of workers needed, 3DCP improves the well-being and safety of laborers on site, especially in complex locations.



Figure 4: Traditional and Modern construction

8. Benefits of 3D printed Technology

The advantages of 3DP include affordability, reduced time, and eco-friendliness,customizable, increased efficiency and safer in comparison to the conventional construction method.

a) Cost Housing Solutions

The nation possesses a large populace, and the demand for housing is rising each year. Internet-based 3D printing solutions allow for the swift and effective construction of residences, reducing both expenses and construction duration.

b) Reduced Construction Time

In contrast to conventional construction methods, 3D printing allows for the quick and effective production of homes, which can be constructed in a matter of days or weeks.

c) Environmentally friendly and sustainable

In comparison to conventional construction techniques, 3D-printed homes [6] represent a more eco-friendly and sustainable option. This method allows for the efficient utilization of materials, minimizes waste, and lowers construction expenses. 3D printing structures can utilize eco-friendly resources such as recycled plastics and biodegradable substances, decreasing the ecological footprint of the construction process.

d) Customisable and one-of-a-kind designs

3D printing in building construction allows for the creation of distinctive and customized structures that cannot be realized using conventional building methods. 3DP is a notablent advantage in a market with a growing desire for distinctive and personalized homes. Through 3D-printed dwellings, property owners can choose from a range of styles, materials, and features to craft customized residences that reflect their individual preferences and aesthetics.

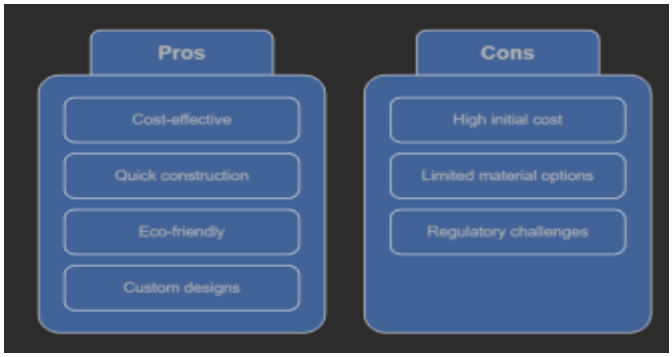


Figure 5: Features of 3D building

9. 3D Printed Housing's Challenges

Although 3D-printed homes offer various advantages, certain issues need to be addressed. Challenges include regulatory matters, societal perceptions, and costs associated with technology.

a) Regulatory Concerns

One of the major challenges for 3D-printed homes in India is the lack of established norms and regulations for its application in construction. The government has not provided explicit standards for 3D printing technology in residential buildings, leading to confusion and reluctance among construction companies and investors. This ambiguity has hindered the progress and acceptance of 3D printing solutions in the housing sector.

b) Public Perception

Another obstacle to 3D-printed homes is the public perception of the technology. Numerous people are unfamiliar with 3D printing and might be scepticalof its ability to build durable, secure, and high-quality residences. This deficiency in understanding and knowledge has led to diminished interest and funding in 3D-printed homes, hindering its progress and implementation.

c) The Price of Technology

Cost of 3D printing services Anothera significant barrier for 3D printed residences in India is Chennai. The expense associated with 3D printers, resources, and upkeep can be prohibitively high, posing challenges to many construction firms and investors when considering this technology.

d) A shortage of skilled labour

Another obstacle to 3D-printed houses is a lack of skilled labour. Due to the recent emergence of the technology, there is a lack of qualified individuals trained in the use and upkeep of 3D printers. As a result of the deficiency of competent labour, the progression and execution of 3D-printed residences have come to a standstill, rendering the production of homes more difficult utilizing this technology.

10. Recommendation for 3D printing

With the rapid progress of technology and the increasing need for affordable housing, the 3D-printed home has surfaced as a practical alternative. Nevertheless, several challenges need to be addressed before this technology can be effectively implemented in the housing sector. Below are some suggestions for tackling these challenges and maximizing the advantages of 3D-printed homes. Figure 7 illustrates the recommendation.of 3DP to address obstacles.

i) Create Clear Regulations and Guidelines

The initial phase in implementing 3D-printed homes involves establishing explicit guidelines and standards for their utilization. The government needs to offer a defined framework illustrating the advantages of 3D printing in residential construction, encompassing limitations on building regulations, safety criteria, and environmental impacts. This will provide a transparent and consistent foundation for the development and deployment of 3D-printed residences.

ii) Awareness to citizen

An additional vital measure in creating 3D-printed homes involves informing the public about the advantages of this technology. This can be achieved via public awareness initiatives, workshops, and training sessions. Programmes to enhance understanding [5] and acceptance of homes created with 3D printing. This will help in addressing any scepticismor skepticism regarding this technology and establish the foundation for its advancement and implementation.

iii) Allocate resources to technology

Investing in 3D printing represents another vital measure in bringing 3D-printed homes to fruition. This could involve allocating funds for R&D and obtaining top-notch 3D printers and materials. By investing in technology, construction firms and investors can guarantee they are utilizing the latest and most effective methods to create high-quality dwellings.

iv) Contemplate the Expenses of Technology

The elevated expenses associated with 3D printing services present a major barrier to their widespread utilization. To tackle this challenge, construction companies and financiers ought to explore different funding options, such as leasing or collaboratively using 3D printers, to reduce the initial costs of this technology. In order tominimisethe total expense of 3D-printed homes, companies should also aim to develop affordable materials and methods for producing top-notch residences.



Figure 6: 3D Printing

v) Educate Workers

Another essential phase in implementing 3D printed housing is to educate personnel in the operation and upkeep of 3D printers. This will help in addressing the skilled labour shortage and making sure that technology is utilized appropriately and effectively. Businesses ought to partake in training programmes, internships, and various workforce enhancement initiatives to secure a foundation of skilled individuals to assist in the rollout of 3D-constructed homes.

vi) Promote Technology

Ultimately, to fully reap the advantages of 3D-printed houses, businesses and investors need to adopt innovative approaches and welcome fresh concepts and practices. This could include trying out new materials, designs, and construction techniques, alongside exploring improved ways to produce homes more efficiently and affordably. By fostering innovation and empowering individuals, companies and investors can support the progress and integration of 3D-printed housing. cheap, effective and eco-friendly housing options.

11. Future scope and limitations

3DCP structures hold great potential as they are capable of managing extensive constructions while also being simple to assemble and transport. The materials intended forutilized, nonetheless, are undoubtedly the primary obstacle to the implementation of 3D printing in construction. This challenge arises from the characteristics of conventionally constructed edifices, which necessitate reinforced concrete, and the capacity of 3D printing to integrate these reinforcements during the process. Certain design challenges can be addressed by adopting innovative concepts. One approach to the omission of building services, for instance, is to integrate MEP openings into the design and functionality of 3D printer prototypes.

12. Conclusion

The study thoroughly examines the current literature concerning 3D printing in construction, covering a wide range of technical and managerial considerations. It fills the voids identified in similar review articles, providing a more inclusive perspective on the topic. The combination of 3D printing with Industry 4.0 technologies has the potential to bring about a new age of efficiency and sustainability within the construction sector.

Although significant progress in 3D printing technology has been reported in the literature, it is evident that 3D printing within the construction sector is still in its early phases. A considerable path lies ahead before it realizes its complete capacity and attains broad acceptance. Continuous investigation in multiple fields, such as robotics and materials, is actively advancing.

A paramount challenge lies in adjusting robotic technology to meet the requirements of substantial construction endeavors, including residential buildings and lofty skyscrapers. Traditional robotic systems are built for smaller work areas, requiring an adaptation to bigger and more spacious settings.

Additionally, the pursuit of optimal material characteristics for 3D printing persists, with the majority of current studies mainly concentrating on identifying the constraints of 3D printers. Nonetheless, there is an urgent requirement for additional research to synchronize with design and durability standards while also expanding the potential of 3D printing technology.

The slow uptake of 3D printing in the construction sector can largely be linked to the limitations of 3D printer technology, worries about the quality of the final product, and the complex characteristics of the construction procedure. As the industry overcomes these hurdles, it opens the door for greater acceptance and incorporation of 3D printing, ultimately transforming the construction landscape in the years to come.

References

1. Tian, Y., Chen, C. X., Xu, X., Wang, J., Hou, X., Li, K., Lu, X., Shi, H. Y., Lee, E. S., & Jiang, H. B. (2021). A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. In *Scanning* (Vol. 2021). https://doi.org/10.1155/2021/9950131

2. Iftekar, S. F., Aabid, A., Amir, A., & Baig, M. (2023). Advancements and Limitations in 3D Printing Materials and Technologies: A Critical Review. In *Polymers* (Vol. 15, Issue 11). https://doi.org/10.3390/polym15112519

3. Remaggi, G., Zaccarelli, A., & Elviri, L. (2022). 3D Printing Technologies in Biosensors Production: Recent Developments. In *Chemosensors* (Vol. 10, Issue 2). https://doi.org/10.3390/chemosensors10020065

4. Samiei, N. (2020). Recent trends on applications of 3D printing technology on the design and manufacture of pharmaceutical oral formulation: a mini review. In *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences* (Vol. 9, Issue 1). https://doi.org/10.1186/s43088-020-00040-4

5. Melnyk, L. A., & Oyewumi, M. O. (2021). Integration of 3D printing technology in pharmaceutical compounding: Progress, prospects, and challenges. In *Annals of 3D Printed Medicine* (Vol. 4). https://doi.org/10.1016/j.stlm.2021.100035

6. Choo, Y. J., Boudier-Revéret, M., & Chang, M. C. (2020). 3D printing technology applied to orthosis manufacturing: Narrative review. In *Annals of Palliative Medicine* (Vol. 9, Issue 6). https://doi.org/10.21037/apm-20-1185

7. Sun, D., Lu, Y., & Karaki, T. (2023). Review of the applications of 3D printing technology in the field of piezoelectric ceramics. In *Resources Chemicals and Materials* (Vol. 2, Issue 2). https://doi.org/10.1016/j.recm.2023.02.001

8. Gong, F., Cheng, X., Wang, Q., Chen, Y., You, Z., & Liu, Y. (2023). A Review on the Application of 3D Printing Technology in Pavement Maintenance. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 7). https://doi.org/10.3390/su15076237

9. Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*, *35*. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089

10. Wang, S., Chen, X., Han, X., Hong, X., Li, X., Zhang, H., Li, M., Wang, Z., & Zheng, A. (2023). A Review of 3D Printing Technology in Pharmaceutics: Technology and Applications, Now and Future. In *Pharmaceutics* (Vol. 15, Issue 2). https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15020416

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

CROSS-DISCIPLINARY APPROACHES: INTEGRATING MATHEMATICAL LOGIC INTO DESIGN STUDIOS.

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University
LACOMOFA Biskra laboratory

Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University

Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University

Abstract
Discussing findings of the study the author finds the integration of mathematical logic into design studios as a way to enhance the creative and analytical problem solving process in the study of design, this is an area of pedagogy that is too often ignored or neglected. The study applied a mixed-methods design and used qualitative techniques in the form of interviews and surveys of design students and educators and quantitative evaluation of design products of studios using cross-disciplinary techniques. The results show that the mathematical logic influences students in developing high performance in conducting their problem solving as well as their creativity in carrying out their designs which translates into more productive and innovative solutions. These observations advise the significance of introducing mathematical reasoning in the design courses, especially in the design-related fields in the healthcare sector; the design choices can have great implications in patient outcomes and system performance. Through its efforts toward developing a curriculum that is more cross-disciplinary in nature, the present study demonstrates how design education can be made better going forward, in that not only is the cross-disciplinary issue in healthcare addressed, but also in how it can make future practitioners more adept in exploring complex and multifaceted problems in healthcare with a higher degree of analytical acumen at their disposal. These findings have relevance beyond academics and indicate that it is possible that the decision to incorporate mathematical reasoning might institute revolutionary changes in design practice (even in the real world), which would eventually lead to improved health care through a more comprehensive and successful approach to design.
Keywords: Cross-Disciplinary Design; STEM in Architecture; Design Studio Pedagogy; Design Thinking and Mathematics; Architectural Education Innovation.

.

CITY AS GALLERY: BLENDING URBAN INFRASTRUCTURE WITH ARTISTIC INTERVENTION.

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University
LACOMOFA Biskra laboratory

Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University

Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University

Abstract
This is research to explore how artistic interventions can be integrated into urban infrastructure, and it assumes that such efforts will help to re-define the terms of use in urban spaces as the gallery promoting community interaction and the expression of culture. In particular, it deals with the way these artistic contributions affect the aesthetics of cities, social solidarity and people attitude toward space. Using the methods of qualitative data collection, such as surveys, interviews, and case studies of the already existing projects of urban art, the study shows that artistic interventions can greatly improve the aesthetic quality of the urban setting, make the people living in it feel a part of it, and give them an idea to cooperate in community projects. The results indicate that there is a significant relationship between art-decorated parks and enhanced mental health that implies art-decorated environments can reduce stresses and lead to positive health outcomes of communities. The study emphasizes the role of interdisciplinary methods, associating urban design with the issues of public health, since it shows that aesthetic improvement of the city through art can also be seen as a part of improving the lives of societies. The findings in the research have an implication in urban planning and public health policy where they suggest the stakeholders to work on the artistic interventions as a way of creating healthier communities. In the end, this piece proposes a new vision where cities are not only perceived as a mere functional infrastructure but an active place of cultural exchange, and where cities could potentially generate significant gains in the context of healthcare paradigms by re-centrecising social belonging and environmental enhancement.
Keywords: Urban Art; Public Space Design; City as Gallery; Street Art and Architecture; Creative Placemaking.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

KİŞİSEL GÜVENLİK İÇİN BİR ÖNERİ: ÖLÇ VE ÖNLEM AL

Aslıhan HASTAOĞLU
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0000-9525-7092

Hidayet TAKÇI
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-4448-4284

Özet
Kurumsal bilgi güvenliği konusunda bilgi güvenliği yönetim sistemleri gibi uygulamalar bulunmakla birlikte kişisel bilgi güvenliği konusunda henüz sistematik uygulamalar bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı kişisel bilgi güvenliğini sağlamak için kurumsal bilgi güvenliği yapısına benzer bir uygulama önerisi ortaya koymaktır.
Çalışmanın başında bireysel bilgi varlıkları tespit edilerek bir dökümü oluşturulacaktır. Devamında her bir bilgi varlığı için risk değerlendirmesi yapılarak bilgi varlıkları risk durumuna göre sıralanacaktır. Daha riskli olan bilgi varlıkları ortaya çıktıktan sonra bilgi varlıklarının güvenliği için varlığa özel bilgi güvenliği eğitimlerine yönlendirme yapılacaktır. Dolayısıyla önerdiğimiz uygulama sayesinde risk değerlendirmesi yapılacak ve risk değerlendirme sonucuna göre farkındalık artırmaya yönelik eğitimlere yönlendirme yapılacaktır. Önerinin çalışma prensibi zafiyet bulunan varlığı tespit et ve zafiyeti ortadan kaldırmak için bilinçlendirme yap şeklindedir.
Anahtar Kelimeler: Bilgi güvenliği; Kişisel bilgi güvenliği; Bilgi güvenliği yönetim sistemi; Varlık; Bilgi varlığı; ISO27001

A SUGGESTION FOR PERSONAL SECURITY: MEASURE AND TAKE PRECAUTIONS

Abstract
While there are applications such as information security management systems for corporate information security, there are not yet systematic applications for personal information security. The purpose of this study is to propose an application similar to the corporate information security structure to ensure personal information security.
The study will begin by identifying individual information assets and creating an inventory. A risk assessment will then be conducted for each information asset, and the assets will be ranked by risk status. Once the riskier information assets are identified, guidance will be provided for asset-specific information security training to ensure the security of these assets. Therefore, the application we recommend will conduct a risk assessment, and based on the risk assessment results, guidance will be provided for awareness-raising training. The working principle of this proposal is to identify the vulnerable asset and raise awareness to eliminate the vulnerability.
Keywords: Information security; Personal information security; Information security management system; Asset; Information asset; ISO27001

1. Giriş
İhtiyaçlar piramidine göre güvenlik ihtiyacı fizyolojik ihtiyaçların hemen ardından gelir (D'Amato and Macchi 2016). Bu nedenle; kurumlar/kişiler sahip oldukları soyut veya somut bütün varlıklarını korumaya çalışırlar.

Sahip olunan varlıklar farklı türlerde ve farklı önem derecelerinde olabilir. En genel sınıflandırmaya göre varlık türleri bilgi varlıkları, destekleyici varlıklar (donanım, yazılım, insan, bina) ve maddi olmayan varlıklar (örneğin marka ve itibar) şeklinde alt gruplara ayrılmıştır (Vaish et al. 2011).

Kurumsal bağlamda bilgi varlıklarını korumak için sıklıkla bilgi güvenliği yönetim sistemi adı verilen bir çerçeveden yararlanılır. Bilgi güvenliği yönetim sistemleri hassas verileri korumak ve riski minimize etmek için ortaya konmuş politika ve işlemlerin bir kümesini içerir (Kazemi 2017). Bilgi güvenliği yönetim sistemlerinin en önemli bileşeni her bir varlığın; adı, kategorisi, sahibi, kullanım amacı, yeri ve benzeri özelliklerle kayıt altına alındığı varlık dökümüdür. Varlık dökümünde yer alan her bir varlık için risk değeri hesap edilir. En kaba yönteme göre varlık değeri ve tehdit olasılığı çarpımından elde edilen risk değerine göre varlıklar riske dayalı olarak gruplara ayrılır (Supaporn et al. 2007). Varlık sınıflandırması olarak bilinen bu adımın çıktısı her bir varlığın, riskini ifade eden bir etiket ile etiketlenmesidir. Bu etiketler varlıklar için alınması gereken güvenlik önlemlerini sunmaktadır. Bir varlık için risk değerlendirilmesi yapılmışsa o varlığın güvenliğini sağlamak amacıyla güvenlik çalışanları tarafından gerekli düzeltmeler yapılarak güvenli bir sistem için çalışmalar yerine getirilir.

ISO27001 bilgi güvenliği yönetim sistemi bilgi varlıklarının güvenliği için belirli aksiyonlar önermez onun yerine dokümantasyon, denetleme, geliştirme ve saldırıları bertaraf etmeyle ilgili öneriler sunar (Beckers et al. 2012). Diğer bilgi güvenliği yönetim sistemleri de benzer şekilde uygulamalar özelinde kurallar sunmaktan uzaktır.

Önceleri hassas veriler yoğun olarak sadece kurumlarda bulunduğu için kurumsal bilgi güvenliği yönetim sistemleri geliştirilmiştir bununla birlikte artık bireyler de kendilerine ait bilişim cihazlarında hassas veriler taşımakta ve onların da güvenliği ihtiyacı artmaktadır. Kurumlarda bilgi güvenliği personeli kurumsal güvenliği sağlarken bireysel kullanımda bu ihtiyacı bireylerin kendileri karşılamak zorundadır. Bu nedenle bireysel bilgi güvenliğini sağlayabilmek için bilgi varlıklarının sahiplerine sahip oldukları varlıkların güvenlik risklerini bildiren ve riskleri minimize eden çözümlere ihtiyaç vardır. Ortaya koyduğumuz öneri kişilerin sahip olduğu bilgi varlıkları konusundaki güvenlik risklerini otomatik şekilde hesap eden ve risk bulunduğunda riski minimize edecek yönlendirmeleri onlara yapacak olan uygulamanın geliştirilmesidir. Bireysel kullanıcıların sahip oldukları varlıklar üzerindeki farkındalıkları anketle ölçülecek ve farkındalıkları yeterli değilse onlara farkındalık artırıcı öneriler sağlanacaktır.

Önerdiğimiz çalışma mevcut çalışmalardan bazı açılardan farklılık göstermektedir.

- Kurumsal değil kişisel kullanımlar için bir döküm sistemi oluşturulacaktır ve bu döküm sistemi kullanıcıdan kullanıcıya farklı olabilecektir,
- Varlık sınıflandırma sonucuna göre kullanıcılar kendilerine uygun eğitim önerilerini alabilecektir,
- Kişisel kullanıcılar kendi varlıklarının güvenliğini kendileri sağlayabileceklerdir.

Yukarıda sayılan yenilikçi özellikler kişilere varlıklarıyla ilgili sorular sorularak adım adım yerine getirilecektir. Kişilere yardımcı olabilmek için onlara kapalı uçlu sorular sorulacak ve cevapları sayesinde geride bir döküm sistemi otomatik kurulacak, risk hesaplama yine otomatik olarak yerine getirilecek ve en sonunda öneri sunulacaktır.

Kullanıcı anketleri yapıldıktan sonra onlara yapılacak öneriler skor tabanlı olarak sunulacaktır. Skor tabanlı yöntemde anket cevaplarından bir puan elde edilerek puan aralıklarına göre öneri getirilecektir.

2. Bilgi Güvenliği

2.1.Bilgi varlıkları

Bilgi varlıkları Cambridge sözlüğüne göre "bir şirket veya kuruluş için değerli olan bir çalışan kaydı, müşteri listesi veya finansal rapor gibi bir bilgi parçasıdır" şeklinde tanımlanmıştır (Int Kyn. 1). Bilgiye sahip olmak işletmelere rakiplerine karşı avantaj sağladığı için bilgi varlıkları işletmelerin genellikle en değerli varlıklarıdır. İşletmelerin iş modelleri, stratejik planları, geçmiş işlem analizleri, sahip oldukları formüller ve yöntemler onlara en büyük değeri katmaktadır.

Bilgi varlıklarını tanımaya yardımcı olacak 10 özelliği aşağıda özetlenmiştir (Int Kyn. 2):

- Bir bilgi varlığı; kuruluşun hedefleriyle ilintili bir belge veya veridir.
- Bir bilgi varlığı; kuruluşun sorunlarını çözmeye odaklanmış bir belge veya veridir.
- Bir bilgi varlığı; tek bir bölüme özel veya kuruma yaygınlaşmış bir belge olabilir.
- Bir bilgi varlığı; kurumsal uygulamaların bir parçası olabileceği gibi ayrı da olabilir.
- Bir bilgi varlığı; kuruma ait bir veri arşivi olabilir.
- Bir bilgi varlığı; paylaşılan bir ağ sürücüsünde aylık olarak güncellenen bir e-tablo kadar basit veya haftalık olarak güncellenen bir geliştirme projesi kadar karmaşık olabilir.
- Bir bilgi varlığı; bilgiden kazançlı olarak yararlanabilecek kişi sayısına göre değer kazanır.
- Bir bilgi varlığı; topladığı bilgi miktarına göre değer kazanan bir belgedir.
- Bir bilgi varlığı; rafine edilmiş verilerin daha fazla değer kazandığı bir belgedir.
- Bir bilgi varlığı; tutarlı ve işbirlikçi bir şekilde çalışan kişilerce tutulur.

Bilgi varlıklarının bir değeri, riski, içeriği ve yaşam döngüsü vardır. Diğer varlıklar gibi bilgi varlıkları için de döküm elde etme, sınıflandırma, etiketleme ve işleme yapılır (Alonge et al. 2020). Bu süreç içerisinde bilgi varlıklarına değer biçme adımı zorlu bir adımdır. Çünkü soyut bir varlık olan bilgi varlığı için risk hesap etmek somut varlıklar için risk hesap etmek kadar kolay değildir. O nedenle bilgi varlıkları için risk hesabında nitel hesaplamalar yapmak daha uygun olacaktır. Bilgi varlıkları dökümünde her bir varlık aşağıdaki özelliklerine göre kayıt altına alınır (Int Kyn. 3):

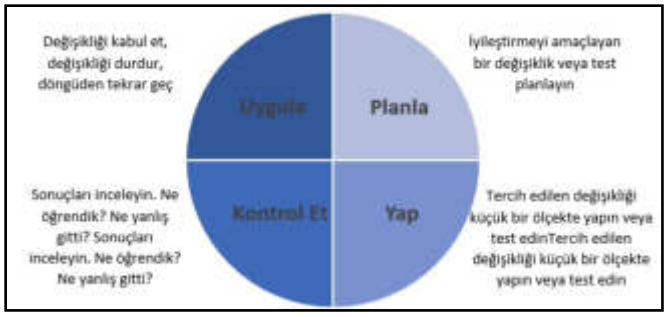
- Varlık adı ve açıklaması: bilgi varlığının adı ve görevi yazılmalıdır.
- Varlık kategorisi: varlığın hangi kategoride (yazılım, donanım, ağ, veri, …) yer aldığı belirtilmelidir.
- Sahip: bilgi varlığının sahibi belirtilmelidir. Kurumsal kullanımlarda bu genellikle işletme sahibidir.
- CIA: bilgi varlığının, gizlilik, bütünlük ve kullanılabilirlik özellikleri tanımlanmalıdır.
- Kişisel veriler: bilgi varlığının kişisel verilerle ilgili olup olmadığı ifade edilmelidir.
- Erişim: Bilgi varlıklarına kimlerin erişim izni olduğu tanımlanmalıdır.

Bilgi varlıkları kâğıt, USB bellek, sabit disk, dizüstü bilgisayar, sunucu, bulut veya yedekleme ünitesi gibi bazı taşıyıcılarda saklanır. Dolayısıyla denkleme bilgi varlıklarını taşıyan ortamlarda katılmalıdır. Bir bilgi varlığı döküm sisteminde temel olarak; kişiler, donanım, çevre, yazılım, veri, ağ ve kuruluş bulunur. Dolayısıyla varlık kategorisi kısmında bilginin bulunduğu grup tarif edilmelidir.

2.2.Bilgi güvenliği ve yönetim sistemleri

Amacı varlıkların bir disiplin içerisinde güvene alınması olan bilgi güvenliği yönetim sistemlerinde; ISO27001, BS7799, PCI-DSS, ITIL ve COBIT gibi ürünler öne çıkmıştır. Bu beş temel ürün içerisinde en çok tercih edilen ikisi ISO27001 ve COBIT olmuştur (Susanto et al. 2011).

ISO 27001 standardı, bir kuruluşta belgelenmiş bir bilgi güvenliği yönetim sisteminin oluşturulması, uygulanması, işletilmesi, izlenmesi, gözden geçirilmesi, sürdürülmesi ve iyileştirilmesi için gereksinimleri ortaya koyar (Avdic 2017). Standart, "Planla-Yap-Kontrol Et-Uygula" modeli (Calder and Watkins 2008) olarak bilinen Şekil 1'deki gibi döngüsel bir model sunmakta, bir kuruluşun bilgi güvenliği yönetim sistemi etkinliğini oluşturmayı, uygulamayı, izlemeyi ve geliştirmeyi amaçlamaktadır (Alfantookh 2009).



Şekil 1. Planla-Yap- Kontrol Et-Uygula döngüsel modeli (Int Kyn. 4).

BS 7799, 1995 yılında İngiliz Standartları Enstitüsü (BSI) Grubu tarafından yayınlanan bir standarttır. Birleşik Krallık Hükümeti Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (DTI) tarafından yazılmıştır ve birkaç bölümden oluşur (Omoyiola 2019). Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi (ISMS) için en iyi uygulamaları içeren ilk bölüm, ISO tarafından ISO17799 koduyla 1998 yılında revize edilmiştir. BS7799'un ikinci kısmı BS 7799-2, bilgi güvenliğine atıfta bulunarak ISMS'nin nasıl uygulanacağına odaklanmıştır. BS7799-2 revize edilerek Kasım 2005'te ISO tarafından ISO 27001 olarak kabul edilmiştir (Sharma and Dash 2012).

PCI-DSS, Ödeme Kartı Sektörü Güvenlik Standartları Konseyi tarafından tanımlanan dünya çapında bir bilgi güvenliği standardıdır. Standart, endüstri kuruluşlarının kart ödemelerini işlemelerine yardımcı olmak ve veriler ve uzlaşmaya maruz kalma konusundaki kontrolleri artırarak kredi kartı sahtekârlığını önlemek için oluşturulmuştur (Seaman 2020). Standart, kart markalarından birinin logosuna sahip herhangi bir karttan kart sahibi bilgilerini tutan, işleyen veya değiştiren tüm kuruluşlar için geçerlidir.

ITIL, Bilgi Teknolojileri Altyapı Kütüphanesi kavramı, İngiliz hükümetinin kendilerine sağlanan Bilgi Teknolojisi (BT) hizmet kalitesi düzeyinin yeterli olmadığını belirlediği 1980'lerde ortaya çıkmıştır (Miller 2017). ITIL, bölümleri güvenliğe odaklanan Bilgi Teknolojisi Hizmetleri Yönetimi (ITSM), BT geliştirme ve BT operasyonları için bir dizi kavram ve uygulamadır.

Bilgi ve ilgili Teknoloji için Kontrol Hedefleri (COBIT), 1996 yılında ISACA ve BT Yönetişim Enstitüsü (ITGI) tarafından oluşturulan bir sertifikadır (De Haes et al. 2020). BT yönetimi için bir dizi uygulama (çerçeve) olduğuna inanıldığından COBIT, yöneticilerin kontrol gereksinimleri, teknik sorunlar, iş riskleri ve güvenlik sorunları arasındaki boşluğu kapatmasına olanak tanıyan bir BT yönetişim çerçevesi ve destek araç takımıdır.

3. Önerilen Yöntem

Bu makalede önerilen çalışma; kişisel bilgi varlıklarının riskini hesap etmek ve bu riskleri ortadan kaldıracak tedbirleri almayı hedeflemektedir. Riskleri minimize etmek için öngördüğümüz yaklaşım kişilerin bilgi güvenliği konusundaki farkındalığının artırılmasıdır. Çünkü bilgi güvenliği yönetim sistemine göre korunması gereken bilgi varlıkları belirlendikten sonra yapılacak iş bilgi varlıklarının konu uzmanı personel tarafından korunmasıdır.

Kurgumuzda bilgi profesyoneli olmayanlara bilgi güvenliği konusunda destek olunacaktır. Amacımız amatörlere profesyonel koruma yeteneklerini eğitim yardımıyla kazandırmak ve daha güvenli ortamlar oluşturmaktır. Bu amaca uygun olarak kişisel bilgi varlıklarının güvenliğini sağlamada klasik bilgi güvenliği yönetim sistemi yaklaşımı güncellenecektir. Önerilen yöntem aşağıda detayları sunulan 4 temel modül yardımıyla yerine getirilecektir.

- Modül 1: bilgi güvenliği yönetim sisteminin kurulması
- Modül 2: bilgi güvenliği yönetim sisteminin genişletilmesi
- Modül 3: bilgi güvenliği sorumlularının eğitilmesi
- Modül 4: geri besleme yardımıyla eğitimlerin sürdürülmesi

3.1. Modül 1

Bilgi güvenliği yönetim sistemi oluşturma kendi içerisinde bazı alt aşamalardan meydana gelmektedir.

- Varlık dökümünün çıkartılması: Varlık dökümünde hangi varlıkların olacağı ve onların hangi özellikleriyle kayıt altına alınacağı iki önemli ayrıntıdır. Eğer kişisel kullanımdan bahsediyorsak aklımıza gelen varlıklar; donanım varlıklarımız (kişisel bilgisayarımız, cep telefonumuz ve diğerleri), uygulamalarımız (sahip olduğumuz veya kullanıcısı olduğumuz uygulamalar), sosyal medya hesaplarımız, sahip olduğumuz veriler (yazılı veya elektronik) ve benzeri olacaktır. Bunlara ek olarak; ev ağımız, iş yerinde kişisel kullanımımıza ayrılmış donanımlar ve daha birçoğu varlık dökümümüzde yer almaya adaydır. Varlık dökümünde varlık sahibi kısmı haricindeki bütün bilgiler kullanılacaktır. Varlık sahibi kısmının doldurulmasına gerek yoktur çünkü zaten varlık sahibinin kendimiz olduğu bir çalışma yapılacaktır.
- Varlık sınıflandırması: Varlık sınıflandırmasının amacı sahip olduğumuz bilgi varlıklarının değeri ve onların riskinin hesap edilmesi ve böylece hangi varlığın hangi güvenlik seviyesinde korunacağının tanımlanmasıdır. Dolayısıyla varlık dökümüne ilave ettiğimiz her bir varlık için olası tehditler üzerine bir çalışma yapıp varlık değeri ve tehdit olasılığı çarpımından her bir varlık için risk hesabı yaparak varlıkları sınıflandıracağız.
- Varlıkların işlenmesi: Varlık sınıflandırmasının ardından varlıkların yer aldıkları sınıfa uygun olarak; bu varlıkları nerede saklamamız gerektiğine, kimlerle ve hangi ölçüde paylaşabileceğimizi tanımlayarak varlıkları güvenli halde tutmaya çalışmalıyız. Bu aşama aksiyon geliştirme aşaması olup riskle mücadele kapsamında önemlidir.
- Varlıkların etiketlenmesi: Varlıklar için her seferinde aynı işlemleri yeniden yapmamak adına varlıklar etiketlenecek ve böylece planlama kolaylığı sağlanmış olacaktır.

3.2. Modül 2

Bilgi güvenliği yönetim sistemleri bilgi varlıklarının korunmasında temel bir çerçeve sunarlar. Bununla birlikte detaylı planlamalar ve aksiyonlar bilgi güvenliği yönetim sistemlerinde tarif edilmez. Bilgi güvenliği yönetim sisteminin genişletilmesi aşamasında varlıkların türleri, varlıkların özellikleri, risk hesap etme yöntemleri gibi konularda güncelleme çalışmaları yerine getirilecektir. Böylece daha önce denenmemiş bir yöntemle bilgi güvenliği yönetim sistemleri bilgi güvenliği farkındalığı oluşturmak için kullanılacaktır.

Bu başlıkta en fazla öne çıkan konu riskin hesap edilmesi olacaktır. Risk hesabı yerine çalışmamızda hangi varlığımızı koruma konusunda zafiyetimizin olup olmadığının tespiti şeklinde yerine getirilecektir. Çünkü zafiyet gösterdiğimiz noktadan zarar görebiliriz ve zayıf olduğumuz noktayı güçlendirmeliyiz.

3.3.Modül 3

Bilgi güvenliği sorumlularının eğitilmesi de kendi içerisinde alt modüllerden oluşmaktadır.

- Bilgi sorumluları için eğitim materyali hazırlanması: Bilgi güvenliği yönetim sistemlerinde bilgi işlem personeli konu uzmanı olarak kabul edilmekte ve güvenlik sağlama işi onlara bırakılmaktadır fakat projemizde kişisel kullanımlar üzerine bir çalışma yapacağımız için uzman yerine kimi zaman sıradan kullanıcı bulunabilecektir. Projemizin amacı kişisel bilgi varlıklarını korumak zorunda olan kullanıcıların uzmanlık seviyesini ölçüp değillerse onları eğitmek ve döngüye kalınan yerden devam etmektir. Kullanıcıların uzmanlık kazanabilmesi için onlara eksik olduğu konularda içerik önerilmeli ve sunulmalıdır. Bunun için uzmanlık eğitimi materyali proje kapsamında veya harici olarak kullanıcıya sunulabilir olacaktır. Bu ihtiyaç nedeniyle Modül 3 içerisinde yapılacak çalışmalardan birisi de bilgi güvenliği konusunda eğitim materyallerinin hazırlanması olacaktır. Bu modül kapsamında yapılacak işler: I) Farkındalık başlıkları oluşturulması, II) Farkındalık içerikleri oluşturulması, III) Farkındalık modülleri hazırlanması ve bu modüllerin kendi içerisinde de üç nitel özelliğe göre (Başlangıç, Orta Seviye, İleri) etiketlenmesi, IV) Her bir farkındalık modülüyle ilgili testlerin hazırlanmasıdır.
- Bilgi sorumlularının test edilmesi: Modül 1'de yer alan alt adımlardan birisi varlıkların sınıflandırılmasıdır. Varlıkların sınıflandırılması aşamasında her bir bilgi varlığı için varlığın hassasiyet durumuna göre bir risk değeri hesap edilir. Yine Modül 1'de yer alan varlıkların işlenmesi adımında ise varlığın riskine uygun şekilde tedbir geliştirilir. Bu modülde yapılacak işlem riskli bulunan varlıkları korumakla görevli kişilerin bu koruma görevini yerine getirecek yeterlilikte olup olmadıklarının test edilmesi ve eğer o yeterlilikte değillerse yeterli hale gelmelerini sağlayacak eğitimlerin onlara verilmesidir. Bu modül kapsamında yapılacak işler: I) Kişilerin temel bilgilerinin alınması II) Sahip olduğu bilgi varlıklarının kişiyle ilişkili olarak kayıt edilmesi, III) Sahip olunan varlık başka kişilerin verilerini içeriyorsa bu durumun da kayıt altına alınması, IV) Kişilerin sahip oldukları bilgi varlıklarına uygun şekilde sınıflandırılması, V) Bağlı oldukları sınıfla ilgili olarak bir anket/görüşme yapılması, VI) Anket/görüşme sonucuna göre eksik kaldığı noktalarla ilgili eğitimlere yönlendirilmesi şeklindedir.

Hangi kullanıcıya hangi eğitimin verilmesi gerektiğine dair karar ise skor tabanlı sınıflandırıcılar veya karar ağacı sınıflandırıcıları yardımıyla verilecektir.

3.4.Modül 4

Bir önceki modülde bilgi güvenliği sorumlusu olan kullanıcılar bir teste girer, testin sonucuna göre ihtiyacı varsa eğitim alır. Eğitim aldıktan sonra bu kullanıcıların yeniden test edilmesi ihtiyacı vardır. Kullanıcılar eğer sınavı geçerlerse bilgi güvenliği konusunda yeterli oldukları belgelenmeli aksi takdirde eğitim döngüsü sürdürülmelidir.

4. Uygulamanın Örneklenmesi

Bu bölümde yöntem kısmında verilen dört modül örneklenmiştir.

4.1. Modül 1

Modül 1 mevcut bilgi yönetim sistemlerinin bireysel kullanıma uyarlanması ile ilişkilidir. Yönem kendi içerisinde varlık dökümü, sınıflandırma, etiketleme gibi alt bölümlerden oluşmaktadır. Aşağıdaki çizelgede çok kullanılan kişisel bilgi varlıkları bulunmaktadır.

Çizelge 1. Kişisel bilgi varlıkları

Varlık	Veri/Bilgi	Donanım	Yazılım	Ağ
Yerel varlıklar				
Kişisel bilgisayar	Evet	Evet	Evet	-
Mobil telefon	Evet	Evet	Evet	Evet
Harici disk/USB	Evet	Evet	-	-
Yazıcı	-	Evet	Evet	-
Ağ üzerindeki varlıklar				
E-posta	Evet	-	-	-
Web uygulamaları	Evet	-	-	-
Sosyal medya	Evet	-	Evet	Evet
Harici veri tabanı	Evet	-	-	Evet
Kişisel web hizmeti	Evet	-	Evet	-
Kurumsal web hesabı	Evet	-	-	-
Diğer varlıklar				
Kimlik bilgileri	Evet	Evet	-	-
İmza	Evet	Evet	-	-
Banka bilgileri	Evet	-	-	-
Parolalar	Evet	-	-	-

Bilgi varlıkları Çizelge 1'de görüldüğü gibi sınıflandırıldıktan sonra yapılması gereken çalışma her bir bilgi varlığıyla ilgili olarak bizim nelere dikkat etmemiz gerektiğidir. Çizelge 2 sadece kişisel bilgisayarlar için örneklenmiştir. Bu örneklemeyi diğer bilgi varlıkları için de yapmak mümkündür.

Çizelge 2. Örnek bir bilgi varlığı için tehditler.

Bilgi Varlığı Bileşeni	Tehdit
Parolası	Başkası tarafından ele geçirilebilir.
İşletim sistemi	İşletim sistemi çalışmaz hale gelebilir.
Dosyalar	Başkaları tarafından çalınabilir.
Dosyalar	Başkaları tarafından silinebilir.
Dosyalar	Başkaları tarafından değiştirilebilir.
Dosyalar	Başkaları tarafından bozulabilir.
Uygulamalar	Parolası olmayan uygulamalar başkası tarafından kullanılıp hassas veriler alınabilir.
Uygulamalar	Uygulamalar silinebilir.
Yerel veri tabanı	Erişim kontrolü yoksa başkası verileri çalabilir
Yerel veri tabanı	Erişim kontrolü yoksa veriler silinebilir
Harici disk	Koruması yoksa veriler alınabilir
Harici disk	Virüs bulaşabilir
Harici disk	Disk verileri silinebilir

Her bir tehdidin bir olasılığı vardır ayrıca ilgili tehdidin meydana gelmesi sonucu bundan oluşacak zarar miktarı vardır. Yukarıdaki örnek üzerinde olası zarar Çizelge 3'de görülmektedir.

Çizelge 3. Örnek bir bilgi varlığı olarak kişisel bilgisayar için risk hesaplama

Tehdit ve olasılığı	Zarar maliyeti	Risk
Parolanın ele geçirilmesi (0,01)	Yüksek (1)	0,01
İşletim sisteminin çalışmaması (0,05)	Orta (0,67)	0,0335
Dosyaların çalınması (0,02)	Yüksek (1)	0,02
Dosyaların silinmesi (0,01)	Orta (0,67)	0,0067
Dosyaların değiştirilmesi (0,01)	Yüksek (1)	0,01
Dosyaların bozulması (0,04)	Yüksek (1)	0,04
Uygulamalardan veri sızıntısı (0,01)	Yüksek (1)	0,01
Uygulama silinmesi (0,01)	Düşük (0,33)	0,0033
Yerel veri tabanına harici erişim (0,005)	Yüksek (1)	0,005
Yerel veri tabanı silinmesi (0,005)	Orta (0,67)	0,00335
Harici diskten veri alınması (0,07)	Yüksek (1)	0,07
Harici diske virüs bulaşması (0,09)	Orta (0,67)	0,0603
Harici diskteki verilerin silinmesi (0,05)	Orta (0,67)	0,0335
	Toplam Risk	**0,30565**

Yukarıdaki tablo yardımıyla bilgi varlığı için toplam risk elde edilecektir. Toplam risk düşük, orta ya da yüksek olabilir. Bu risklere dayalı olarak sınıflandırma, işleme ve etiketleme yapılmalıdır.

4.2. Modül 2

Bu modül kapsamında klasik bilgi güvenliği yönetim sistemindeki risk hesaplama mantığına bir güncelleme yapılacaktır. Bu güncelleme, hangi varlıkların korunmasında zafiyet bulunduğunun tespitini esas almaktadır. Çünkü zarar genellikle zayıf noktalardan gelir; bu nedenle zafiyetlerin belirlenmesi ve güçlendirilmesi güvenliğin artırılması açısından daha etkili olacaktır.

Bunun için de varlığın riski konusunda kullanıcının tedbir kapasitesi ölçülecektir. Örneğin, dosyalara virüs bulaşması bir tehdit iken kullanıcının bu konudaki problemi çözme kapasitesi olası zararla ilişkilidir.

Bir önceki adımda varlıklar risk durumuna göre sınıflandırıldıktan sonra bu adımda ilgili varlıkların risklerinden korunmak için kullanıcıların farkındalıklarına dayalı yeni bir risk değerlendirmesi yapılır. Kullanıcıların farkındalık seviyeleri onların risklerden kaçınması için kullanılacak bir bilgi olduğu için anketlerle ölçüm yapılır.

Aşağıdaki örnek ankette parola güvenliği ile ilgili sorular yer almaktadır.

- Parolamda ardışık sayılar kullanırım. (Örn: 1234567890)
- Parolamda doğum tarihim kişisel bilgilerim gibi kolay ulaşılacak şeylere yer veririm.
- Parolamda özel karakterlere yer veririm. (Örn: @#$%^&*()_+|~-=\` {}[]:";'<>/ vb.)
- Parolamda büyük ve küçük harfler kullanırım.(örn. ABCDEFabcdef ...)
- Güçlü parola oluşturma yöntemlerini biliyorum.
- Parolamı ayda bir değiştiririm.
- Parolamı birden fazla yerde kullanırım.

- Parolamı 2. şahıslarla (Aile, Arkadaşlar vs.) paylaşırım.
- Parola güvenliğim için iki faktörlü doğrulama kullanırım.
- Parolamın zayıf veya güçlü olmasının ne anlama geldiğini biliyorum.
- Parolamı yazarken 2. şahısların (Aile, Arkadaş vs.) görmesinde sakınca görmüyorum.
- Parolamı unutmam halinde güvenlik sorum ve cevabım tahmin edilebilir.
- Web tarayıcımda parola kaydetme seçeneğini kullanırım.
- Parolamı unutmam halinde yedeklerim. (Bilgisayar dosyası, kâğıt vs.)
- Elektronik cihazlarımı açarken parola kullanırım. (Bilgisayar, cep telefonu, tablet vs.)
- Parolamı girerken ekran klavyesi kullanırım.
- Parolam 8 haneden fazladır.

Bu anketlerin skorlanmasından her bir tehdit için kullanıcının uzmanlık (farkındalık) skoru elde edilir. Bu skorlar yüksek, orta, düşük gibi değerlere dönüştürülerek bir bilgi varlığı için yeni risk hesabında kullanılır. Aşağıdaki tabloda güncel risk hesabı görülmektedir.

Çizelge 4. Kullanıcı uzmanlığına dayalı yeni risk hesabı

Tehdit ve olasılığı	Kullanıcı uzmanlığı – zarar	Risk
Parolanın ele geçirilmesi (0,01)	Yüksek (0)	0
İşletim sisteminin çalışmaması (0,05)	Orta (0,50)	0,025
Dosyaların çalınması (0,02)	Yüksek (0,0)	0
Dosyaların silinmesi (0,01)	Orta (0,50)	0,005
Dosyaların değiştirilmesi (0,01)	Yüksek (0)	0
Dosyaların bozulması (0,04)	Yüksek (0)	0
Uygulamalardan veri sızıntısı (0,01)	Yüksek (0)	0
Uygulama silinmesi (0,01)	Düşük (1)	0,01
Yerel veri tabanına harici erişim (0,005)	Yüksek (1)	0,005
Yerel veri tabanı silinmesi (0,005)	Orta (0,50)	0,0025
Harici diskten veri alınması (0,07)	Yüksek (0)	0
Harici diske virüs bulaşması (0,09)	Orta (0,50)	0,045
Harici diskteki verilerin silinmesi (0,05)	Orta (0,50)	0,025
	Farkındalık Değeri (FD)	**0,1175**

4.3. Modül 3

Bilgi güvenliği sorumlularının uzmanlaşması için onlara eksik oldukları konularda eğitim sağlanması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda Modül 3'te yapılacak çalışmalar şunlardır:

- Farkındalık başlıklarının oluşturulması
- Farkındalık içeriklerinin hazırlanması
- Başlangıç–Orta–İleri seviyelerinde etiketlenmiş farkındalık modüllerinin oluşturulması
- Her modül için testlerin hazırlanması

Bu materyaller, kullanıcıların bilgi güvenliği konusunda ihtiyaç duyduğu uzmanlığı kazanmalarını sağlayacaktır.

Bir önceki modülde kullanıcı için farkındalık ölçümü yapılarak bir skor (FD) elde edildikten sonra elde edilen değere göre eğitim yönlendirmesi yapılır. Bu durum aşağıdaki gibi verilebilir.

Eğer (FD<0,20) ise «yüksek farkındalık»
Aksi takdirde (0,50>FD>0,21) ise «seviye 1 eğitimler alınmalı»
Aksi takdirde (0,75>FD>0,51) ise «seviye 2 eğitimler alınmalı»
Aksi takdirde (FD>0,76) ise «seviye 3 eğitimler alınmalı»

4.4. Modül 4

Bir önceki modüle göre farkındalığı düşük kullanıcılara eğitim aldırılır. Önerilen eğitimler verildikten sonra yeniden farkındalık ölçümü yapılır. Bu ölçümlerde kullanıcı farkındalığında iyileşme olup olmadığı kontrol edilir. İstenen iyileşme «yüksek farkındalık» olana kadar işlemler devam ettirilir. Bu durum bir nevi sertifika görevi yapmakta ve riske karşı önlem olarak uygulanmaktadır.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu makale kapsamında önerilen yöntem ISO27001 gibi uluslararası geçerliliği olan bir standardın güncellenmesini hedeflemektedir ve bu amaçla bir model ortaya koymaktadır. Oluşturulan model sayesinde kişisel bilgi güvenliği için destekleyici bir yapı kurulacaktır.
Çalışma ile birlikte; bireysel bilgi varlıkları envanteri için temel varlıkların neler olması gerektiği, bireysel bilgi varlıklarının güvenliği için temel soruların neler olması gerektiği ve elde edilen geri beslemeli sistem modeli ortaya çıkarılmıştır.
Bireysel bilgi varlıkları her geçen gün artmakta olup bu varlıkların güvenliği önem arz etmektedir. Ortaya konan bu model sayesinde artık bireyler kendilerine ait bilgi varlıklarını organize edebilir, bilgi varlıklarının önemini ve ağırlığını güncelleyebilir ve daha önemli olan bilgi varlıklarıyla ilgili güvenlik eğitimlerini alabilirler. Böylece bilgiye dayalı bir sistem yardımıyla bilgi güvenliği seviyesinin artırılması imkânı olacaktır.

6. Kaynaklar

Alfantookh, A., 2009. An Approach for the Assessment of The Application of ISO 27001 Essential Information Security Controls. Computer Sciences, King Saud University.

Alonge, C.Y., Arogundade, O.T., Adesemowo, K., Ibrahalu, F.T., Adeniran, O.J. and Mustapha, A.M., 2020. Information Asset Classification and Labelling Model Using Fuzzy Approach for Effective Security Risk Assessment. *2020 International Conference in Mathematics, Computer Engineering and Computer Science*. 18-21 March 2020, Nigeria, 1–7.

Avdic, A., 2017. Using AHP Method for Choosing Suitable Norm for Information System Audit. *The 6th International Virtual Scientific Conference on Informatics and Management Sciences*. 26-30 March 2017, Slovakia, 87–90.

Beckers, K., Faßbender, S., Heisel M., Küster J.C. and Schmidt H., 2002. Supporting the Development and Documentation of ISO 27001 Information Security Management Systems through Security Requirements Engineering Approaches, Lecture Notes in Computer Science. **7159**, Barthe G., Livshits B., Scandariato R., Springer, Berlin, Heidelberg, 14–21.

Calder, A. and Watkins, S., 2008. IT Governance: A Manager's Guide to Data Security and ISO 27001/ISO 27002, Kogan Page, 1-384.

D'Amato, V. and Macchi, F., 2016. The Need of a New Management Model. *International Journal of Social Science and Economic Research*, **1**, 1006–1017.

De Haes, S., Van Grembergen, W., Joshi, A. and Huygh, T., 2020. COBIT as a Framework for Enterprise Governance of IT, Enterprise Governance of Information Technology. Springer, Cham, 125–162.

Kazemi, U., 2017. The Need of a New Management Model. *Journal of Analog and Digital Devices*, **2**, 1–6.

Miller, A.C.H, 2017. Implementation Priority of the ITIL framework based on a Process Sequencing Model, Doktora Tezi, The Faculty of The School of Engineering and Applied Science of the George Washington University, USA, 141.

Omoyiola, B.O., 2020. The Evolution of Information Security Measurement and Testing. *IOSR Journal of Computer Engineering*, **22(3)**, 50–54.

Seaman, J., 2020. PCI DSS. Apress, Berkeley, CA, 195–211.

Sharma, N.K. and Dash, P.K. 2012. Effectiveness of ISO 27001, as an Information Security Management System: An Analytical Study of Financial Aspects. *Far East Journal of Psychology and Business*, **9(3)**, 42–55.

Supaporn, K., Prompoon, N. and Rojkangsadan, T., 2007. Enterprise Assets Security Requirements Construction from ESRMG Grammar based on Security Patterns. *14th Asia-Pacific Software Engineering Conference.* 4-7 December 2007, Japan, 112–119.

Susanta, H., Almunawar, M.N. and Tuan Y.C., 2011. Information Security Management System Standards: A Comparative Study of the Big Five. *International Journal of Electrical & Computer Sciences*, 11(05), 23–29.

Vaish, A., Prabhakar, A., Mishra, H., Dayal, N., Singh, S.K. and Goel, U., 2011. Quantifying information dynamics through a new valuation system. *Information Management & Computer Security*, **19(5)**, 313-332.

1-https://dictionary.cambridge.org/tr/sözlük/ingilizce /information-asset, (15.07.2020)

2-http://www.informationassetdevelopment.com/ what.html, (15.07.2020)

3-https://ictinstitute.nl/information-asset-inventory/, (15.07.2020)

4-https://ictinstitute.nl/pdca-plan-do-check-act/, (17.07.2020)

Bilgi varlıkları üzerine yapılacak bir başka detay çalışma her bir bilgi varlığı için anketlere kaynaklık edecek sorunların ortaya çıkarılmasıdır. Böylece biz sistemde risk değerini hesap etmeyi planladığımız bütün bilgi varlıkları için anketler düzenleyebiliriz. Çizelge 3 bilgi varlığı detaylarından anketlere giden yolda önemli bir ara durak olacaktır.

MADEN ATIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE YAPAY ZEKA: BİBLİYOMETRİK ANALİZ

Enes EKER
Artificial Intelligence Engineering, Karabuk University
ORCID: 0009-0007-4472-0017

Prof. Dr. İlker TÜRKER
Department of Computer Engineering, Karabuk University
ORCID: 0000-0001-7577-4658

Doç. Dr. Hasan EKER
Eskipazar Vocational School, Property Protection and Safety Division, Occupational Health and Safety, Karabük University
ORCID: 0000-0003-2644-4681

ÖZET
Maden atıkları, önemli ekonomik ve çevresel zorluklar oluştururken, bu atıkların yeniden değerlendirilmesi kritik bir gerekliliktir. Yapay Zekâ, maden atıklarının valorizasyon süreçlerini optimize etmek ve ekonomik bir kaynağa dönüştürmek için sağlam bir potansiyel sunmaktadır. YZ ve maden atığı valorizasyonunun kesiştiği bu alan, son yıllarda hızla büyüyen bir araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu gelişime rağmen, alan üzerine yapılmış bir bibliyometrik analiz çalışması bulunmamaktadır. Bu durum, literatürde önemli bir boşluğa işaret etmekte ve araştırma alanının genel eğilimlerinin, aktörlerinin ve temalarının sistematik biçimde anlaşılmasını güçleştirmektedir. Ayrıca, farklı disiplinlerin bu alana katkı sunduğu göz önünde bulundurulduğunda, çok boyutlu bir değerlendirme ihtiyacı daha da ön plana çıkmaktadır.
Bu çalışma, oluşan araştırma boşluğunu doldurmayı ve bu alanın bütüncül bir analizini çıkarmayı hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda, Web of Science veri tabanından elde edilen 1226 yayın kullanılarak sahanın mevcut yapısı, baskın araştırma odakları ve yazarlar, ülkeler, kurumlar bazında kilit faktörler performans analizi ve bilimsel haritalama teknikleriyle belirlenmiştir. Bu kapsamda, alanın yıllar içindeki gelişim eğilimleri, araştırmaların tematik dağılımı, iş birliği ağlarının yapısı ve literatürün entelektüel temelleri ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Çalışmanın bulguları, alanın mevcut entelektüel temelini netleştirmektedir ve gelecekteki araştırmalar için bir yol haritası sunmaktadır. Ayrıca, sonuçlar araştırmacılara hem teorik hem uygulamalı açıdan yeni fırsat alanları önermekte ve maden atığı değerlendirilmesinde YZ'nin daha etkin kullanımına yönelik stratejik öneriler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Maden Atığı, Valorizasyon, Bibliyometrik Analiz, Döngüsel Ekonomi, Makine Öğrenimi

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MINE TAILINGS VALORIZATION: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

ABSTRACT
Mining waste poses significant economic and environmental challenges, making the revaluation of this waste a critical necessity. Artificial Intelligence offers solid potential for optimizing mining waste valorization processes and transforming it into an economic resource.

This intersection of AI and mining waste valorization has emerged as a rapidly growing research topic in recent years. However, despite this development, there is no bibliometric analysis study conducted on this field. This situation points to a significant gap in the literature and makes it difficult to systematically understand the general trends, actors, and themes of the research field. Furthermore, considering that different disciplines contribute to this field, the need for a multidimensional assessment becomes even more prominent.
This study aims to fill the existing research gap and provide a comprehensive analysis of this field. To this end, the current structure of the field, dominant research focuses, and key factors based on authors, countries, and institutions were determined using 1,226 publications obtained from the Web of Science database, employing performance analysis and scientific mapping techniques. Within this scope, the development trends of the field over the years, the thematic distribution of research, the structure of collaboration networks, and the intellectual foundations of the literature have been detailed. The findings of the study clarify the current intellectual foundation of the field and provide a roadmap for future research. Furthermore, the results suggest new opportunities for researchers from both theoretical and practical perspectives and contribute to the development of strategic recommendations for the more effective use of AI in mining waste valorization.
Keywords: Artificial Intelligence, Mining Waste, Valorization, Bibliometric Analysis, Circular Economy, Machine Learning

GİRİŞ

Günümüzün sanayi ve yenilenebilir enerji teknolojileri, ekonomik gelişimin de bir gereği olarak, kritik hammaddelere derinden bağımlıdır. Bu hammaddelerin tedarik edilmesi ve işlenmesi süreci, madencilik sektörünü, her yıl milyarlarca ton maden atığı (mine tailings) üreten başlıca küresel aktörlerden biri haline getirmektedir [1]. Bu atıkların devasa hacmi, zehir bileşenleri içerme potansiyeli, asit maden drenajı (AMD) yaratma riski ve depolandıkları barajların yapısal bütünlüğü gibi konular, ciddi ve uzun soluklu çevresel, sosyal ve ekonomik bir sorun yumağı oluşturmaktadır [2], [3].
"Al-kullan-at" modeline dayalı geleneksel "doğrusal ekonomi" yaklaşımının sürdürülemez olduğunun anlaşılması, kaynak yönetimi anlayışında köklü bir dönüşümü tetiklemiştir. Bu dönüşümün merkezinde, atık miktarını en aza indirmeyi ve malzemelerin değerini koruyarak onları mümkün olduğunca uzun süre döngüde tutmayı hedefleyen "döngüsel ekonomi" felsefesi bulunmaktadır [4]. Bu felsefe, madencilik sektörü özelinde, atıkları bir "yükümlülük" olmaktan çıkarıp potansiyel bir "kaynağa" dönüştürmeyi amaçlayan "valorizasyon" (değerlendirme) kavramını gündeme getirmiştir [5]. Gerçekten de maden atıkları, içerdikleri kritik metallerin geri kazanımı veya yapı malzemelerinde (çimento, tuğla vb.) ikincil girdi olarak kullanımı yoluyla değerlendirilebilecek önemli bir potansiyel sunmaktadır [6], [7]. Bu durum, çalışmamızın temel aldığı bu değerlendirme çabalarının ne kadar önemli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır [8].
Endüstri 4.0'ın getirdiği dijitalleşme, Yapay Zekâ (YZ) ve Makine Öğrenmesi (ML) gibi veri temelli teknolojileri öne çıkardı. Bu teknolojilerin, oturmuş endüstriyel süreçleri hem optimize etmek hem de daha iyi anlamak için güçlü birer araç olduğu anlaşılmaktadır [9], [10]. YZ algoritmalarının asıl gücü, devasa veri yığınlarındaki gizli kalmış desenleri çözebilmesi ve bu sayede girdilerle çıktılar arasındaki karmaşık bağlantıları ortaya dökebilmesidir [11].
Yapılan çalışmalar YZ'nın valorizasyon süreçlerindeki rolünün giderek arttığını doğrulamaktadır [12]. Örneğin, atık doygunluk çizgisi tahmini gibi görevlerde genetik algoritmaların ve Geri Yayılım (BP) sinir ağlarının kullanımı, geleneksel istatistiksel metotlara kıyasla daha yüksek bir doğruluk oranı sunarak başarılı sonuçlar vermiştir [13].

Buna paralel olarak, atık kökenli yapı malzemelerinin geliştirilmesinde Yapay Sinir Ağları (YSA) modellerinden de etkin bir şekilde faydalanılmıştır. Bu modeller, malzeme bileşenleri ve test verileri gibi girdileri analiz ederek, jeopolimer betonun basınç dayanımı gibi kritik performans özelliklerini yüksek bir doğruluk payıyla tahmin edebilmektedir [14]. Bu gibi çalışmalar, YZ'nın maden atığı değerlendirme süreçlerindeki verimsizlikleri giderme ve atıkları ekonomik açıdan daha verimli bir kaynağa dönüştürme potansiyeline işaret etmektedir.

YZ'nın maden atığı değerlendirmesinde kullanımı, daha önce de ifade edildiği üzere bilgisayar, malzeme ve maden mühendisliği gibi farklı sahalardan uzmanları bir araya getirmektedir. Bu da dinamik ve hızla büyüyen bir araştırma alanı yaratmaktadır [15]. Ama bu hızlı büyüme alanın güncel fotoğrafını, kavramsal çerçevesini ve gelecekteki yönünü geleneksel derleme yöntemleriyle tam olarak anlamayı da zora sokmaktadır [16]. Yayınlar genellikle çok spesifik bir probleme odaklanma eğilimindedir; bu da dağınık bilgileri sentezleyerek alana geniş bir perspektif sunan analizlerin eksikliğine yol açmaktadır [17]. Bugüne dek yayımlanan literatür derlemeleri ya YZ'nın madencilikteki genel verimliliğine ya da valorizasyonun kimyasal boyutlarına odaklanmıştır [18], [19].

Dolayısıyla, "maden atığı değerlendirilmesinde yapay zekâ" gibi spesifik bir kesişim noktasına odaklanan bütüncül bir bilimsel inceleme literatürde eksiktir. Bu durum, doldurulması gereken önemli bir araştırma boşluğunu temsil etmektedir [20]. Alanın en etkili yayınları, kilit araştırma temaları, bu sahada öncü kurumlar, ülkeler ve alanın gelecekteki potansiyeli gibi sorular, bu boşluk nedeniyle yanıtsız kalmaktadır.

Bibliyometrik analiz, tam da bu araştırma boşluğunu doldurmak için kuvvetli bir metodoloji sunmaktadır. Bir alandaki literatürü istatistiksel ve görsel araçlar kullanarak inceler ve o araştırma sahasının kavramsal temellerini ve evrimini nesnel bir biçimde haritalandırır [21]. Klasik derlemelerin tersine, bu yöntem, atıf ve birlikte-oluşum (co-occurrence) analizleriyle alanın görünmeyen iç yapılarını da aydınlatabilir [22].

Bu çalışma, "Maden Atıklarının Değerlendirilmesinde Yapay Zekâ Kullanımı" (Use of Artificial Intelligence in Valorization of Mine Tailings) alanındaki bilimsel literatürün kapsamlı bir bibliyometrik analizini sunmayı hedefliyor. Bu hedefe ulaşmak için; yıllık yayın eğilimleri, en etkili araştırmacılar, kurumlar, ülkeler ve dergilerin bir dökümünü yapmak ve alanın odaklandığı temel araştırma temalarını (anahtar kelimeleri) belirlemek gibi kritik konulara açıklık getirmeyi amaçladık.

Bu çalışmanın geri kalanı şöyle planlanmıştır: İkinci bölümde, çalışmanın metodolojisi detaylandırılmaktadır. Bu kapsamda, literatür taramasının yapıldığı veri tabanı, kullanılan arama sorgusu ve analiz için uygulanan bibliyometrik yöntemler açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde analiz sonucunda elde edilen bulgular gösterilmektedir. Bu bulgular alanın nicel gelişimini, kilit aktörlerini ve temel araştırma konularını içermektedir. Dördüncü bölümde bulguların ne anlama geldiği ve alanın entelektüel yapısı tartışılmaktadır. Sonuç bölümünde ise çalışmanın temel katkıları özetlenmekte, araştırmanın çıkarımlarına değinilmekte ve gelecek çalışmalar için öneriler verilmektedir.

VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada izlenen metodoloji, araştırmanın hedeflerine ulaşmak amacıyla verinin toplanıp seçilmesi, arama sorgusunun oluşturulması ve toplanan verinin analizi şeklinde üç temel adıma dayanmaktadır.

Veri Toplama ve Arama Stratejisi

Analizlerimizin ham verisi için, akademik literatürde sunduğu geniş kapsam ve güvenilir atıf indeksi nedeniyle Web of Science (WoS) veri tabanı kullanılmıştır. Bu tür bibliyometrik haritalama çalışmaları için WoS, bir endüstri standardı olarak görülmektedir [23].

Veri toplama işlemi 6 Ekim 2025'te tamamlanmıştır. Çalışmanın iki ana konusunu (Yapay Zekâ ve Maden Atığı Değerlendirme) doğru bir şekilde kesiştirmek ve konu dışı alanlardan gelen gürültüyü engellemek için hassas bir arama sorgusu tasarlanmıştır. Bu arama, WoS'ın "advanced search" gelişmiş arama arayüzü üzerinden, anahtar kelimeler kullanılarak yürütülmüştür.

Sorgu yapımız, üç temel konsept grubunun mantıksal bir birleşimine dayanır. İlk grup, ("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural network*" OR "data mining" OR "AI-based" OR "ML-based") terimleriyle YZ teknolojilerini tanımlar. Bu grup, AND operatörü aracılığıyla ("mine tailings" OR "mining waste" OR "tailings" OR "ore residues" OR "mineral waste" OR "valorization" OR "valorisation" OR "metal recovery" OR "geopolymer" OR "construction material") anahtar kelimelerinden oluşan ikinci küme ile kesiştirilmiştir. Nihayetinde, aramanın odağını netleştirmek ve madencilik bağlamı dışındaki ilgisiz yayınları dışlamak amacıyla ("pharmaceutical" OR "drug" OR "food" OR "municipal" OR "plastic" OR "biomedical" OR "wastewater" OR "textile" OR "fabric" OR "dyeing" OR "smart cit*" OR "litter" OR "garbage" OR "trash" OR "solid waste" OR "urban" OR "household") kelimeleri NOT operatörü ile sorgudan hariç tutulmuştur. Bu titiz filtreleme süreci sonucunda, analizimize temel teşkil eden 1226 adet yayına ulaşılmıştır.

Analiz Yöntemleri ve Araçları

Bu çalışmada, WoS verileri kullanılarak araştırma alanının hem entelektüel yapısını hem de nicel görünümünü analiz etmek için bibliyometri literatüründe kabul görmüş ikili bir metodoloji olan performans analizi ve bilimsel haritalama kullanılmıştır [24].

Performans Analizi, alanın sayısal bir fotoğrafının çekilebilmesini sağladı. Yıllık yayın trendleri, en üretken yazarlar, ülkeler, kurumlar ve en çok atıf alan dergiler gibi istatistiksel dökümleri çıkarmak için Microsoft Excel, Bibliometrix ve VOSviewer yazılımlarından faydalanıldı [25].

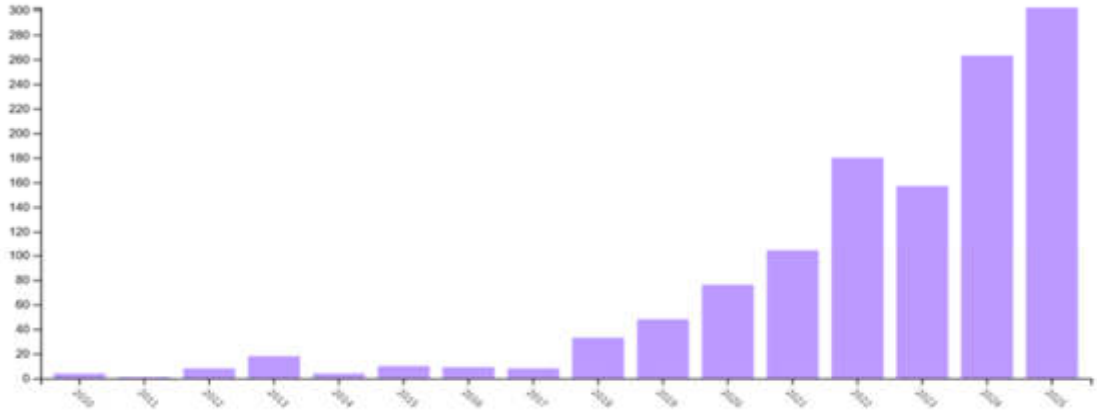
Bilimsel Haritalama ise alanın sosyal ağlarını ve kavramsal temellerini görselleştirmeye odaklanan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, araştırma temalarının evrimini, konuların birbiriyle ilişkisini ve iş birliği örüntülerini ortaya çıkarmak için etkin bir yoldur [26]. İş birliği ağlarını (co-authorship) belirlemek için ülke ve kurumların ortak yazarlık analizleri; güncel konuları ve araştırma odaklarını (co-occurrence) saptamak için ise anahtar kelimelerin birlikte kullanılma analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu haritalamalar; yine Microsoft Excel, Bibliometrix ve VOSviewer yazılımları kullanılarak yapılmıştır [25].

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, WoS veri tabanından 1226 yayın temel alınarak elde edilen bibliyometrik çıktılar değerlendirilmektedir. Ayrıca hazırlanan VOSviewer görselleri etrafında alanın güncel yapısı bütüncül bir şekilde ele alınmıştır. Bulgular; bu alanın yazar ilişkilerini, uluslararası iş birliği ağlarını, nicel büyümesini ve entelektüel temellerini kapsamlı olarak ortaya koymaktadır.

Yayın Eğilimleri ve Alanın Nicel Değişimi

Maden atıklarının yapay zekâ ile değerlendirilmesine yönelik literatür incelendiğinde, 2018 yılı sonrası ciddi bir artış göze çarpmaktadır. 2010-2017 yılları arasında sınırlı sayıda kalan çalışmalar, bu yıldan itibaren hızla artışa geçmiş ve 2021-2025 yılları arasında yıllık 300 yayının üzerine çıkmıştır. Bu artışın temelinde, döngüsel ekonomi politikalarındaki yoğunlaşma, makine öğrenmesi algoritmalarının malzeme bilimine entegrasyonu ve malzeme biliminde dijitalleşme isteği yatmaktadır. Yapılan literatür taramaları da bu durumu desteklemekte; veri odaklı modellemenin, özellikle yer bilimi alanında kullanım sıklığının arttığını ortaya koymaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. 2010–2025 Yılları Arasında Maden Atıklarının Yapay Zekâ Destekli Valorizasyonu Alanında Yayımlanan Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı (X ekseni: Yıllar, Y ekseni: Yayın Adeti)

Yayın sayısındaki artışa paralel olarak, alandaki çalışmaların etki düzeyinin de hızla yükseldiği gözlemlenmektedir. Bu bağlamda ‘Construction and Building Materials’, ‘Case Studies in Construction Materials’ ve ‘Journal of Building Engineering’ gibi dergiler yayın açısından alanın üretkenliğini taşırken; ‘Journal of Cleaner Production’, ‘Construction and Building Materials’ ve ‘Journal of Building Engineering’ dergileri makale başına düşen ortalama atıf başarısıyla öne çıkmaktadır. Yayın sayısı ve atıf sayısı (etki sıralamaları) arasındaki bu farklılık bazı dergilerin yüksek hacimli yayın üretirken bazılarının ise görece az yayınla yüksek etki yarattığını ortaya koymaktadır. Bu durum, alanın hem üretkenlik hem de etki bakımından belirgin bir yapıya kavuştuğuna işaret etmektedir (Tablo 1 ve 2).

Tablo 1. Yapay Zekâ Destekli Maden Atıkları Valorizasyonu Alanında En Fazla Yayına Sahip İlk 10 Dergi (yayın sayısına göre sıralanmıştır)

Rank	Journal Title	Publications	Total Citations	Share of Output
1	Construction and Building Materials	81	3450	%24.8
2	Case Studies in Construction Materials	35	1063	%10.7
3	Journal of Building Engineering	32	1291	%9.8
4	Sustainability	26	399	%8.0
5	Materials	22	835	%6.7
6	Journal of Cleaner Production	19	1366	%5.8
7	Minerals	18	72	%5.5
8	Neural Computing and Applications	18	458	%5.5
9	Applied Sciences Basel	16	474	%4.9
10	Journal of Energy Chemistry	16	223	%4.9

Tablo 2. Yapay Zekâ Destekli Maden Atıkları Valorizasyonu Alanında En Yüksek Ortalama Atıf Değerine Sahip İlk 10 Dergi (ortalama atıfa göre sıralanmıştır)

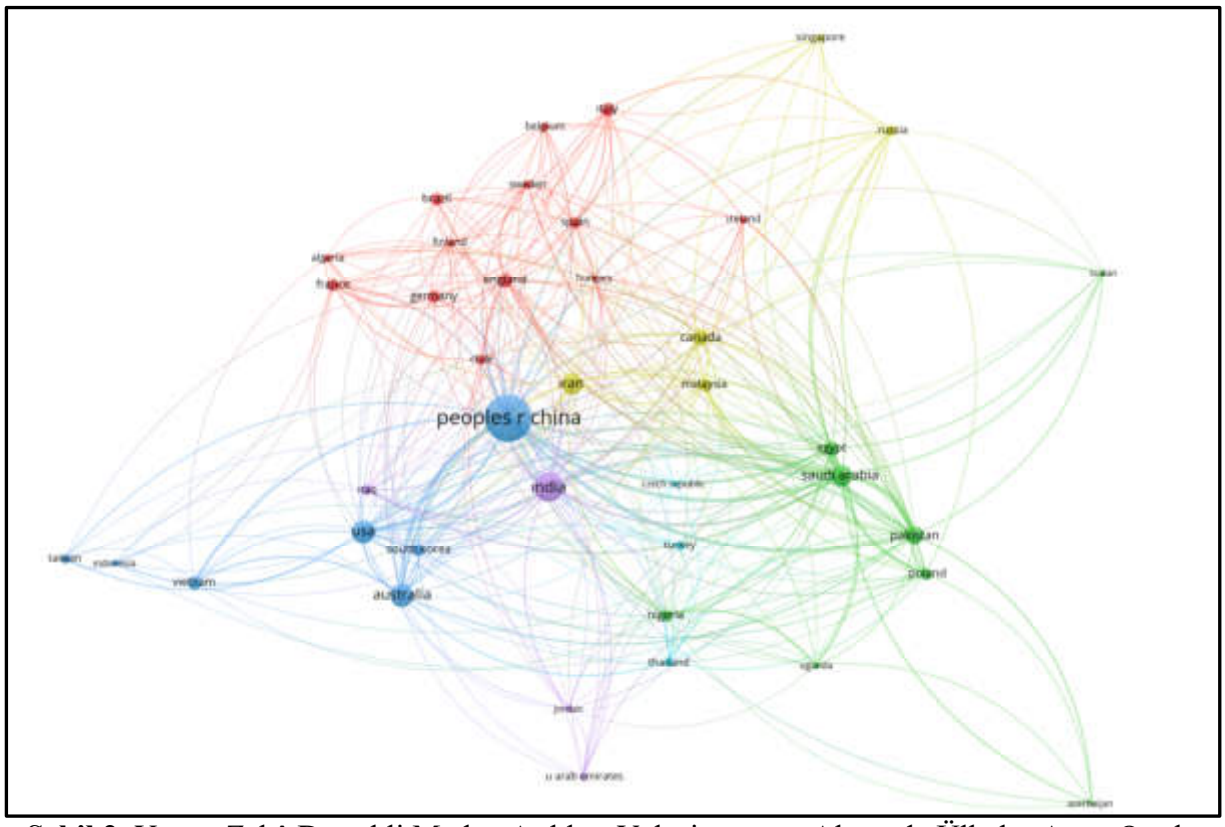
Rank	Journal Title	Publications	Total Citations	Avg. Citations / Article	h-index
1	Journal of Cleaner Production	19	1366	71.89	15
2	Construction and Building Materials	81	3450	42.59	32
3	Journal of Building Engineering	32	1291	40.34	17
4	Materials	22	835	37.95	15
5	Case Studies in Construction Materials	35	1063	30.37	17
6	Applied Sciences Basel	16	474	29.63	10
7	Neural Computing and Applications	18	458	25.44	11
8	Sustainability	26	399	15.35	10
9	Journal of Energy Chemistry	16	223	13.94	8
10	Minerals	18	72	4.00	5

Maden atıklarında yapay zekâ uygulamalarının niş bir araştırma konusu olma vasfını yitirip maden atığı değerlendirme alanında standart bir metodolojiye evrildiğini belgelemektedir. Özellikle 2022 yılı sonrasında yaşanan sıçrama, bu alandaki akademik ilginin geçici bir trend olmadığını, tam tersine gelecek için büyüme potansiyelini canlı tuttuğunu göstermektedir (Tablo 1 ve Tablo 2).

BİLİMSEL İŞ BİRLİĞİ AĞLARI, ÜLKELER ARASI DAĞILIM VE ENTELEKTÜEL YAPI

Uluslararası İş Birlikleri

Şekil 2'de görüldüğü üzere, ülkeler arası ortak yazarlık ağı analiz edildiğinde, Çin'in sistemdeki merkezi ve baskın konumu kendini belli etmektedir. Çin'in ardından Hindistan, Pakistan, ABD ve Avustralya gelirken Avrupa-Asya arası güçlü etkileşimler de gözden kaçmamaktadır.

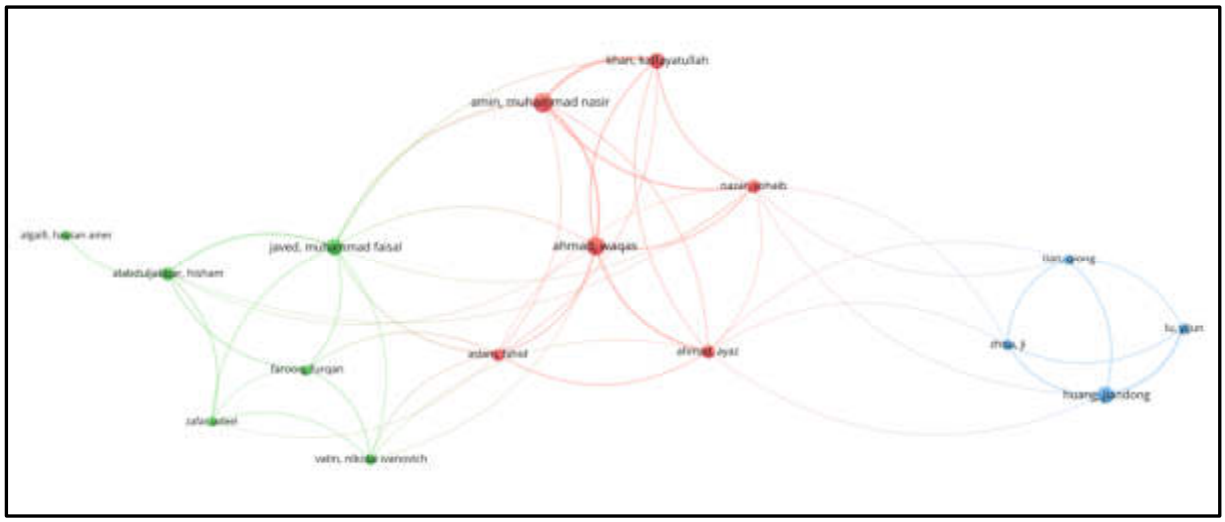


Şekil 2. Yapay Zekâ Destekli Maden Atıkları Valorizasyonu Alanında Ülkeler Arası Ortak Yazarlık İş Birliği Ağı

Bu coğrafi yoğunlaşma maden üretim sahaları ve malzeme bilimi sektörüyle doğrudan ilişkilidir. Çin ve Hindistan'ın üretim kapasitesinden kaynaklanan liderliği ile Pakistan ve Malezya'nın jeopolimer ve inşaat teknolojilerindeki artan araştırma yoğunluğu, bölgenin akademik üstünlüğünü açıklamaktadır.

Yazar Ağları ve Ortak Yazarlık Yapısı

Ortak yazarlık ağının topolojisi incelendiğinde, literatürün üretim dinamiklerini belirleyen üç baskın araştırma grubu görülmektedir. Bunlardan ilki Ahmad, Waqas ve ekibinin olduğu kırmızı gruptur. Onları Javed, Muhammed Faisal önderliğindeki yeşil grup ile Huang, Jiandong, Tian, Qiong ve Lu, Yijun'un oluşturduğu mavi küme ayrı bir iş birliği ağı olarak öne çıkmaktadır (Şekil 3).

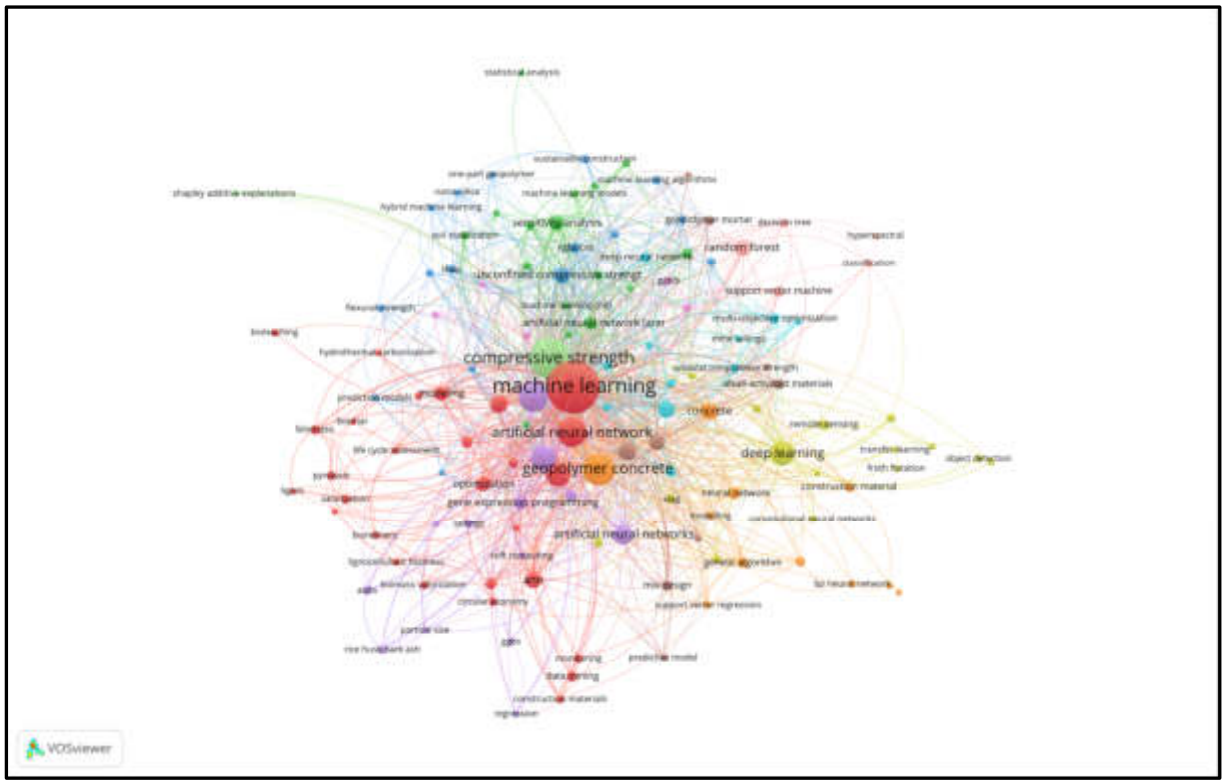


Şekil 3. Yapay Zekâ Destekli Maden Atıkları Valorizasyonu Alanında Yazarlar Arası Ortak Yazarlık Ağı ve Küme Yapısı

Bu kümelenme modeli, alanın dağınık bireysel çabalarından ziyade güçlü araştırma takımları etrafında şekillendiğini ortaya koymaktadır. Yapay zeka ve malzeme mühendisliği disiplinlerinin kesişim noktasındaki bu çalışma kültürü, alandaki bilgi birikiminin art arda büyüyerek artmasını sağlayan temel faktördür.

KONUSAL YOĞUNLUK (KEYWORD CO-OCCURRENCE)

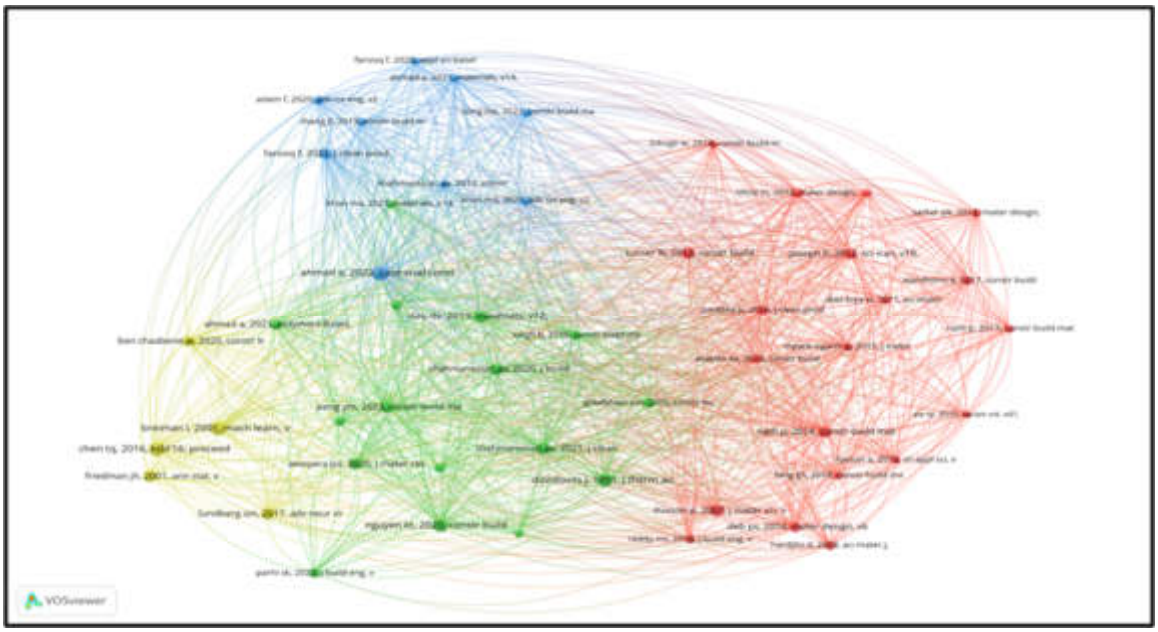
Anahtar kelime analizi literatürdeki yapının üç ana, belirgin grup altında toplandığını göstermektedir. İlk gruptaki ‘machine learning’, ‘deep learning’, ‘artificial neural network’ ve ‘random forest’ gibi algoritmik terimlerin ağdaki baskınlığı, yapay zekanın ve tahmin modellerinin bu alandaki çalışmalarda vazgeçilmez olduğunu gözler önüne sermektedir. İkinci gruptaki ‘geopolymer concrete’, ‘alkali-activated materials’ ve ‘compressive strength’ gibi ifadelerdeki yoğunlaşma literatürün malzeme bilimiyle olan bağını ve araştırmaların teknik boyutta kalmayıp deneyler üzerinden iyileştirme yolları aradığına işaret etmektedir. Son gruba geldiğimizde ise ‘valorization’, ‘life cycle assessment’, ‘circular economy’ ifadelerinden anladığımız üzere araştırmalar çevresel dönüşüm ve sürdürülebilirlik üzerine de yoğunlaşmıştır (Şekil 4). Bu analiz, alanın hem yapay zeka tabanlı hem de maden bileşenlerine sahip ortak bir yapı kazandığını belgelemektedir.



Şekil 4. Yapay Zekâ Destekli Maden Atıkları Valorizasyonu Alanında Anahtar Kelime Eş-Oluşum Ağı ve Tematik Küme Yapısı

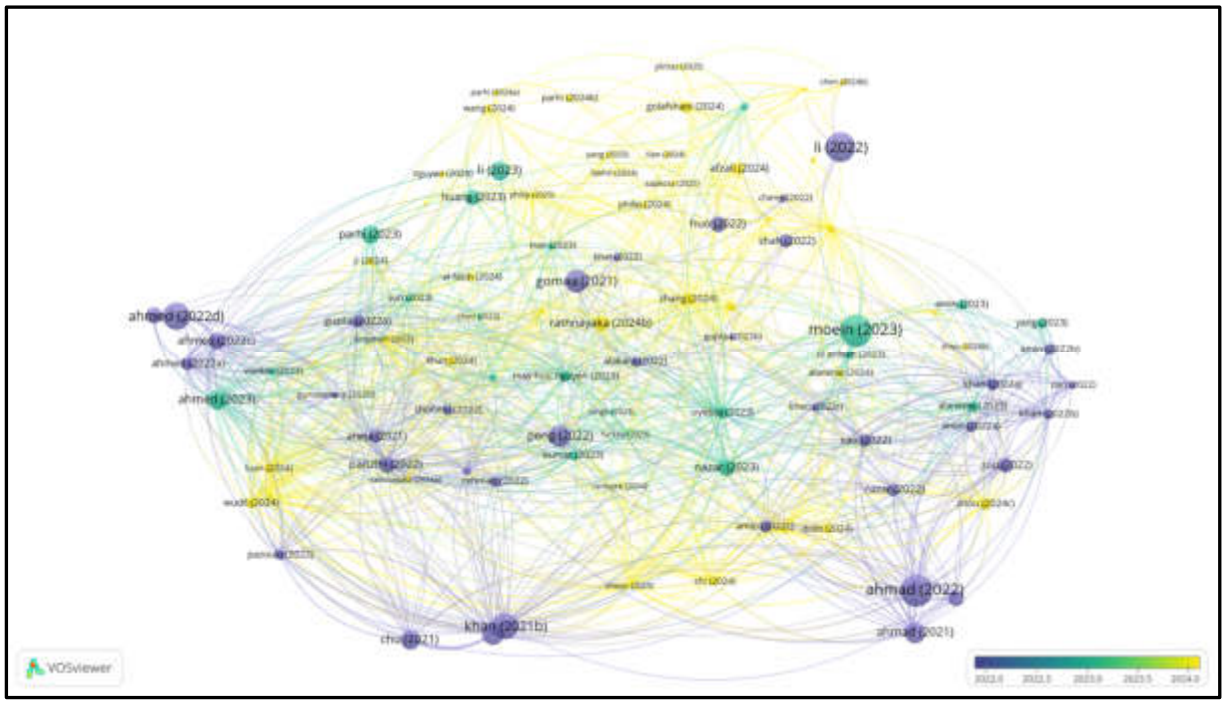
Atıf Yapıları ve Bibliyografik Bağlantılar

Atıf haritaları incelendiğinde, literatürün gelişmesinde öncü olan çalışmaların ve yazarların alanı yönlendirmeye devam ettiği görülmektedir. Breiman (2001) ve Friedman (2001) gibi yazarlar yöntemsel ve deneysel standartların oluşumunda halen belirleyici olmaya devam ederek sonraki araştırmalar için yönlendirici bir çerçeve sunmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Yapay Zekâ Destekli Maden Atıkları Valorizasyonu Alanında Ortak Atıf (Co-Citation) Ağı ve Entelektüel Küme Yapısı

Öte taraftan, bibliyografik eşleşme analizinde son dönemde üretilen yayınların belirgin şekilde kümelendiği gözlemlenmektedir. Bu sıkı bağ, araştırmacıların artık ayrı ayrı çalışmak yerine birbirini referans alan ve ortak bir literatür dili konuşan bir topluluk oluşturduğunu kanıtlamaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Yapay Zekâ Destekli Maden Atıkları Valorizasyonu Alanında Bibliyografik Eşleşme (Bibliographic Coupling) Ağı ve Zaman Tabanlı Küme Yapısı

SONUÇ

Bu çalışma, maden atıklarının yapay zekâ destekli değerlendirilmesi üzerine kurgulanan literatürü, 1.226 yayınlık geniş bir veri seti üzerinden analiz ederek alanın bibliyometrik haritasını çıkarmıştır. Elde edilen bulgular, son beş yıldaki agresif büyüme grafiğini teyit etmekte; yapay zekâ entegrasyonunun artık deneysel bir istisna olmaktan çıkıp, bu alanda standart bir araştırma metodolojisine dönüştüğünü kanıtlamaktadır.

Yayın eğilimleri, alanın artık olgunlaşma dönemine girdiğine işaret ederken; uluslararası iş birliği ağlarında özellikle Asya–Avrupa hattının belirgin bir ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. Ortak yazarlık analizleri, çalışmaların zamanla belirli araştırma grupları etrafında yoğunlaştığını göstermektedir. Anahtar kelime eşleşmeleri ise makine öğrenmesi yaklaşımlarının, jeopolimer ve valorizasyon odaklı araştırmalarla birlikte literatürde giderek daha baskın hâle geldiğini ortaya koymaktadır.

Atıf ve bibliyografik eşleşme haritaları, alanın entelektüel temelinin iki ana damardan beslendiğini göstermektedir. Bir tarafta makine öğrenmesinin çerçevesini oluşturan temel çalışmalar (Breiman, 2001; Friedman, 2001), diğer tarafta ise jeopolimer ve malzeme bilimi literatürünün temel katkıları (Turner & Collins, 2013; Duxson et al., 2007) bulunmaktadır. Bu iki bilgi hattının birleşmesi, maden atığı valorizasyonunun yalnızca çevresel bir geri kazanım uygulaması olmaktan çıkarak; veri bilimi ile malzeme mühendisliğini bütünleştiren hibrit ve çok disiplinli bir araştırma alanına dönüştüğünü açık biçimde göstermektedir.

Geleceğe yönelik değerlendirmeler, araştırmaların üç temel doğrultuda derinleşeceğine işaret etmektedir. İlk olarak, yapay zekânın yalnızca bir "tahmin" aracı olarak kullanılmasının ötesine geçerek optimizasyon, süreç iyileştirme ve çok kriterli karar destek uygulamalarında daha etkin bir bileşen hâline gelmesi beklenmektedir. İkinci olarak, valorizasyon süreçlerinin yaşam döngüsü analizi (LCA), karbon ayak izi hesaplamaları ve döngüsel ekonomi ilkeleriyle daha güçlü bir bütünlük içinde ele alınması öngörülmektedir. Üçüncü olarak ise, küresel bilgi akışını hızlandıracak uluslararası konsorsiyumların oluşturulması ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde veri altyapısının güçlendirilmesi, alanın uzun vadeli gelişimi açısından kritik bir gereksinim olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma mevcut literatürün genel görünümünü netleştirirken, araştırmacılar için gelecekteki araştırma yönelimlerini belirlemede yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] D. Kossoff, W. E. Dubbin, M. Alfredsson, S. J. Edwards, M. G. Macklin, and K. A. Hudson-Edwards, "Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation," *Applied Geochemistry*, vol. 51, pp. 229–245, Dec. 2014, doi: 10.1016/J.APGEOCHEM.2014.09.010.

[2] M. Rico, G. Benito, A. R. Salgueiro, A. Díez-Herrero, and H. G. Pereira, "Reported tailings dam failures: A review of the European incidents in the worldwide context," *J Hazard Mater*, vol. 152, no. 2, pp. 846–852, Apr. 2008, doi: 10.1016/J.JHAZMAT.2007.07.050.

[3] S. Azam, Q. L.-G. news, and undefined 2010, "Tailings dam failures: a review of the last one hundred years," *ksmproject.com*, 2010, Accessed: Oct. 28, 2025. [Online]. Available: https://ksmproject.com/wp-content/uploads/2017/08/Tailings-Dam-Failures-Last-100-years-Azam2010.pdf

[4] J. Kirchherr, D. Reike, and M. Hekkert, "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions," *Resour Conserv Recycl*, vol. 127, pp. 221–232, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.RESCONREC.2017.09.005.

[5] M. Tayebi-Khorami, M. Edraki, G. Corder, and A. Golev, "Re-Thinking Mining Waste through an Integrative Approach Led by Circular Economy Aspirations," *Minerals 2019, Vol. 9, Page 286*, vol. 9, no. 5, p. 286, May 2019, doi: 10.3390/MIN9050286.

[6] P. H. M. Kinnunen and A. H. Kaksonen, "Towards circular economy in mining: Opportunities and bottlenecks for tailings valorization," *J Clean Prod*, vol. 228, pp. 153–160, Aug. 2019, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.171.

[7] J. R. Velásquez, M. Schwartz, L. M. Phipps, O. J. Restrepo-Baena, J. Lucena, and K. M. Smits, "A review of the environmental and health implications of recycling mine tailings for construction purposes in artisanal and small-scale mining communities," *Extr Ind Soc*, vol. 9, p. 101019, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.EXIS.2021.101019.

[8] B. Mwewa, M. Tadie, S. Ndlovu, G. S. Simate, and E. Matinde, "Recovery of rare earth elements from acid mine drainage: A review of the extraction methods," *J Environ Chem Eng*, vol. 10, no. 3, p. 107704, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.JECE.2022.107704.

[9] M. Ghobakhloo, "Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability," *J Clean Prod*, vol. 252, p. 119869, Apr. 2020, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.119869.

[10] S. Mao, B. Wang, Y. Tang, and F. Qian, "Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence for Green Manufacturing in the Process Industry," *Engineering*, vol. 5, no. 6, pp. 995–1002, Dec. 2019, doi: 10.1016/J.ENG.2019.08.013.

[11] D. Pandey, K. Niwaria, B. C.-Mach. Learn, and undefined 2019, "Machine learning algorithms: a review," *academia.edu*, Accessed: Oct. 20, 2025. [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/59817925/IRJET-V6I217620190621-73452-h5pwu7.pdf

[12] P. Szymczak *et al.*, "AI-Driven Antimicrobial Peptide Discovery: Mining and Generation," *ACS Publications*, vol. 58, no. 12, pp. 1831–1846, Jun. 2025, doi: 10.1021/ACS.ACCOUNTS.0C00594.

[13] X. Tongle, W. Yingbo, and C. Kang, "Tailings saturation line prediction based on genetic algorithm and BP neural network," *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, vol. 30, no. 4, pp. 1947–1955, Mar. 2016, doi: 10.3233/IFS-151905.

[14] H. Almasaeid, A. Alkasassbeh, and B. Yasin, "Prediction of geopolymer concrete compressive strength utilizing artificial neural network and nondestructive testing," *sciendo.comH Almasaeid, A Alkasassbeh, B YasinCiv Environ Eng, 2022•sciendo.com*, vol. 18, no. 2, pp. 655–665, Dec. 2022, doi: 10.2478/CEE-2022-0060.

[15] M. Shah, M. Wever, and M. Espig, "A Framework for Assessing the Potential of Artificial Intelligence in the Circular Bioeconomy," *Sustainability 2025, Vol. 17, Page 3535*, vol. 17, no. 8, p. 3535, Apr. 2025, doi: 10.3390/SU17083535.

[16] P. Campana, R. Censi, A. M. Tarola, and R. Ruggieri, "Artificial Intelligence and Digital Twins for Sustainable Waste Management: A Bibliometric and Thematic Review," *Applied Sciences 2025, Vol. 15, Page 6337*, vol. 15, no. 11, p. 6337, Jun. 2025, doi: 10.3390/APP15116337.

[17] L. B.-2016 I. C. on A. Intelligence and undefined 2016, "Artificial intelligence in mineral processing plants: An overview," *atlantis-press.comL Bergh2016 International Conference on Artificial Intelligence, 2016•atlantis-press.com*, 2016, Accessed: Oct. 28, 2025. [Online]. Available: https://www.atlantis-press.com/proceedings/icaita-16/25849520

[18] J. Almeida, A. B. Ribeiro, A. S. Silva, and P. Faria, "Overview of mining residues incorporation in construction materials and barriers for full-scale application," *Journal of Building Engineering*, vol. 29, p. 101215, May 2020, doi: 10.1016/J.JOBE.2020.101215.

[19] P. H. M. Kinnunen and A. H. Kaksonen, "Towards circular economy in mining: Opportunities and bottlenecks for tailings valorization," *J Clean Prod*, vol. 228, pp. 153–160, Aug. 2019, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.171.

[20] M. Ali, M. Ali, A. O.-C. J. of A. S. and, and undefined 2025, "AI-driven Mining 4.0: A Systematic Review of Smart, Sustainable, and Autonomous Technologies across the Mining Lifecycle," *researchgate.netM Ali, MIM Ali, A OsmanCurrent Journal of Applied Science and Technology, 2025•researchgate.net*, Accessed: Oct. 28, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Maaz-Ali-3/publication/393164329_AI-Driven_Mining_40_A_Systematic_Review_of_Smart_Sustainable_and_Autonomous_Technologies_across_the_Mining_Lifecycle/links/68629ecd92697d42903bec8c/AI-Driven-Mining-40-A-Systematic-Review-of-Smart-Sustainable-and-Autonomous-Technologies-across-the-Mining-Lifecycle.pdf

[21] N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *J Bus Res*, vol. 133, pp. 285–296, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.JBUSRES.2021.04.070.

[22] N. J. van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, Dec. 2009, doi: 10.1007/S11192-009-0146-3.

[23] S. M.-N. journal of information literacy in higher and undefined 2009, "Google scholar compared to web of science. A literature review," *noril.uib.no*, vol. 1, pp. 41–51, 2009, Accessed: Oct. 28, 2025. [Online]. Available: https://noril.uib.no/article/view/2369

[24] I. Zupic, T. Č.-O. research methods, and undefined 2015, "Bibliometric methods in management and organization," *journals.sagepub.comI Zupic, T ČaterOrganizational research methods, 2015•journals.sagepub.com*, vol. 18, no. 3, pp. 429–472, Jul. 2015, doi: 10.1177/1094428114562629.

[25] H. Arruda, E. R. Silva, M. Lessa, D. Proença, and R. Bartholo, "VOSviewer and Bibliometrix," *J Med Libr Assoc*, vol. 110, no. 3, p. 392, Dec. 2022, doi: 10.5195/JMLA.2022.1434.

[26] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, "Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools," *Wiley Online Library*, vol. 62, no. 7, pp. 1382–1402, Jul. 2011, doi: 10.1002/ASI.21525.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

FİBER OPTİK SICAKLIK SENSÖRÜ TASARIMINDA POLARİZASYON DEĞİŞİMİ

Dr. Fatma TAMBAĞ
Bitlis Eren Üniversitesi
ORCID: 0000-0002-8859-0732

Prof. Dr. Koray KÖKSAL
Gaziantep İslam, Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
ORCID: 0000-0001-8331-9380

ÖZET
Bu çalışma, polarizasyon modülasyonu prensibi temel alınarak bir fiber optik sıcaklık sensörü tasarımı geliştirmeyi ve uygulama metodolojisini detaylandırmayı amaçlamaktadır. Tasarlanacak sistemin, elektromanyetik girişimden etkilenmeyen, yüksek sıcaklık aralığında çalışabilen ve uzun mesafeli ölçüm kapasitesine sahip olması hedeflenmektedir.
Çalışma kapsamında öncelikle, polarize ışığın tek modlu fiber içindeki yayılımının sıcaklık değişkenine bağlı davranışı teorik olarak modellenecektir. Jones matrisi formalizmi kullanılarak polarizasyondaki değişimlerin matematiksel analizi yapılacaktır. Deneysel aşamada ise polarize lazer kaynağı, sıcaklık kontrollü test düzeneği ve polarizasyon analizöründen oluşan bir sistem kurulması planlanmaktadır.
Yapılacak teorik çalışmalarda, farklı sıcaklık değerlerinde polarizasyon durumundaki değişimler hesaplanacak ve daha sonra bu hesaplamalar deneysel veriler ile karşılaştırılacaktır. Son aşamada ise elde edilen bu verilerin sıcaklıkla ilişkisi karakterize edilecektir. Performans değerlendirmesi kapsamında sistemin hassasiyet, doğruluk ve tekrarlanabilirlik analizlerinin yapılması öngörülmektedir. Ayrıca farklı fiber tipleri ve kaplama malzemelerinin sistem performansına etkisi deneysel olarak araştırılacaktır.
Bu araştırmanın özgün değeri, polarizasyon temelli sıcaklık ölçümü için kapsamlı bir tasarım ve metodoloji framework'ü sunmasıdır. Geliştirilmesi planlanan sistemin enerji iletim hatları, endüstriyel proses izleme ve yapısal sağlık izleme uygulamalarında kullanım potansiyeli değerlendirilecektir. Çalışmanın sonunda, tasarım parametreleri ile beklenen sistem performansı arasındaki ilişki ortaya konulacaktır.
Anahtar Kelimeler: Fiber Optik Sensör, Sıcaklık Ölçümü, Polarizasyon Modülasyonu, Jones Matrisi

POLARIZATION CHANGE IN FIBER OPTIC SENSOR DESIGN

ABSTRACT
This study aims to develop a fiber optic temperature sensor design based on the principle of polarization modulation and to detail its implementation methodology. The proposed system is intended to be immune to electromagnetic interference, capable of operating at high temperature ranges, and possessing long-distance measurement capability.
Within the scope of the study, the behavior of polarized light propagation in a single-mode fiber relative to temperature changes will first be theoretically modeled. Mathematical analysis of polarization changes will be performed using the Jones matrix formalism. In the experimental phase, the establishment of a system comprising a polarized laser source, a temperature-controlled test setup, and a polarization analyzer is planned.
In the planned experimental studies, changes in the state of polarization at different temperature values will be measured, and the relationship between this data and temperature will be characterized.

Performance evaluation is anticipated to include analyses of the system's sensitivity, accuracy, and repeatability. Furthermore, the effect of different fiber types and coating materials on system performance will be investigated experimentally.

The original value of this research lies in providing a comprehensive design and methodology framework for polarization-based temperature measurement. The potential use of the system planned for development in power transmission lines, industrial process monitoring, and structural health monitoring applications will be evaluated. Upon completion of the study, the relationship between design parameters and expected system performance will be established.

Keywords: Fiber Optic Sensor, Temperature Measurement, Polarization Modulation, Jones Matrix

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

TÜRKİYE'DE KURULU GÜÇ DAĞILIMI DENGELEMESİYLE RÜZGAR ENERJİSİ ÜRETİMİNİN ÜNİFORMLAŞTIRILMASI

Cansu Şimal BAĞLI
İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji
ORCID: 0009-0008-9481-9207

Doç. Dr. Burak BARUTÇU
İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-8834-2317

ÖZET

Rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında çevre dostu ve sürdürülebilir bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Ancak, rüzgar enerjisinin kesintili doğası, enerji şebekesi üzerinde dengesizlikler ve teknik zorluklar yaratmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'deki rüzgar enerjisi santrallerinin mevcut bölgesel dağılımını analiz ederek, kurulu güçlerin stratejik bir şekilde çeşitlendirilmesi ile üretim dengesizliklerinin azaltılmasını hedeflemektedir.

Çalışma kapsamında, rüzgar enerjisi santrallerinin şebeke üzerindeki teknik ve ekonomik etkileri detayları değerlendirilmiştir. Özellikle, coğrafi çeşitlendirmenin ve enerji depolama teknolojilerinin entegrasyonunun enerji arz güvenliğine ve üretim istikrarına katkıları incelenmiştir. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek olan Marmara, Ege ve Akdeniz bölgeleri odak noktası olarak ele alınmış, bu bölgelerdeki üretim dalgalanmalarının diğer bölgelerle dengelenebileceği gösterilmiştir. İç Anadolu gibi bölgelerde ise teknolojik yeniliklerin katkıları ile düşük potansiyele sahip alanlarda bile enerji üretiminde verimlilik sağlanabileceği tartışılmıştır.

Elde edilen bulgular, stratejik santral yerleşimlerinin ve bölgesel çeşitlendirmenin enerji üretimini daha sürdürülebilir ve verimli hale getirebileceğini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda, enerji depolama çözümlerinin ve akıllı şebeke teknolojilerinin enerji arz güvenliği ve üretim istikrarını artırmada oynadığı kritik rol vurgulanmıştır. Bu bağlamda, rüzgar enerjisi ile güneş enerjisinin hibrit sistemlerde birleştirilmesinin, üretim dalgalanmalarının dengelenmesine ve enerji şebekesinin güvenilirliğinin artırılmasına önemli bir katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir.

Tez, aynı zamanda Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikalarına dair öneriler sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek için yerel yönetimlerle iş birliği, finansman mekanizmalarının geliştirilmesi ve yenilikçi teknolojilere yapılan yatırımların artırılması gerektiği ifade edilmiştir. Çalışmada, bölgesel farklılıkların daha etkin bir şekilde değerlendirilmesi ve şebeke entegrasyon stratejilerinin çeşitlendirilmesi ile enerji üretim maliyetlerinin düşürülebileceği gösterilmiştir.

Bu tez, rüzgar enerjisinin teknik ve ekonomik zorluklarının üstesinden gelmek, enerji altyapısını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlamak için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Sonuç olarak, çalışmanın çıktılarının, Türkiye'nin enerji arz güvenliğini artırmada, karbon emisyonlarını azaltmada ve yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmada rehber niteliğinde olması beklenmektedir. Ayrıca, elde edilen bulguların, rüzgar enerjisi sektöründeki yatırımları teşvik ederek, yenilikçi çözümler geliştirilmesine ışık tutacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: rüzgar enerjisi, bölgesel çeşitlendirme, enerji üretim dengesizliği

UNIFORMIZING WIND ENERGY PRODUCTION THROUGH INSTALLED CAPACITY BALANCING IN TURKEY

ABSTRACT

Wind energy stands out as an environmentally friendly and sustainable option among renewable energy sources. However, the intermittent nature of wind energy creates imbalances and technical challenges for the energy grid. This study aims to analyze the regional distribution of wind power plants in Turkey and proposes strategies for balancing installed capacities to reduce production inconsistencies.

The study evaluates the technical and economic impacts of wind power plants on the grid. In particular, the importance of geographic diversification and the integration of energy storage technologies in enhancing energy security and production stability are examined. Turkey's regions with high wind energy potential, such as Marmara, Aegean, and Mediterranean, are analyzed, demonstrating how production fluctuations in these regions can be balanced with other areas. Additionally, in regions like Central Anatolia, it is discussed how technological innovations can improve efficiency even in areas with lower wind potential.

The findings reveal that strategic placement of wind power plants and regional diversification can make energy production more sustainable and efficient. Furthermore, the role of energy storage solutions and smart grid technologies in enhancing energy security and stabilizing production is emphasized. In this context, integrating wind energy with solar power in hybrid systems is considered to significantly reduce production fluctuations and increase grid reliability.

The thesis also provides recommendations for Turkey's renewable energy policies. It highlights the need for collaboration with local authorities, the development of financing mechanisms, and increased investment in innovative technologies to promote the use of renewable energy sources. The study shows that effectively utilizing regional differences and diversifying grid integration strategies can reduce energy production costs.

This thesis offers a comprehensive framework to overcome the technical and economic challenges of wind energy, strengthen the energy infrastructure, and contribute to sustainable development goals. The results are expected to guide Turkey in enhancing energy security, reducing carbon emissions, and achieving renewable energy targets. Additionally, the findings are anticipated to encourage investments in the wind energy sector and inspire innovative solutions for the future of renewable energy.

Keywords: Wind energy, Regional diversification, Energy production imbalance

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THE EFFECT OF THICKNESS RATIO ON THE AERODYNAMIC PERFORMANCE OF AIRFOILS

Assistant Professor Samet Giray TUNCA
Mechanical Engineering, Kütahya Dumlupınar University, Dumlupınar Vocational School
ORCID: 0000-0002-7632-8745

ABSTRACT
Many parameters influence the aerodynamic performance of airfoils, and airfoil thickness is among the most significant. Changes in thickness directly affect key aerodynamic indicators such as lift, drag, and moment coefficients, as well as pressure distribution and flow separation characteristics. While increased thickness enhances structural strength at low angles of attack, it also produces a stronger pressure gradient, which in turn affects both lift generation and drag formation. At the same time, thicker profiles tend to experience earlier stall behavior. The thickness factor plays a vital role under Low Reynolds number (Re) conditions, where the laminar-to-turbulent transition is highly sensitive to geometric variations. In this study, the aerodynamic parameters associated with different NACA airfoils were compared to evaluate the influence of thickness. Using the XFLR5 software, flow data were obtained for angles of attack ranging from 0° to 20°. The analyses were carried out at Re = 20,000, 40,000, and 60,000, all within the Low Reynolds number regime. Within this scope, pressure distributions (Cp), lift coefficient–angle of attack (CL–α) curves, and drag coefficient–angle of attack (CD–α) curves were generated for each airfoil. Regions of flow separation were examined, and the flow behavior along the entire chord length was analyzed. Comparisons based on airfoil thickness were made to determine whether the stall region shifted closer to the leading edge or the trailing edge. Aerodynamic performance results were interpreted to discuss potential application-specific differences. Overall, the evaluation suggests that airfoils with moderate thickness often provide the most balanced lift–drag performance, whereas increases in thickness, especially under Low Reynolds number conditions, emerge as a critical design factor that significantly influences aerodynamic efficiency. These insights also provide valuable guidance for predicting performance trends related to thickness in new airfoil designs.
Keywords: Aerodynamic, Airfoils, Low Reynolds number, Flow separation, Stall

INTRODUCTION
Studies conducted on wings provide significant contributions to the field of aerodynamics. In these studies, the aerodynamic structures of wings are examined, and their behavior under different flow conditions is determined. Aerodynamic investigations are conducted using experimental and numerical analysis methods to optimize the flow structure over wing geometries, as well as to enhance lift and drag performance. In the literature, numerous studies have been conducted on airfoil profiles with various geometries under different flow conditions (Prisacariu, V., 2018). Some of these studies have been conducted experimentally. Among them are research focusing on wing optimization at subsonic speeds, investigating the effects of different wing geometries on lift–drag performance, characterizing flow at low Reynolds numbers, analyzing the behavior of the laminar separation bubble, and comparing experimental and numerical methods through comprehensive investigations (Wakayama, S., & Kroo, I., 1995; Sanchez Ramirez, A. et al., 2019; Rodriguez, I. et al., 2020; Drela, M., & Giles, M. B., 1987).

In studies conducted on airfoil profiles, wing thickness is observed to be an essential parameter in determining aerodynamic characteristics (Abbott & von Doenhoff, 1959). Research on symmetric NACA airfoils indicates that increases in thickness ratio result in variations in aerodynamic forces and stall angles (Ladson, C. L., 1988; Gregory, N., & O'Reilly, C. L., 1970). Numerical analysis studies have also demonstrated that even minor geometric modifications to the airfoil can significantly affect aerodynamic data, resulting in different pressure distributions (Şahin, M., & Açıkgöz, M., 2020; Göv, İ., & Doğru, M. H., 2020).

Numerous studies involving NACA airfoils provide foundational information that can guide wing design. One such study examined the NACA0015 airfoil and presented its aerodynamic behavior at different Reynolds numbers (Tunca, S. G., & Özgür, M. A., 2023). Another study focused on experimental validation by comparing flow results obtained under different experimental conditions (Tunca, S. G., & Özgür, M. A., 2023). Experimental and numerical data obtained with the NACA0018 airfoil were compared (Rodríguez-Sevillano et al., 2023). In a study by Masri and Ismail, improvements in aerodynamic forces were targeted relative to the NACA 4412 airfoil (Masri, J., & Ismail, M., 2025). Another study investigated both clean and iced wing conditions by analyzing turbulent flow over NACA 4410 and NACA 0012 profiles (Hamoud, A. J. 2023). In another study involving the NACA0012 airfoil at different Mach numbers, passive flow control was applied using a Gurney flap geometry. The optimized airfoil exhibited a 29.25% improvement in aerodynamic force ratio (CL/CD) (Lin et al., 2023). In another study comparing NACA airfoils used in wind turbines, the Qblade software was employed (Handoyono, N. A., & Wardhana, A. G. S., 2019).

In the present study, four different symmetric airfoils were used. The analyses were carried out using NACA0006, NACA0010, NACA0018, and NACA16-006 airfoil profiles. These airfoil profiles were analyzed at three different Reynolds numbers using XFLR5 software. The analysis focused on examining changes in pressure distribution and lift coefficients. Variations in flow velocity over the airfoil surface resulted in observable differences in aerodynamic force data. The airfoil profiles were selected based on their thickness. It is known that thinner airfoil profiles are preferred for high-speed applications, whereas thicker profiles are used in low-speed scenarios where high lift is required. These airfoils are commonly preferred in many fields where aerodynamic efficiency is desired.

RESEARCH AND FINDINGS

In the study, aerodynamic data of the wings were obtained at Reynolds numbers of 20,000, 40,000, and 60,000 using the XFLR5 software. By comparing the pressure distribution and lift coefficient data, the aerodynamic effect of wing thicknesses was examined.

In the naming convention of NACA profiles, the numerical codes include digits that indicate the thickness. In the study conducted with symmetric airfoil profiles, the last two digits in the code represent the airfoil thickness. The NACA16-006, on the other hand, is a stabilizing airfoil design characterized by low drag. In the code of this airfoil, the last two digits once again denote the airfoil thickness.

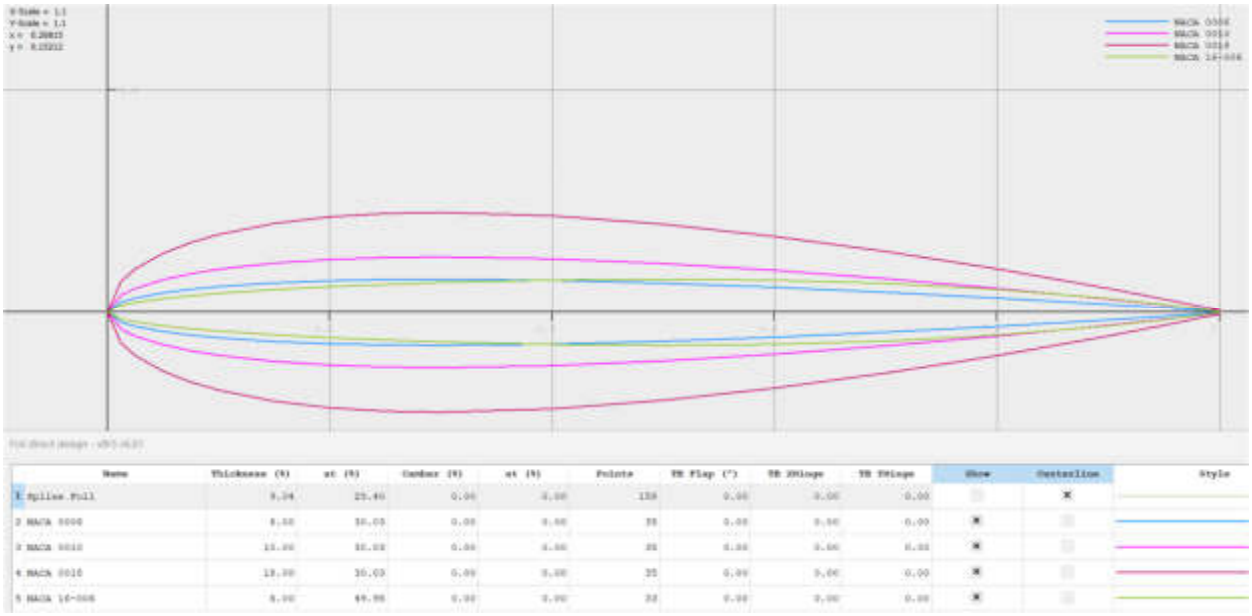


Figure 1. Two-Dimensional Geometry of Airfoil Sections

In Figure 1, it can be seen that the thickest airfoil profile is NACA0018. The NACA16-006 airfoil profile is cambered at the midpoint of the chord length, meaning that the leading and trailing edges can be considered symmetric relative to each other. In the other symmetric airfoil configurations, the leading edge has a defined radius.

Aerodynamic Force Parameters

In Figures 2 and 3, the variations in aerodynamic forces of the NACA0006 airfoil at three different Reynolds numbers are shown. As the Reynolds number increases, increases in aerodynamic forces are observed. Although the stall angles are relatively close to each other for all three Reynolds numbers, the maximum lift coefficient is obtained at an angle of attack of 8° at Reynolds number 60,000. It is observed that stall occurs between angles of attack of 5°–10° for all Reynolds numbers. It can be stated that the latest stall occurs at Reynolds number 60,000.

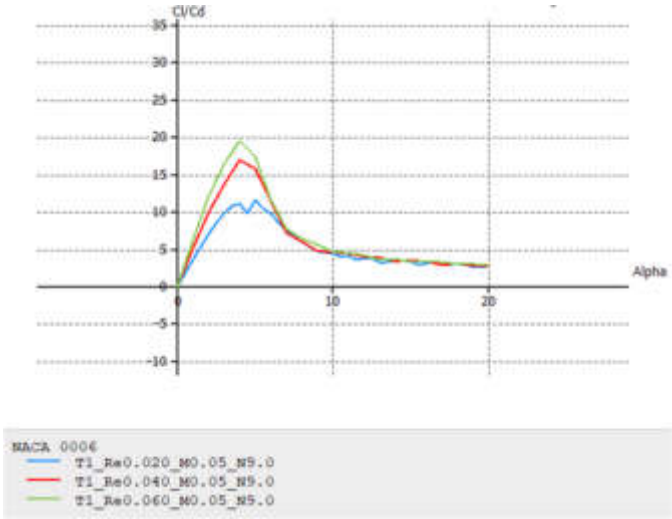


Figure 2. Cl/Cd–AoA Graph of the NACA0006 Airfoil Profile

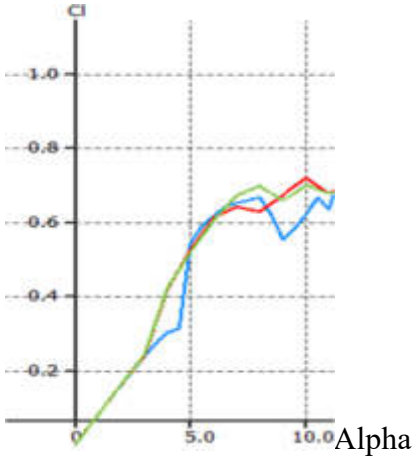


Figure 3. Cl–AoA Graph of the NACA0006 Airfoil Profile

Similar to the NACA0006 airfoil, the NACA0010 airfoil also exhibits increases in aerodynamic forces as the Reynolds number increases (Figure 4). For this airfoil profile, the increase in lift coefficient becomes more pronounced as the Reynolds number increases. At low Reynolds numbers, the lift coefficient is lower, and stall occurs earlier compared to the other Reynolds numbers. This behavior indicates that the airfoil is not suitable for applications requiring a higher lift coefficient. The latest stall onset again occurs at a Reynolds number of 60,000. However, as seen in Figure 5, the Reynolds numbers of 40,000 and 60,000 exhibit similar behavior in terms of lift coefficient generation. For all Reynolds numbers, stall is observed at angles of attack between 5° and 10°.

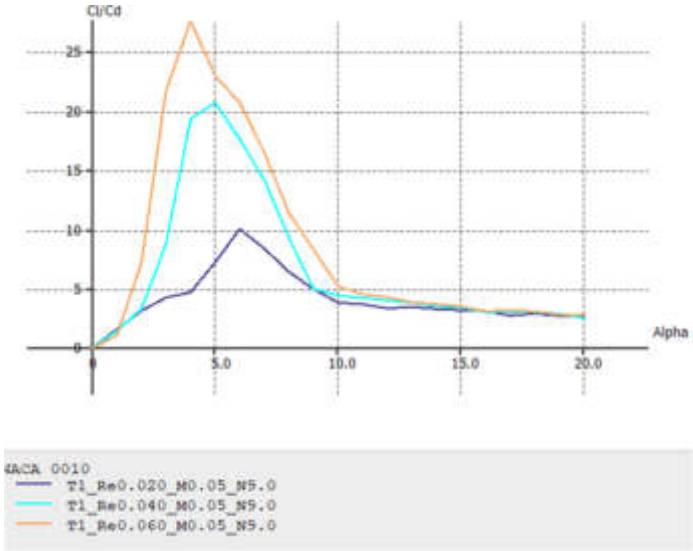


Figure 4. Cl/Cd–AoA Graph of the NACA0010 Airfoil Profile

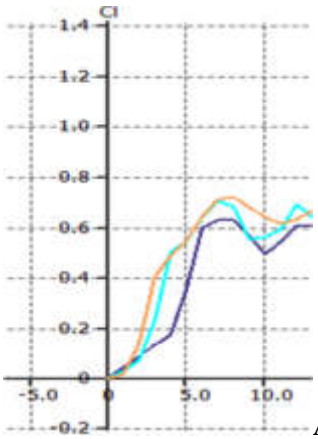


Figure 5. Cl–AoA Graph of the NACA0010 Airfoil Profile

In Figures 6 and 8, it is observed that the NACA0018 airfoil generates a negative lift coefficient at a Reynolds number of 20,000. Although this is theoretically an unexpected condition, it is a physical phenomenon that depends on the flow regime. At such a low Reynolds number, the flow acceleration becomes insufficient due to the thickness of the airfoil. A negative pressure gradient forms on the airfoil surface, causing early flow separation. Since the flow does not achieve the expected acceleration, the pressure difference decreases. This phenomenon is referred to as delayed lift production, known in the literature as lift curve offset. At a Reynolds number of 60,000, high lift is obtained, and stall behavior occurs at an angle of attack of 8°.

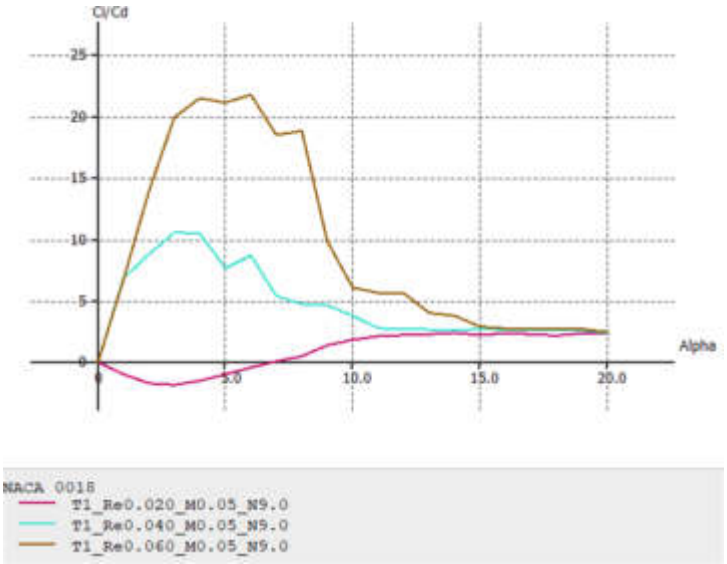


Figure 6. Cl/Cd–AoA Graph of the NACA0018 Airfoil Profile

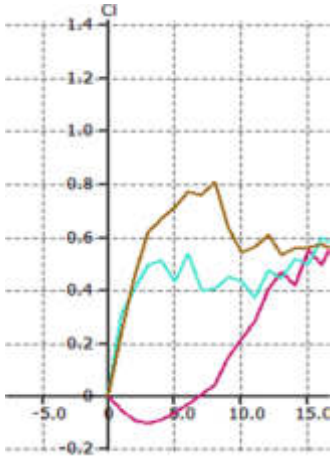


Figure 7. Cl–AoA Graph of the NACA0018 Airfoil Profile

In Figures 8 and 9, the NACA16-006 airfoil exhibits similar behavior across all Reynolds numbers. The stall angles and lift coefficient values are close to one another. Although the increase is slight, the lift coefficient is seen to rise as the Reynolds number increases. The curves indicate that stall occurs within the angle of attack range of 6°–8°, and that the latest stall onset takes place at a Reynolds number of 60,000.

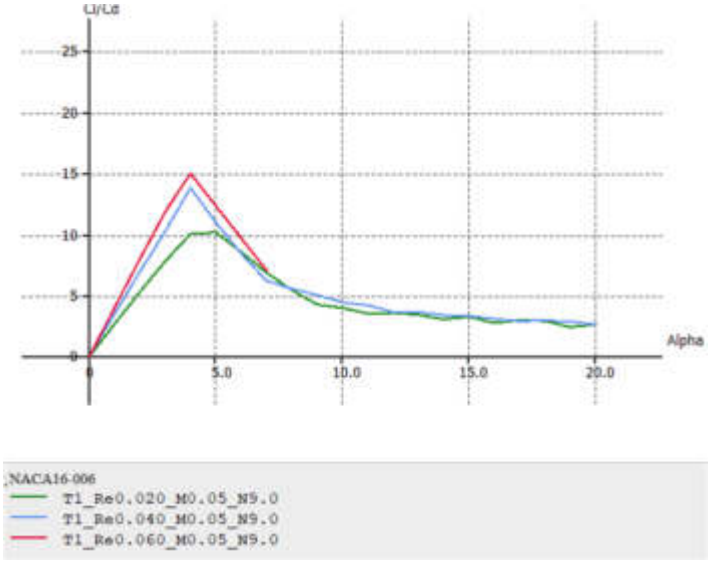


Figure 8. Cl/Cd–AoA Graph of the NACA16-006 Airfoil Profile

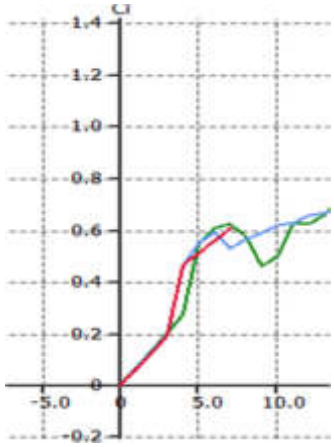


Figure 9. Cl–AoA Graph of the NACA16-006 Airfoil Profile

When the aerodynamic force results are examined, it is observed that for all four airfoil profiles, the highest lift coefficient is obtained at the highest Reynolds number used in the study, namely Re = 60,000. The geometric differences among the wings affect the lift coefficient values. However, it is also seen that a Reynolds number of 20,000 is not a suitable operating condition for the NACA0010 and NACA0018 airfoil profiles. The increase in airfoil thickness indicates that low Reynolds number conditions are not appropriate for such profiles.

Pressure Distribution Plots

The flow behavior at different Reynolds numbers has been examined on the wing surfaces. In this analysis, variations in the curves are observed depending on the geometries of the airfoil profiles. More negative Cp values on the wing surface increase the suction effect, which directly contributes to an increase in the total lift coefficient of the wing.

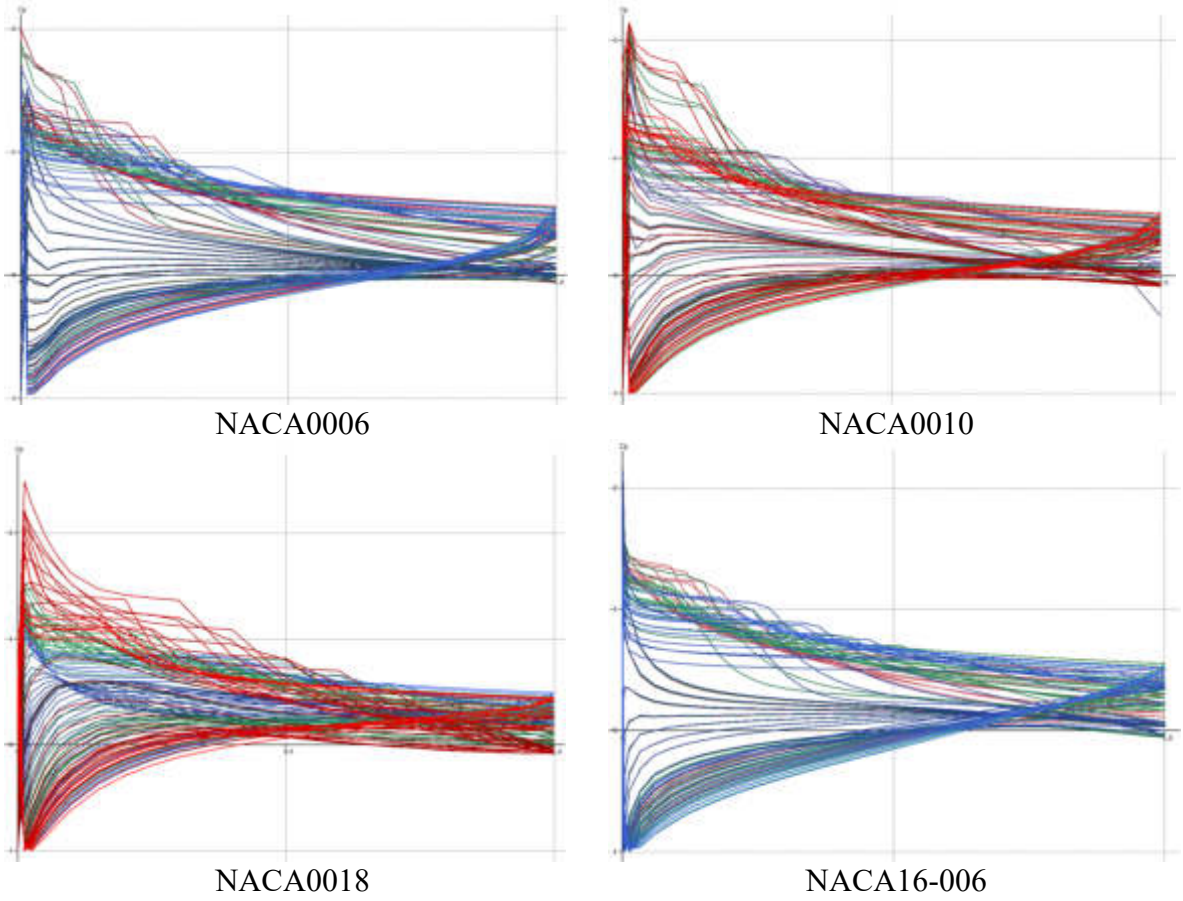


Figure 10. Airfoil Surface Pressure Distribution (Cp–x)
(Re = 60,000, 40,000, 20,000, respectively: red, green, blue)

In Figure 10, the pressure distributions over the airfoil surfaces are examined. In general, except for the NACA16 series, the other symmetric airfoil profiles used in the study exhibit increasingly ideal flow behavior as the Reynolds number increases. At a Reynolds number of 20,000, fluctuations are observed along the surface, and the formation of laminar separation bubbles is expected. The Reynolds number of 40,000 shows a smoother pressure distribution compared to 20,000. For the NACA16-006 airfoil profile, however, the Reynolds number of 20,000 demonstrates relatively smoother flow behavior compared to the other airfoils. For this airfoil profile, the pressure distribution behavior appears similar across the other Reynolds numbers.

CONCLUSION

When the Cp–x graph from the analysis is examined, it is observed that the pressure distribution becomes more uniform as the airfoil thickness increases. Accordingly, the lift coefficient also increases. For thin airfoil profiles, when the curves at a Reynolds number of 20,000 are examined, it is observed that the peak of the low-pressure region remains narrow. As the pressure difference decreases, the lift produced is limited, indicating a tendency toward flow separation from the airfoil surface. In the NACA0018 airfoil, the low-pressure region is wider, allowing it to generate higher lift. In thicker airfoil profiles, as the Reynolds number increases, the pressure distribution becomes smoother, and flow separation is delayed, allowing the flow to remain attached to the airfoil surface for a longer time.

This comparison demonstrates that increasing airfoil thickness yields more reliable aerodynamic performance. Although pressure distribution becomes irregular at low Reynolds numbers, it has been determined that thicker airfoils develop smoother pressure distribution curves.

The observation of negative lift generation at low Reynolds numbers in the NACA0018 airfoil, even though it is a symmetric profile, indicates the formation of a large laminar separation bubble. Flow acceleration around the leading-edge region becomes insufficient, resulting in a negative pressure gradient forming early, which prevents the expected pressure drop on the upper surface, and the pressure distribution reverses. XFLR5 clearly demonstrates this tendency at low Reynolds numbers. It has also been confirmed through XFLR5 analyses that the NACA16-006 airfoil is designed for low-drag applications. At different Reynolds numbers, similar lift generation levels are observed, indicating that this airfoil may be preferred for high-speed applications. Its general purpose of use—stabilization—is evident from previous studies and from the changes observed in force production.

Overall, when airfoil thickness is compared across different Reynolds numbers, it is evident that thickness has a significant influence on aerodynamic performance. Thin airfoils exhibit limited impact on the flow and produce lower lift coefficients compared to thicker profiles. The broad low-pressure region that forms on thick airfoils increases lift and delays stall, indicating a more stable aerodynamic structure. Increasing the Reynolds number results in significant improvements, enabling the pressure distribution to become more uniform throughout the flow. The current study, conducted at low Reynolds numbers, highlights the significance of airfoil thickness in determining the suitability of airfoil profiles for various applications. These findings reveal that thickness is a critical aerodynamic control parameter among the examined profiles and that it directly determines performance, even in low-speed applications.

REFERENCES

Abbott, I. H., & von Doenhoff, A. E. (1959). Theory of Wing Sections. Dover Publications.

Drela, M., & Giles, M. B. (1987). Viscous–inviscid analysis of transonic and low-Re airfoils. AIAA Journal, 25(10), 1347–1355.

Gregory, N., & O'Reilly, C. L. (1970). Low-speed aerodynamic characteristics of NACA 0012 and 0015. Royal Aircraft Establishment Report.

Ladson, C. L. (1988). Effects of independent variation of Mach and Reynolds numbers on the low-speed aerodynamic characteristics of the NACA 0012 airfoil section. NASA TP-4074.

Lin, K., Zhang, S., Liu, C., Yang, H., & Zhang, B. (2023). Aerodynamic optimization of NACA 0012 airfoils with attached Gurney flap in the rarefied gas flow. AIP Advances, 2023(13):125002.

Masri, J., & Ismail, M. (2025). Numerical analysis of the aerodynamic characteristics of tandem NACA 4412 airfoils under heated wake influence. Journal of Advanced Research in Numerical Heat Transfer, 2025(32):1.

Prisacariu, V. (2018). Analysis performances of UAV airships. Scientific Bulletin of Naval Academy, 21(1), 30–35.

Rodriguez, I., Lehmkuhl, O., & Borrell, R. (2020). A comparison of turbulence models for separated flows in low-Reynolds-number regimes. Flow, Turbulence and Combustion, 105, 275–296.

Rodríguez-Sevillano, Á. A., Casati-Calzada, M. J., Bardera-Mora, R., Ballesteros-Grande, L., Martínez-García-Rodrigo, L., López-Cuervo-Alcaraz, A., … Matías-García, J. C. (2023). Exploring the effectiveness of visualization techniques for NACA symmetric airfoils at extremely low Reynolds numbers. Fluids, 2023(7)8: 207.

Sanchez Ramirez, A., Islán Marcos, M. E., Blaya Haro, F., D'Amato, R., Sant, R., & Porras, J. (2019). Application of FDM technology to reduce aerodynamic drag. Rapid Prototyping Journal, 25(7), 1173–1182.

Şahin, M., & Açıkgöz, M. (2020). Aerodynamic performance analysis of modified NACA airfoils at low Reynolds numbers. Aeronautical Journal, 124(1274), 165–186.

Tunca, S. G., & Özgür, M. A. (2023). Positioning analysis of the lift force sensor in subsonic wind tunnel test chamber design and its effect on NACA0015 airfoil. Journal of Scientific Reports-A, 3(2), 193–205.

Tunca, S. G., & Özgür, M. A. (2023). Sesaltı Rüzgâr Tünelinde Kanat Aerodinamiği – Kuvvet ve Akış Görüntüleme Analizleri. Kırklareli University Journal of Engineering and Science, 9(2), 516–527.

Wakayama, S., & Kroo, I. (1995). Multidisciplinary optimization of the design and operation of small air vehicles. Journal of Aircraft, 32(4), 823–829. https://doi.org/10.2514/3.46786

Göv, İ., & Doğru, M. H. (2020). Aerodynamic optimization of NACA 0012 airfoil. The International Journal of Energy and Engineering Sciences, 2020 (2)5:146-155.

Hamoud, A. J. (2023). The aerodynamic analysis of iced and clean NACA 4410 and 0012 airfoils. Pollack Periodica, 2023(18)2:29–34.

Handoyono, N. A., & Wardhana, A. G. S. (2019). Comparison of hint wind tines of airfoil type NACA 4412, NACA 23012, and NACA 16-212 using QBlade software. VANOS Journal of Mechanical Engineering Education, 2019(4)1:85-93

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ELEKTRONİK KOMPONENTLERİN TERMAL MODELİNİN SAYISAL METOTLAR İLE ARAŞTIRILMASI

Erdem ERÇAKMAK
MEGE Teknik A.Ş.
ORCID: 009-0008-2427-5531

ÖZET
Gelişen teknoloji ile birlikte elektronik komponentler değişime ve gelişime uğramaktadır. Bu gelişim genellikle komponentlerin verimliliklerini ve ömürlerini arttırmak üzerinedir. Ancak elektronik komponentlerin boyutları da bu gelişmelere bağlı olarak küçülme eğilimi göstermektedir. Bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda komponentlerde; hacim, kütle, verim ve ömür anlamında ciddi kazançlar elde edilmesine rağmen termal yönetimleri gittikçe zorlaşmaktadır. Bu problemin başlıca sebepleri yukarıda sayılan avantajlardan doğmaktadır. Örneğin, küçük boyutlu komponentlerden ısı atımı, büyük boyutlu komponentlere göre daha zordur çünkü yüzey alanı küçülmüştür. Küçülen yüzey alanları elektronik komponentlerde ısı atımını zorlaştırmaktadır. Ya da artan çip sıcaklıkları komponentlerin hem kendi başlarına hem de birbirleriyle uyum içerisinde çalışmalarına engel olmaktadır. Elektronik bileşenlerin tasarımı esnasında bahsi geçen termal problemler göz önünde bulundurulsa da bileşenin verimliliği, ömrü, kütlesi, boyutu ve kalitesi elektronik tasarımcılar için daha öncelikli parametrelerdir. Bu sebeplerden dolayı elektronik bileşenlerin sistem düzeyinde termal yönetimi yüksek önem taşımaktadır. Elektronik komponentleri termal olarak stabil bir şekilde çalıştırabilmek için çeşitli soğutma yöntemlerine başvurulmaktadır. Bu soğutma yöntemlerinden en yaygın olanı "Doğal Taşınım" dır çünkü düzgün uygulandığında oldukça efektif soğutma sağlamasının yanı sıra diğer soğutma yöntemlerine göre bakım-onarım gerektirmez, kolay uygulanabilir ve ucuzdur. Ancak bazı uygulamalarda doğal taşınım yetersiz kalmaktadır. Bu noktada "Zorlanmış Taşınım" ve "Sıvı Soğutma" gibi seçenekler sıklıkla kullanılmaktadır. Sistem tasarımcıları, geliştirdikleri ürünün dizayn aşamaları sırasında elektronik bileşenlerin soğutma performansını ön görmek ve sisteme uygun soğutma yöntemi seçmek için çeşitli yazılım ve simülasyon programlarından faydalanırlar. Bu yazılım ve simülasyon uygulamalarının temelini sayısal metotlar oluşturmaktadır. Bu nedenle elektronik komponentlerin termal modellerinin sayısal metotlar yardımıyla oluşturulması ve araştırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada elektronik komponentlerin termal modellerinin sayısal metotlardan faydalanılarak oluşturulması incelenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Elektronik Komponent, Termal, Termal Yönetim, Isı, Soğutma,

EXAMINING THERMAL MODELS OF ELECTRONIC COMPONENTS THROUGH NUMERICAL METHODS

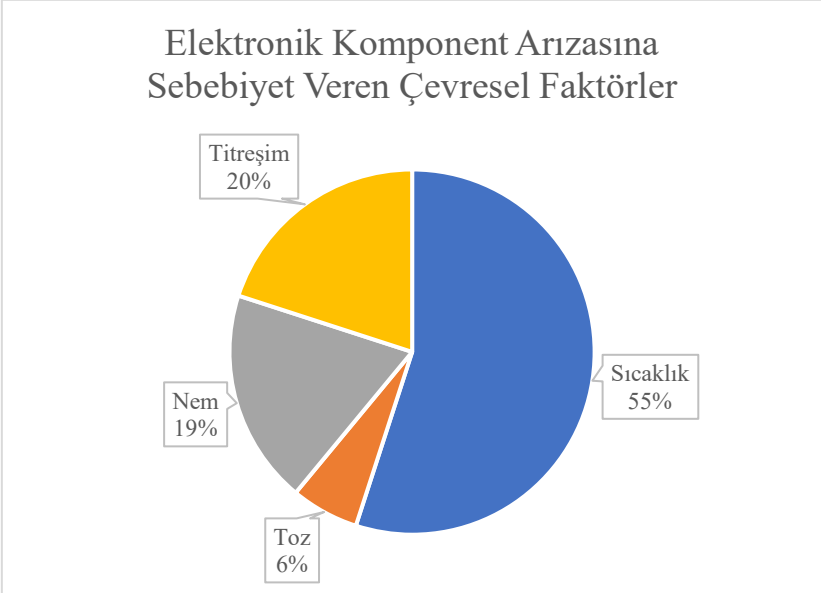
ABSTRACT
With the development of new technologies, electronic components are changing and developing day by day. These developments generally aim to increase electronic component's efficiency and lifetime. Additionally, dimensions of electronic components also have a tendency to decrease due to technological improvements. Consequently, they gain advantages in terms of volume, mass, efficiency and service time, but their thermal management becomes more problematic. Reasons behind this issue are directly related to the mentioned advantages of latest technology electronic components. For instance, components with smaller sizes have less heat dissipation rates than bigger ones because of reduced surface area. Reduced surface areas cause harder heat dissipation in electronics.

Moreover, increased chip temperature disrupts the harmony between electronic components, even it affects negatively the chip's own performance. Although, thermal issues are taken into consideration during electronic part design, some parameters like lifespan, mass, size and quality of the part have priority. Therefore, thermal management of electronic parts at the system level is critical. In order to make electronics work stable, some cooling techniques are used. One of the most popular cooling techniques is "Natural Convection" because it provides effective cooling to systems, has no maintenance requirements, easy to apply and cheap. Yet, natural convection is insufficient in several cases. Options like "Forced Convection" and "Liquid Cooling" techniques are frequently used when natural convection is not enough. System designers are using several software and simulation programs to control thermal performance of the system and decide the best cooling method during design phase. Numerical methods form the basis of these software and programs. As a consequence, creating thermal models of electronic parts with the help of numerical methods has a significance. In this study, creating thermal models of electronic components through numerical methods is examined.
Keywords: Electronic Component, Thermal, Thermal Management, Heat, Cooling

GİRİŞ

Temelini güç elektroniğinin oluşturduğu sistemler gün geçtikçe farklı endüstrilerde yaygınlaşmaktadır. Bu yaygınlaşmanın sebebi ise güç elektroniğinden yararlanılarak güvenilir, uzun ömürlü ve kompakt sistemler tasarlanabilmesidir. Bir güç elektroniği sisteminin güvenilir, uzun ömürlü ve kompakt olabilmesi için sistemi oluşturan her bir bileşenin de bu özelliklere sahip olması gerekmektedir. Onlarca farklı bileşenden oluşan sistemlerde, bir komponentin kusurlu çalışması ya da çalışmaması tüm sistemin performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Elektronik komponentlerin aşırı ısınması komponentlerin kendi performansını ve dolaylı olarak sistem performansını negatif etkileyen faktörlerden bir tanesidir. Bir bileşenin aşırı ısınmasının birden çok nedeni olabilir ancak başlıca nedenler; yetersiz soğutma performansı ya da aşırı yüke maruz kalma durumudur.

Güç elektroniği sistemlerinin soğutma performanslarını iyileştirmek için öncelikle elektronik komponentlerin termal yönetim mekanizmasını anlamak gereklidir. Bu konu ile ilgili literatürde çeşitli teorik ve deneysel çalışmalara rastlamak mümkündür. Lasance'a göre entegre devreler (IC), çoklu-çip modülleri (McM's), paket içi sistemler (SiP), LED'ler ve dönüştürücülerin termal karakterizasyonunun oluşturulmasına karşı artan bir ilgi vardır. Bu ilginin temelinde ise kart ve sistemlerdeki sıcaklıkların doğru hesaplanması ihtiyacı yatmaktadır. Kart ve sistemlerdeki sıcaklıkların tasarım esnasında doğru hesaplanması önemlidir çünkü Şekil 1'de görüldüğü üzere elektronik bileşen arızasını tetikleyen çevresel faktörlerin başında sıcaklık gelmektedir.



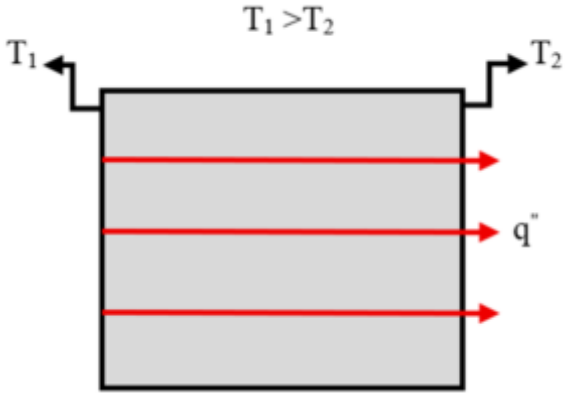
Şekil 1 Elektronik Komponent Arızasına Sebebiyet Veren Çevresel Faktörler [Shende, M. D. (2013).]

Teknolojide gerçekleşen gelişimden elektronik bileşenlerde faydalanmıştır. Yıllar içerisinde bileşenlerin boyutları küçülmüş ve güç yoğunlukları artmıştır. Ancak bu avantajlar kendi dezavantajlarını beraberinde getirmiştir. Artan güç yoğunlukları ve elektronik parçaların boyutlarının küçülmesi bu parçalardan ısı atımını zorlaştırmıştır. Yine de bu bileşenler güç elektroniği sistemlerinde aktif olarak kullanılmışlardır çünkü teknolojinin gelişmesi soğutma yöntemlerinin de gelişmesine sebep olmuştur. Ramalingam ve Anandan bu durumu şu şekilde değerlendirmektedir. "Isı yönetimi yeni tasarımların arkasındaki itici güç olamaz. Diğer gereksinimler ve kısıtlamalar ile ele alınmalıdır." Sonuç olarak, elektronik bileşen tasarımında çeşitli isterler gözetilmekte ve fayda maaliyet hesaplamaları yapılmaktadır. İstisnai durumlar dışında elektronik, termal ve boyutsal özelliklerin hepsi bir bütün olarak değerlendirilmeli ve optimum tasarımın elde edilmesi hedeflenmelidir.

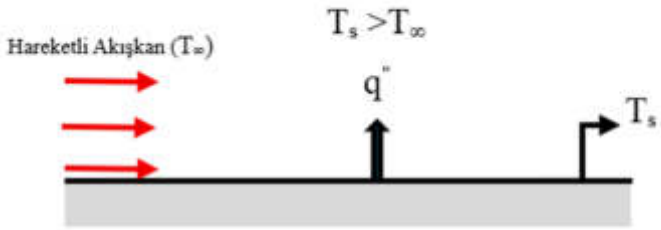
ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Elektronik bileşenlerin termal modellerinin oluşturulabilmesi için "Isı Transferi" mekanizmaları ve "Termal Direnç" konsepti hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Isı transferini Bergman ve arkadaşları şu şekilde tanımlamıştır: "Sıcaklık farkından dolayı meydana gelen termal enerji geçişi ısı transferi olarak adlandırılır." Tanımda da belirtildiği üzere iki cisim ya da yüzey arasında ısı transferi gerçekleşebilmesi için bu cisimler/yüzeyler arasında sıcaklık farkı olması gerekmektedir ve ısı transferi daima sıcak olan cisimden/yüzeyden soğuk olan cisime/yüzeye doğru gerçekleşir. Toplamda 3 farklı ısı transferi mekanizması bulunmaktadır, bunlar; iletim, taşınım, ışınımdır [Bergman, T.L., Lavine, S.A., Incropera, F.P. and Dewitt, D.P. (2011)].

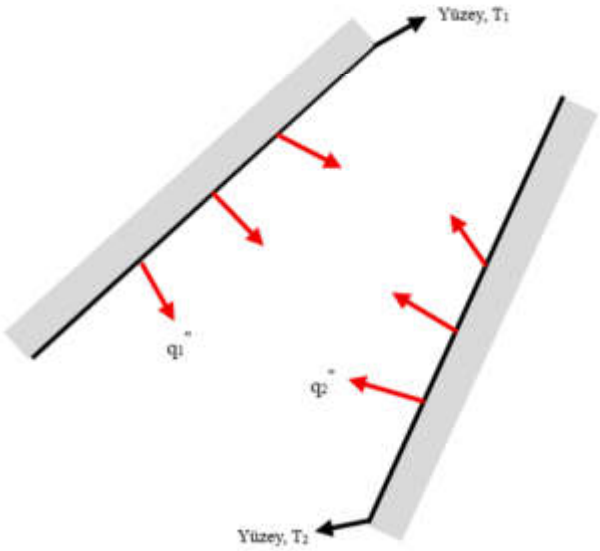
İLETİM
Katı cisim ya da durağan akışkanda gerçekleşen iletim



TAŞINIM
Hareketli akışkan ile durağan yüzey arasında gerçekleşen taşınım



IŞINIM
Işınım ile ısı değişimi gerçekleştiren iki yüzey



Şekil 2 Isı Transferi Mekanizmaları [Bergman, T.L., Lavine, S.A., Incropera, F.P. and Dewitt, D.P. (2011)]

İletim

İletim ile ısı transferi, 3 farklı ısı transferi mekanizmasından biridir. Bu mekanizma katı maddelerde ya da hareketsiz akışkanlarda sıcaklık eğrisi (gradyanı) sebebiyle meydana gelmektedir. Özışık bu mekanizmayı şu şekilde tanımlamaktadır: İletim ile ısı transferi, cisimdeki sıcaklık gradyanının varlığından dolayı enerji alışverişinin yüksek sıcaklık bölgesinden düşük sıcaklık bölgesine doğru gerçekleştiği ısı transferidir. Yüksek enerjili molekül ya da atomlar düşük enerjili molekül ya da atomlara çarparak bu enerjilerini aktarırlar. Bu aktarım sistem dengesini bulana kadar devam eder.

Yani katı ya da akışkanın her bölgesi aynı sıcaklığa ulaştığında iletim ile ısı transferi son bulur. İletim ile ısı transferini matematiksel olarak tanımlamak ve gerekli hesaplamaları yapmak için ise Fourier Isı İletim Yasası'ndan faydalanılmaktadır. Kartezyen koordinat sisteminde Fourier Isı İletim Vektörleri şu şekilde gösterilir:

$$\overrightarrow{\dot{Q}_n} = \dot{Q}_x\,\vec{\imath} + \dot{Q}_y\,\vec{\jmath} + \dot{Q}_z\,\vec{k} \quad (1)$$ [Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2014).]

1 numaralı denklemde alt indis ile gösterilen "n" harfi kartezyen koordinatlarda gerçekleşen total ısı transferi doğrultusunu göstermektedir. $\vec{\imath}, \vec{\jmath}\ ve\ \vec{k}$ ise birim vektörlerdir. $\dot{Q}_x, \dot{Q}_y\ ve\ \dot{Q}_z$ ise x, y ve z doğrultularındaki ısı transfer oranı büyüklüklerini sembolize etmektedir.

$$\dot{Q}_x = -kA_x \frac{\partial T}{\partial x}, \qquad \dot{Q}_y = -kA_y \frac{\partial T}{\partial y}\ ve$$

$$\dot{Q}_z = -kA_z \frac{\partial T}{\partial z}\ (W)$$

(2) [Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2014).]

2 numaralı denklemdeki "k" harfi katı ya da akışkanın termal iletkenliğini belirtmektedir. Termal iletkenliğin önündeki eksi (-) sembolü ise iletim ile ısı transferinin yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru gerçekleştiğini göstermektedir. "T" ibaresi ise sıcaklık değerini ifade etmektedir.

Taşınım

Taşınım ile ısı transferi ısının akışkan aracılığıyla sıcaklığın yüksek olduğu bölgeden sıcaklığın düşük olduğu bölgeye taşınması durumuna verilen addır. Taşınım ile ısı transferi katı bir yüzey ile bir akışkan arasında gerçekleşmektedir. Taşınım ile ısı transferi oranını belirlemek için Newton'un Soğutma Yasası'ndan faydalanılır.

$$\dot{Q} = hA_s(T_s - T_\infty)\ (W)$$ (3) [Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2014).]

3 numaralı denklemdeki "h" harfi konveksiyonel ısı transferi katsayısını ifade etmektedir. Konveksiyonel ısı transferi katsayısı birçok değişkene bağlıdır. Örneğin; yüzey geometrisine, yüzey üzerindeki akışın türüne ve akışkan özelliklerine bağlıdır. A_s ifadesi ise taşınım ile ısı transferi gerçekleşecek yüzeyin alanını göstermektedir. T_s ve T_∞ ise sırasıyla yüzey sıcaklığı ve akışkan sıcaklığını göstermektedir.

Taşınım ile ısı transferinde "Doğal Taşınım" ve "Zorlanmış Taşınım" olmak üzere iki ayrı durum bulunmaktadır. Doğal taşınımda herhangi bir fan, pompa ya da rüzgar aracılığıyla akışkanın hızını arttırmak amaçlanmaz. Doğal taşınımda ısınan akışkan kaldırma kuvvetine maruz kalır. Bu maruziyetin sebebi ise yoğunluk farkı oluşmasıdır. Isınan akışkanın yoğunluğu azalır ve yükselir. Zorlanmış taşınımda ise katı yüzey üzerinde sıvı ya da gaz bir maddenin akış gerçekleştirmesi gerekmektedir. Örneğin, ısıtılmış bir taşın kendi haline bırakılıp soğuması doğal taşınım ile gerçekleşirken, aynı taşın önüne fan koyup fan aracılığıyla soğutulması zorlanmış taşınıma örnektir.

Işınım

Işınım ile ısı transferi termal enerjinin elektromanyetik dalgalar aracılığıyla taşınmasına ve başka bir cisme ya da ortama aktarılmasına verilen isimdir. Işınımı diğer iki ısı transferi mekanizmasından ayıran önemli bir özellik vardır. Işınım ile ısı transferi gerçekleşmesi için ortama ihtiyaç duyulmaz. Bunun sebebi ise termal iletimin elektromanyetik dalgalar aracılığıyla vuku bulmasıdır. Ayrıca sıcaklığı mutlak sıfırın üzerinde olan her cisim ışınım gerçekleştirmektedir. Cisimler tarafından yayılan ışınımı hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılır:

$$\dot{Q} = \varepsilon\sigma A_s T_s^4 \ (W) \ (4) \ [\text{Cengel, Y. A., \& Ghajar, A. J. (2014).}]$$

4 numaralı denklemde "ε" sembolü emisiviteyi yani cismin yayıcılığını ifade eder. Bir cismin emisivitesi 0 ila 1 arasındadır. Emisivitesi 1 olan cisim kara cisim olarak adlandırılmıştır ve bir ideal durumu belirtmek için kullanılmaktadır. Gerçek hayatta emisivite değeri 1 olan bir cisim yoktur. "σ" sembolü Stefan-Boltzmann sabitidir. σ= 5.670 X 10^{-8} W/m^2K değerine sahiptir. A_s ifadesi ise ışınımın gerçekleşeceği yüzeyin alanını belirtmektedir. Son olarak T_s ise yüzey sıcaklığını ifade etmektedir.

Bir cismin yapacağı ışınım ile ısı transferi 4 numaralı denklem ile gösterilebilir. Ancak iki cisim arasındaki net ışınım ile gerçekleşen ısı transferini bulmak için;

$$\dot{Q} = \varepsilon\sigma A_s(T_s^4 - T_{surr}^4) \ (W) \ (5) \ [\text{Cengel, Y. A., \& Ghajar, A. J. (2014).}]$$

Denklemi kullanılır. Bu denklemdeki T_{surr} ifadesi diğer yüzeyin sıcaklığını belirtir.

Termal Direnç

Termal direnç kavramı ısı transferi bilimindeki temel konseptlerden birisidir. Termal direnç bir malzemenin ısı transfer hızına karşı gösterdiği mukavemet olarak tanımlanabilir. Özetle bu terim sıcaklık farkının ısı transfer hızına olan etkilerini göstermektedir. Bu noktada termal direncin elektriksel dirence benzediğini söylemek mümkündür. Çengel ve Ghajar, ısı transfer hızını elektriksel akıma, termal direnci elektriksel dirence ve sıcaklığı ise voltaja benzetmiştir. Elektriksel direnç volt ile akım arasındaki ilişkiyi gösterirken, termal direnç sıcaklık farkı ile ısı transfer hızı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Her bir ısı transferi mekanizması için termal direnç hesaplama formülleri bulunmaktadır.

$$R_{t,iletim} = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{\dot{Q}} = \frac{L}{kA} \ (6)$$

$$R_{t,taşınım} = \frac{T_s - T_\infty}{\dot{Q}} = \frac{1}{hA} \ (7)$$

$$R_{t,ışınım} = \frac{T_s - T_{sur}}{\dot{Q}} = \frac{1}{h_r A} \ (8)$$

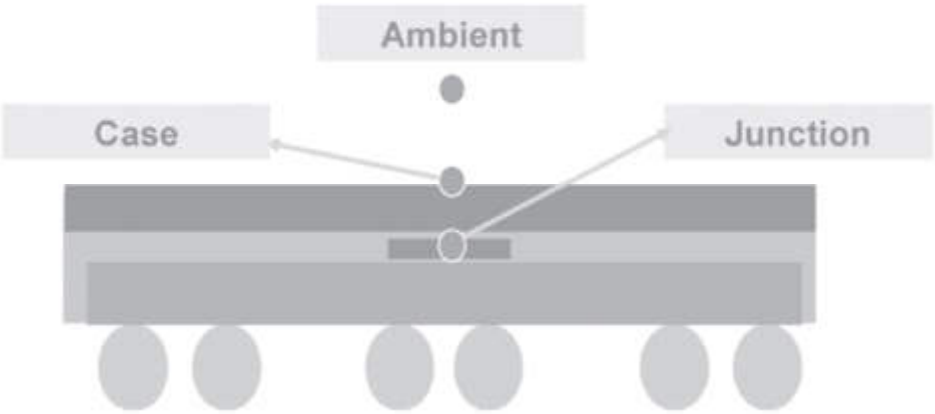
$$[Bergman, T. L., Lavine, S. A., Incropera, F. P. and Dewitt, D. P. (2011)]$$

"T_s" sembolü ile yüzey sıcaklıkları belirtilmiş olup "T_∞" sembolü ile ortam sıcaklığı, L materyal kalınlığını (m), k termal iletkenlik katsayısını (W/mK), h konveksiyonel ısı transferi katsayısını (W/m^2K), h_r ise ışınım ısı transferi katsayısını (W/m^2K) ve son olarak A ifadesi ile yüzey alanını (m^2) belirtmektedir.

Elektronik Komponentlerin Termal Modelinin Oluşturulması

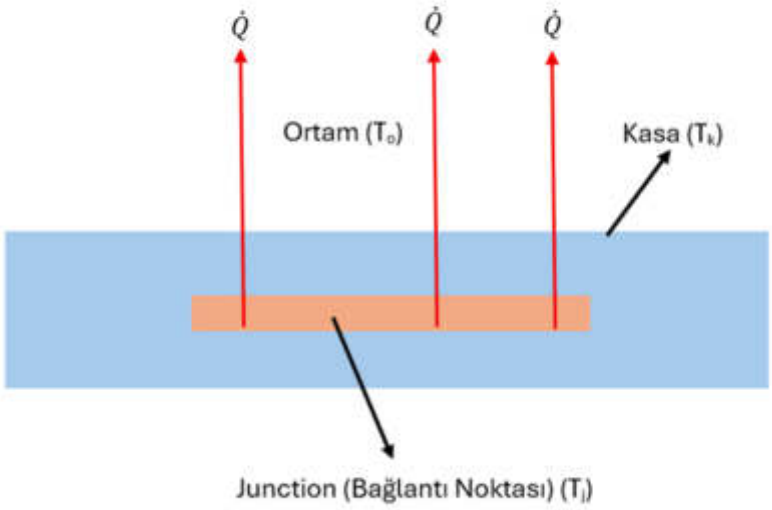
Termal modelin oluşturulabilmesi için elektronik bileşenlerin "Junction to Case Thermal Resistance (R_{JC})" ya da "Junction to Ambient (R_{JA}) olarak adlandırılan termal direnç verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. R_{JC} ve R_{JA} direnç verileri komponentlerin termal dizaynlarını ve çalışma sıcaklıklarını belirlemede kullanılırlar. Bu verileri elde etmek için elektronik bileşen üreticileri çeşitli testler yürütmektedir. Yürütülen bu testler neticesinde R_{JC} ve R_{JA} termal dirençleri belirlenip, komponentlerin veri sayfasında tasarımcılarla paylaşılmaktadır. Tasarımcılar bu parametreleri göz önünde bulundurarak tasarımlarını gerçekleştirmektedir.

R_{JA} termal direnci bileşenin içindeki direnci yani iletim ile gerçekleşen ısı transferini ve bileşenin dışında taşınım ile meydana gelen ısı transferinin verilerini içermektedir, R_{JC} ise sadece bileşenin içinde meydana gelen termal direnci karakterize etmektedir [Lasance, C. J. (2008)]. Bu durum **Şekil 3**'te net bir şekilde gözükmektedir.



Şekil 3 Elektronik komponentin bağlantı noktası, kasası ve ortam düğümlerinin şeması [Lasance, C. J. (2008)].

Elektronik komponentlerin termal modellerinin oluşturulması esnasında sadece elektronik bileşenler değil varsa sisteme entegre termal ped, soğutucu ve komponentlerin temas ettiği yüzeyler de göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 4 Elektronik komponent kesiti

Şekil 4'te elektronik bileşenin kesiti alınmış ve bileşenin termal modeli kullanılırken gerekli olacak sıcaklık değerlerinin hangi yüzeylerden alınacağı gösterilmiştir. Eğer **Şekil 4**'teki gibi bir elektronik parça herhangi bir termal ped ya da soğutucu ile temas halinde bulunmuyorsa ve tek yönlü ısı transferi olduğu varsayılırsa termal modeli aşağıdaki gibi oluşturulur:

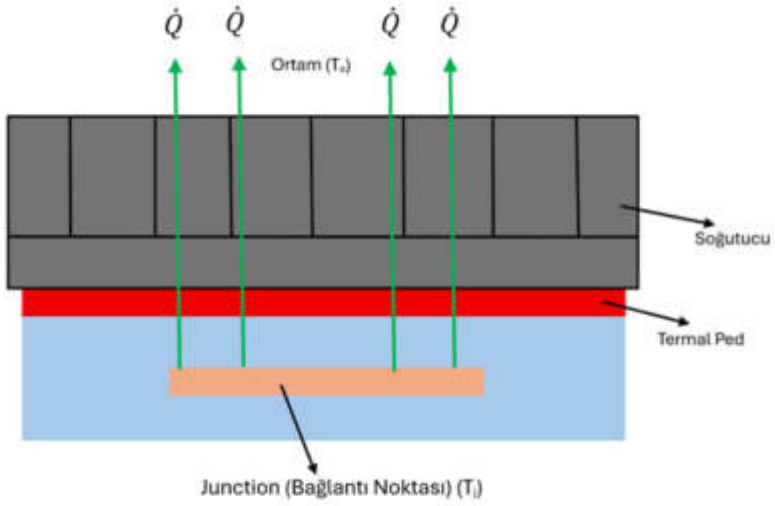
$$\dot{Q} = \frac{T_J - T_O}{R_{JA}} \ (W) (9)$$

$\dot{Q}$ ısı transfer hızını (W), T_J bağlantı noktası (Junction) sıcaklığını (K) ve T_O ise ortam sıcaklığını ifade etmektedir. Bu durum için bir ısıl direnç şematiği oluşturulduğunda **Şekil 5** meydana gelmektedir.



Şekil 5 Elektronik bileşen ısıl direnç şematiği

Elektronik sistem kurgusunda bazı elektronik parçalar görevleri dolayısıyla diğer parçalardan daha fazla yüke maruz kalırlar ve bu maruziyet sebebiyle ek soğutma sistemlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu noktada genellikle soğutucu blokları kullanılmaktadır. Soğutucu blokları yüzey alanını arttırarak ısı atımını kolaylaştırmak için tasarlanırlar. Bir elektronik bileşen soğutucu blok aracılığıyla soğutulmak istendiğinde elektronik parça ile blok arasına termal ped konulmaktadır. Termal ped sayesinde bileşen ile blok arasında düzgün bir temas noktası oluşturulup maksimum soğutma performansı sağlanmaktadır.



Şekil 6. Soğutucu blok ile soğutulan elektronik komponent

Şekil 6'daki gibi bir elektronik bileşenin termal yönetimi soğutucu blok aracılığıyla gerçekleşiyorsa ve tek yönlü ısı transferi olduğu varsayıldığında termal model şu şekilde oluşturulur:

$$\dot{Q} = \frac{T_J - T_O}{R_{JC} + R_{Termalped} + R_{Soğutucu}} (W) (10)$$

$$R_{Termalped} = \frac{L}{kA} (11)$$

Denklem 11'de L termal ped kalınlığını (m), k termal pedin termal iletkenlik katsayısını (W/mK) ve A ise termal pedin yüzey alanını (m^2) ifade etmektedir.

$$R_{Soğutucu} = R_{iletim,soğutcu} + R_{Taşınım,soğutucu} \quad (12)$$

$$R_{iletim,soğutucu} = \frac{L}{kA} \quad (13)$$

$$R_{taşınım,soğutucu} = \frac{1}{hA} \quad (14)$$

Denklem 13'te L soğutucunun kalınlığını (m), k soğutucunun termal iletkenlik katsayısını (W/mK) ve A ise soğutucunun yüzey alanını (m^2) ifade etmektedir. **Denklem 14**'teki h ise iletim ısı transfer katsayısını (W/m^2K) ve A ise soğutucunun yüzey alanını (m^2) belirtmektedir.

12, 13 ve 14 numaralı denklemlerin değerleri yerlerine konulup **Denklem 10**'a entegre edildiğinde soğutucu blok ile soğutulan bir elektronik bileşenin termal modeli oluşturulmuş olur. Bu model sayesinde ısı akısı, ısı transfer hızı ve yüzey sıcaklığı parametreleri hesaplanabilir.



Şekil 7 Soğutucu blok ile soğutulan elektronik komponentin ısıl direnç şeması

SONUÇ

Elektronik parçalar gerçekleşen teknolojik gelişmelerle birlikte zaman içerisinde değişime ve dönüşüme uğramışlardır. Bu değişimlerin sonucunda boyutları küçülerek daha az alan kaplamalarıyla birlikte hem paket hem de güç yoğunlukları da artmıştır. Yani daha küçük hacimde daha güçlü parçalar üretilmeye başlanmıştır. Ancak güç yoğunluklarının artması ve boyutların küçülmesi elektronik komponentleri termal açıdan daha kritik bir noktaya taşımıştır. Elektronik parçalar daha çok ısıl sorunlar yaşamaya başlamıştır. Bu sorunları çözmek adına araştırmacılar elektronik komponentlerin detaylı termal modellerini sayısal metotlar ile oluşturarak ısıl davranışlarını detaylandırmak ve yeni soğutma teknolojileri geliştirmek üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır.

Elektronik parçaların termal modellerinin sayısal metotlarla detaylandırılması, tasarım esnasında sistem tasarımcılarına önlem alma imkanı yaratmıştır. Sorunları önden görerek sistemin tasarımını değiştirmek, sistemin soğutma kapasitesini arttırmak gibi opsiyonları daha tasarımın yapıldığı esnada uygulamaları noktasında fayda sağlamıştır. Detaylanan termal modeller simülasyon programlarının da detaylanmasına ve araştırmacıların gerçek hayata daha yakın analiz ve simülasyon sonuçları elde etmelerinde yardımcı olmuştur. Gerçeğe daha yakın analiz ve simülasyon sonuçlarıyla tasarım maliyetleri azalmış ve daha kaliteli sistemler daha ucuza üretilebilir olmuştur.

Elektronik komponentlerin termal modellerinin sayısal metotlar aracılığıyla oluşturulması soğutma teknolojilerine de katkıda bulunmuştur. Yine simülasyonlar aracılığıyla yeni soğutma teknolojileri geliştirilmeye çalışılmış ve var olan teknolojiler geliştirilmiştir. Güç elektroniği bazında en sık kullanılan soğutma metodu "Doğal Taşınım" dır.

Doğal taşınımın bu kadar sık kullanılmasının başlıca sebepleri; düşük maliyetli olması, doğru sisteme doğru şekilde uygulandığında efektif soğutma sağlaması ve imalatının kolay olması gibi faktörlerdir. Ancak bazı durumlarda doğal taşınım yeterli performansı sağlayamaz. Bu noktada; Zorlanmış Taşınım, Sıvı Soğutma, Isı Boruları ve Termoelektrik Soğutma gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler kendi içinde de çeşitlenmektedir. Ancak bu metotlar kompleks uygulamalara sahip oldukları için tasarımcılar hassas maliyet fayda hesapları yapmaktadırlar. Bu yöntemler arasında uygulaması en basit olan zorlanmış taşınım metodudur. Soğutucu bloklara fan aracılığıyla akışkan üfleyerek soğutma esasına dayanmaktadır.

Sonuç olarak elektronik bileşenlerin termal modellerinin sayısal metotlarla oluşturulması daha verimli, daha güçlü ve daha az hacim kaplayan sistemler geliştirilmesine ciddi katkılarda bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma MEGE Teknik A.Ş. AR-GE merkezi tarafından desteklenmiştir. MEGE Teknik A.Ş.'ye katkılarından dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

Anandan, S. S., & Ramalingam, V. (2008). Thermal management of electronics: A review of literature. Thermal science, 12(2), 5-26.

Bergman, T.L., Lavine, S.A., Incropera, F.P. and Dewitt, D.P. (2011) Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7th Edition, John Wiley & Sons, Hoboken.

Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2014). *Heat and mass transfer: Fundamentals and applications* (5th ed.). McGraw-Hill Professional.

Lasance, C. J. (2008). Ten years of boundary-condition-independent compact thermal modeling of electronic parts: A review. *Heat Transfer Engineering*, *29*(2), 149-168.

Özışık, M. N. (1993). *Heat conduction* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Shende, M. D. (2013). Cooling of electronic equipments with heat sink: A review of literature. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, *5*(2), 56-61.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ON THE SPACE OF INTERVAL-VALUED ABEL CONVERGENT SEQUENCES

Doç. Dr. Bağdagül KARTAL ERDOĞAN
Erciyes University, Faculty of Science, Department of Mathematics
ORCID: 0000-0001-6223-0838

Osman TOPÇU
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Mathematics
ORCID: 0009-0000-1221-2367

ABSTRACT
This study introduces and investigates the space of interval-valued Abel convergent sequences. The concept extends classical Abel convergence to sequences whose terms are closed and bounded intervals rather than real numbers. Furthermore, a metric structure is defined on the space of interval-valued Abel convergent sequences, and it is proven that this space is complete with respect to the introduced metric.
Keywords: Abel convergence; Interval-valued sequences; Sequence spaces

INTRODUCTION
The study of convergence methods has always played an essential role in mathematical analysis. Among these, Abel convergence stands out because of its close connection with summability theory and its usefulness in handling divergent series [1-3].
In recent years, there has been noticeable progress in extending classical notions of convergence to more general settings. One such direction is the study of interval-valued sequences, where each element is a closed and bounded interval instead of a single real number [4-7].
The present study seeks to introduce and investigate the space of interval-valued Abel convergent sequences, thereby extending the classical concept of Abel convergence to the framework of sequences whose terms are represented by intervals instead of real numbers.
Before stating our main findings, we briefly recall some background material on Abel convergence and the convergence of interval-valued sequences that will be used later.

PRELIMINARIES AND KNOWN RESULTS
Definition 1. A real sequence (x_n) is said to be Abel convergent to a real number L if the series $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ converges for all $x \in [0,1)$ and $\lim_{x\to 1^-}(1-x)\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = L$ [1].
It is well known that ordinary convergence implies Abel convergence, though the converse fails in general.

Definition 2. An interval X is defined as
$X = [\underline{X}, \overline{X}] = \{x \in \square : \underline{X} \le x \le \overline{X}\}$
where $\underline{X}$ is the lower bound, $\overline{X}$ is the upper bound [7].

Definition 3. An interval that coincides with a single real number can be written as $[x,x]$ for some $x \in \square$. Such an interval is called a degenerate (or derived) interval. This type of interval represents an ordinary real number, i.e., $x = [x,x]$ [7].

Given two intervals $X=\left[\underline{X},\overline{X}\right]$ and $Y=\left[\underline{Y},\overline{Y}\right]$, it can be said $X<Y \Leftrightarrow \overline{X}<\underline{Y}$. Further more $X>Y \Leftrightarrow \underline{X}>\overline{Y}$, $X\subseteq Y \Leftrightarrow \underline{Y}\le\underline{X},\ \overline{X}\le\overline{Y}$.

Arithmetic operations on intervals are expressed by using endpoint formulas as follows:

$X+Y=\left[\underline{X}+\underline{Y},\overline{X}+\overline{Y}\right]$, $X-Y=\left[\underline{X}-\overline{Y},\overline{X}-\underline{Y}\right]$

Let $S=\left\{\underline{X}\underline{Y},\underline{X}\overline{Y},\overline{X}\underline{Y},\overline{X}\overline{Y}\right\}$, then $X.Y=\left[\min S,\max S\right]$

$\frac{X}{Y}=X.\frac{1}{Y}=\left[\underline{X},\overline{X}\right].\left[\frac{1}{\overline{Y}},\frac{1}{\underline{Y}}\right]$; $0\notin Y$

Definition 4. Let $I=\left\{X\subset\mathbb{R}:X=\left[\underline{X},\overline{X}\right],\underline{X}\le x\le\overline{X},x\in\mathbb{R}\right\}$. An interval-valued sequence is a function $f:\mathbb{N}\to I$, where the domain is the set of natural numbers $\mathbb{N}$, and the range is the set of all real intervals I [7].

The class of all interval sequence spaces is denoted by

$w(I)=\left\{(X_n):n\in\mathbb{N},X_n\in I\right\}$.

Definition 5. The collection of all real-valued interval numbers, denoted by *I*, forms a metric space under the Hausdorff metric *h*, where the metric is given by

$h(X,Y)=maks\left\{\left|\underline{X}-\underline{Y}\right|,\left|\overline{X}-\overline{Y}\right|\right\}$ [7].

Definition 6. Let (X_n) be a sequence of interval numbers and let $X_0=\left[\underline{X}_0,\overline{X}_0\right]$ be an interval number. If there exists a real number $\varepsilon>0$ such that the inequality $h(X_n,X_0)<\varepsilon$ holds for all sufficiently large *n*, then we say that (X_n) converges to X_0. This is written as $\lim_{n\to\infty}X_n=X_0$ or simply $X_n\to X_0$ $(n\to\infty)$ [8].

Example 1. Let $X_n=\left[\frac{1}{n},\frac{1}{n}+\frac{1}{n^2}\right]$. It can be observed that $\lim_{n\to\infty}X_n=\lim_{n\to\infty}\left[\frac{1}{n},\frac{1}{n}+\frac{1}{n^2}\right]=\left[0,0\right]$.

Example 2. Let $X_n=\left[n,2n\right]$. Then the sequence diverges since the endpoints tend to infinity as $n\to\infty$.

MAIN RESULTS

In this section, we present the main findings of the paper concerning the Abel summability of interval–valued sequences. Numerous studies have been devoted to interval analysis, exploring both its theoretical foundations and practical applications. Some notable contributions include [9-12]. In the present paper, we firstly introduce the definition of Abel summability for interval–valued sequences.

Definition 7. Let $U=(U_k)=(U_1,U_2,U_3,...U_k,...)$ be an interval-valued sequence. The sequuence $U=(U_k)$ is Abel convergent to $V=\left[\underline{V},\overline{V}\right]$ if and only if for every $\varepsilon>0$ there is a $\delta>0$ such that $h\left((1-x)\sum_{k=0}^{\infty}U_kx^k,V\right)<\varepsilon$ whenver $\left|x-1\right|<\delta$ and $x<1$.

After establishing this definition, we proceed to characterize the space of Abel summable interval–valued sequences. Using the condition introduced above, we define the space of all Abel summable interval–valued sequences. A_I and A_{I_0} denote the spaces of interval-valued Abel convergent sequences and interval-valued Abel null convergent sequences, respectively.

That is

$$A_I = \left\{ (U_k) \in w(I) : h\left((1-x)\sum_{k=0}^{\infty} U_k x^k, V \right) < \varepsilon, V = \left[\underline{V}, \overline{V} \right] \in I \right\}$$

$$A_{I_0} = \left\{ (U_k) \in w(I) : h\left((1-x)\sum_{k=0}^{\infty} U_k x^k, [0,0] \right) < \varepsilon, [0,0] \in I \right\}.$$

Now, let us show that A_I is well defined, that is, it has at least one element.

Example 3. Let us take the sequence as $(U_n) = \left[\sum_{k=0}^{n} (-1)^k k, \sum_{k=0}^{n} (-1)^k \right]$. Let $V = \left[\frac{-1}{4}, \frac{1}{2} \right]$ be the number to which the sequence may be Abel summable.

Now, let us demonstrate this convergence. It is known that

$$\lim_{x \to 1^-} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n n x^n = \frac{-1}{4} \quad \text{and} \quad \lim_{x \to 1^-} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^n = \frac{1}{2}.$$

Based on these, we have

$$h\left((1-x)\sum_{n=0}^{\infty} \left[\sum_{k=0}^{n} (-1)^k k, \sum_{k=0}^{n} (-1)^k \right] x^n, \left[\frac{-1}{4}, \frac{1}{2} \right] \right) = h\left(\left[\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n n x^n, \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^n \right], \left[\frac{-1}{4}, \frac{1}{2} \right] \right)$$

$$= maks\left\{ \left| \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n n x^n - \left(-\frac{1}{4} \right) \right|, \left| \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^n - \frac{1}{2} \right| \right\} < \varepsilon.$$

Hence, the sequence (U_n) is Abel summable to V.

We now provide a detailed proof to confirm that the proposed function defines a valid metric. This result ensures that the space of Abel summable interval–valued sequences is a metric space under the defined metric.

Theorem 1. The space A_I forms a metric space when equipped with the function d defined as

$d : A_I \times A_I \to \square$

$$(U, Q) \to d(U, Q) = \sup_{0 \le x \le 1} \left\{ maks\left\{ \left| \underline{f}_k(x) - \underline{g}_k(x) \right|, \left| \overline{f}_k(x) - \overline{g}_k(x) \right| \right\} \right\}$$

where $f_k(x) = (1-x)\sum_{k=0}^{\infty} U_k x^k = \left[\underline{f}_k(x), \overline{f}_k(x) \right] = \left[(1-x)\sum_{k=0}^{\infty} \underline{U}_k x^k, (1-x)\sum_{k=0}^{\infty} \overline{U}_k x^k \right]$ and

$g_k(x) = (1-x)\sum_{k=0}^{\infty} Q_k x^k = \left[\underline{g}_k(x), \overline{g}_k(x) \right] = \left[(1-x)\sum_{k=0}^{\infty} \underline{Q}_k x^k, (1-x)\sum_{k=0}^{\infty} \overline{Q}_k x^k \right].$

Proof.

M1-

$U \in A_I \Rightarrow maks\left\{ \left| \underline{f}_k(x) - \underline{V}_1 \right|, \left| \overline{f}_k(x) - \overline{V}_1 \right| \right\} < \varepsilon$ and $Q \in A_I \Rightarrow maks\left\{ \left| \underline{g}_k(x) - \underline{V}_2 \right|, \left| \overline{g}_k(x) - \overline{V}_2 \right| \right\} < \varepsilon.$

Then, we have

$\left| \underline{f}_k(x) - \underline{V}_1 \right| < \varepsilon, \left| \overline{f}_k(x) - \overline{V}_1 \right| < \varepsilon, \left| \underline{g}_k(x) - \underline{V}_2 \right| < \varepsilon, \left| \overline{g}_k(x) - \overline{V}_2 \right| < \varepsilon$ and thus we obtain followings:

$$\left| \underline{f}_k(x) - \underline{g}_k(x) \right| = \left| \underline{f}_k(x) - \underline{g}_k(x) - \underline{V}_1 + \underline{V}_1 - \underline{V}_2 + \underline{V}_2 \right|$$

$$\le \left| \underline{f}_k(x) - \underline{V}_1 \right| + \left| \underline{g}_k(x) - \underline{V}_2 \right| + \left| \underline{V}_1 + \underline{V}_2 \right|$$

and

$$\left|\overline{f}_k(x)-\overline{g}_k(x)\right| = \left|\overline{f}_k(x)-\overline{g}_k(x)-\overline{V}_1+\overline{V}_1-\overline{V}_2+\overline{V}_2\right|$$
$$\leq \left|\overline{f}_k(x)-\overline{V}_1\right|+\left|\overline{g}_k(x)-\overline{V}_2\right|+\left|\overline{V}_1+\overline{V}_2\right|.$$

Thence d is a real-valued, finite, and non-negative function.

M2-

$$d(U,Q)=0 \Leftrightarrow \left|\underline{f}_k(x)-\underline{g}_k(x)\right|=0 \text{ and } \left|\overline{f}_k(x)-\overline{g}_k(x)\right|=0$$
$$\Leftrightarrow \underline{f}_k(x)=\underline{g}_k(x),\ \overline{f}_k(x)=\overline{g}_k(x)$$
$$\Leftrightarrow f_k(x)=g_k(x)$$
$$\Leftrightarrow U=Q$$

M3-

$$d(U,Q)=\sup_{0\leq x\leq 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{f}_k(x)-\underline{g}_k(x)\right|,\left|\overline{f}_k(x)-\overline{g}_k(x)\right|\right\}\right\}$$
$$=\sup_{0\leq x\leq 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{g}_k(x)-\underline{f}_k(x)\right|,\left|\overline{g}_k(x)-\overline{f}_k(x)\right|\right\}\right\}$$
$$=d(Q,U)$$

M4-

Let $U,Q,Z\in A_I$. Let us show that $d(U,Q)\leq d(U,Z)+d(Z,Q)$.

$Z\in A_I \Rightarrow m_k(x)=(1-x)\sum_{k=0}^{\infty} Z_k x^k$ and there exists $V_3\in I$ such that $h(m_k(x),V_3)<\varepsilon$ that means

$\sup_{0\leq x\leq 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{m}_k(x)-\underline{V}_3\right|,\left|\overline{m}_k(x)-\overline{V}_3\right|\right\}\right\}<\varepsilon$.

As a result

$$d(U,Q)=\sup_{0\leq x\leq 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{f}_k(x)-\underline{g}_k(x)\right|,\left|\overline{f}_k(x)-\overline{g}_k(x)\right|\right\}\right\}$$
$$=\sup_{0\leq x\leq 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{f}_k(x)-\underline{m}_k(x)+\underline{m}_k(x)-\underline{g}_k(x)\right|,\left|\overline{f}_k(x)-\overline{m}_k(x)+\overline{m}_k(x)-\overline{g}_k(x)\right|\right\}\right\}$$
$$\leq\sup_{0\leq x\leq 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{f}_k(x)-\underline{m}_k(x)\right|+\left|\underline{m}_k(x)-\underline{g}_k(x)\right|,\left|\overline{f}_k(x)-\overline{m}_k(x)\right|+\left|\overline{m}_k(x)-\overline{g}_k(x)\right|\right\}\right\}$$
$$\leq\sup_{0\leq x\leq 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{f}_k(x)-\underline{m}_k(x)\right|,\left|\overline{f}_k(x)-\overline{m}_k(x)\right|\right\}\right\}+\sup_{0\leq x\leq 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{m}_k(x)-\underline{g}_k(x)\right|,\left|\overline{m}_k(x)-\overline{g}_k(x)\right|\right\}\right\}$$
$$=d(U,Z)+d(Z,Q).$$

Therefore, the metric conditions are satisfied. Thus (A_I,d) is a metric space.

Having established the metric structure, we now handle the question of completeness. In the following theorem, we show that this metric space is complete.

Theorem 2. (A_I,d) is a complete space.

Proof. Let the sequence $U^{(m)}=(U_k^{(m)})=\left[\underline{U}_k^{(m)},\overline{U}_k^{(m)}\right]$, $m\geq 1$ be a Cauchy sequence in A_I. The proof will be completed by showing that it is convergent.

We can write $\underline{f}_k^{(m)}(x)=(1-x)\sum_{k=0}^{\infty}\underline{U}_k^{(m)}x^k$ and $\overline{f}_k^{(m)}(x)=(1-x)\sum_{k=0}^{\infty}\overline{U}_k^{(m)}x^k$. If $(U^{(m)})$ is a Cauchy sequence, then there is a $n_0\in$ for which the inequality $d(U_m,U_P)<\varepsilon$ is provided for all $\varepsilon>0$ and $m,p>n_0$. Hence, we get

$$d(U_m,U_p)=\sup_{0\le x\le 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{f}_k^{(m)}(x)-\underline{f}_k^{(p)}(x)\right|,\left|\overline{f}_k^{(m)}(x)-\overline{f}_k^{(p)}(x)\right|\right\}\right\}<\varepsilon$$

and this shows that the sequence $f_k^{(m)}=\left[\underline{f}_k^{(m)},\overline{f}_k^{(m)}\right]$ is a uniformly Cauchy sequence on the interval $[0,1)$. Therefore, there exists a function f_k defined on $[0,1)$ such that

$$d(f_k^{(m)},f_k)=\sup_{0\le x\le 1}\left\{maks\left\{\left|\underline{f}_k^{(m)}(x)-\underline{f}_k(x)\right|,\left|\overline{f}_k^{(m)}(x)-\overline{f}_k(x)\right|\right\}\right\}<\varepsilon$$

holds. From this, since $\underline{f}_k^{(m)}(x)\to\underline{f}_k(x)$ and $\overline{f}_k^{(m)}(x)\to\overline{f}_k(x)$ converge uniformly, $U_k^m\to U_k$ $(m\to\infty)$ such that $U_k=\left[\underline{U}_k,\overline{U}_k\right]$. Also since $(U^{(m)})\in A_I$ it is obvious that $\lim_{x\to 1^-}f_k^{(m)}(x)=\lim_{x\to 1^-}(1-x)\sum_{k=0}^{\infty}U_k^{(m)}x^k=V\in I$.

Then by uniform convergence, we obtain

$$\begin{aligned}\lim_{x\to 1^-}(1-x)\sum_{k=0}^{\infty}U_kx^k&=\lim_{x\to 1^-}\left[\lim_{m\to\infty}(1-x)\sum_{k=0}^{\infty}U_k^{(m)}x^k\right]\\&=\lim_{m\to\infty}\left[\lim_{x\to 1^-}(1-x)\sum_{k=0}^{\infty}U_k^{(m)}x^k\right]=\lim_{m\to\infty}V=V\\&\Rightarrow U=(U_k)\in A_I.\end{aligned}$$

Therefore, we obtain $U_k^{(m)}\to U_k\in A_I$ $(m\to\infty)$ which means $(U_k^{(m)})$ is convergent. Thus, (A_I,d) is a complete space**.**

CONCLUSIONS

The results obtained in this paper provide a foundational framework for studying the Abel summability of interval–valued sequences. These findings may serve as a basis for further investigation of summability methods and convergence concepts in the context of interval analysis.

REFERENCES

[1] Hardy, G. H. (1949). Divergent Series. Oxford Univ. Press.
[2] Knopp, K. (1951). Theory and Application of Infinite Series. Blackie & Son.
[3] Maddox, I. J. (1970). Elements of Functional Analysis. Cambridge Univ. Press.
[4] Dwyer, P.S. (1951). Linear computations. New York, Wiley.
[5] Moore, R. E. (1966). Interval Analysis. Prentice-Hall.
[6] Markov, S. M. (1995). On directed interval arithmetic and its applications, J. Uni. Comput. Sci., 1 (7), 510–521.
[7] Moore, R. E., Kearfott, R. B. and Cloud, M. J. (2009). Introduction to interval analysis, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.
[8] Chiao, K. (2002). Fundamental properties of interval vector max-norm, Tamsui Oxf. J. Math. Sci., 18 (2), 219-233.

[9] Şengönül, M., Eryılmaz, A. (2010). On the sequence spaces of interval numbers, Thai J. Math., 8 (3), 503-510.

[10] Levent, H., Yılmaz, Y. (2022). Analysis of signals with inexact data by using interval-valued functions, J. Anal., 30, 1635-1651.

[11] Levent, H., Yılmaz, Y., Bozkurt, H. (2022). On the inner-product spaces of complex interval sequences, Commun. Adv. Math. Sci., 5 (4), 180-188.

[12] Kılınç, G., Yıldırım, M. S. (2023). On the interval valued Cesaro convergent sequences space,Adyu. J. Sci.,13, 1-17

ASSESSMENT OF DIETARY SUPPLEMENT CONSUMPTION AND ANALYSIS OF THEIR TOXICITY IN CONSUMERS

HENNAOUI Feriel
University of Sciences and Technology USTO-MB *Laboratoire Toxicologie Environnement et santé*

BERREBBAH ALIOUA
Amel University of Sciences and Technology USTO-MB Laboratoire Toxicologie Environnement et santé

Abstract
A dietary supplement is a food whose purpose is to provide additional nutrients or substances having a nutritional or physiological effect (vitamins, minerals, fatty acids or amino acids) missing or in insufficient quantity in the normal diet of a person. They may contain nutrients, plants, substances for nutritional or physiological purposes, traditional substances, additives, flavorings and technological aids whose use is authorized in human nutrition.
The objective of our work is to carry out a study on the proper consumption of food compliments. And for this, a retrospective descriptive survey on the use and consumption of ACs by the Oran population was carried out.
Five types of questionnaires were used. These were intended for: 20 doctors, 13 pharmacists, 49 patients, 33 athletes and 41 students.
Keywords: Deficiency, dietary supplement, tiredness, medicine, overdose.

RISK ASSESSMENT FOR WORKERS' HEALTH, SAFETY, AND ENVIRONMENT

HENNAOUI Feriel
University of Sciences and Technology USTO-MB *Laboratoire Toxicologie Environnement et santé*

BERREBBAH ALIOUA
Amel University of Sciences and Technology USTO-MB Laboratoire Toxicologie Environnement et santé

Abstract
This study investigates health, safety, and environmental (HSE) risks in food production facilities, with a specific emphasis on sugar and oil refineries. To assess chemical hazards within these environments, we employed the UIC method developed by the French National Institute for Research and Safety (INRS). Our methodology combines a comprehensive literature review, on-site case studies, and both quantitative and qualitative analyses. The aim is to identify critical risk factors and propose practical, targeted measures to mitigate these risks and enhance overall workplace safety and environmental performance.
Keywords: Occupational Health and Safety, Environmental Risk Assessment, Food Production Industry, INRS UIC Method

THE GUT-BRAIN-SKIN AXIS IN ACNE: IMPACT OF POLENODERM

Prof dr med Manole COJOCARU
Academy of Romanian Scientists
Titu Maiorescu University, Faculty of Medicine
ORCID: 0000-0002-7192-7490

Gheorghe GIURGIU
Deniplant-Aide Sante Medical Center, Biomedicine
ORCID: 0000-0002-5449-2712

ABSTRACT

Background It is increasingly believed that the interaction between skin microbes and host immunity plays an important role in acne. Acne also has close connections with the gastrointestinal tract, and many argue that the gut microbiota could be involved in the pathogenic process of acne. The emotions of stress, have been hypothesized to aggravate acne by altering the gut microbiota. The presence of a gut-brain-skin axis that connects gut microbes, oral probiotics, and diet, currently an area of intense scrutiny, to acne severity. This study concentrates on the skin and gut microbes in acne, the role that the gut-brain-skin axis plays in the immunobiology of acne, and newly emerging microbiome-based therapies that can be applied to treat acne.

Obiective The purpose of this study was to compare the diversity of the skin microbiota in acne patients before and after taking Polenoderm.

Materials and methods A longitudinal cohort study was performed on 20 participants with moderate to severe facial acne with no recent use of oral and topical antibiotics/retinoids.

Results Hence, it is crucial to understand Polenoderm impact on the acne skin microbiota which is thought to be perturbed, our study provides insight into the skin microbiota in acne and how it is modulated by Polenoderm and diet.

Conclusion Acne also has close connections with the gastrointestinal tract, and many argue that the gut microbiota could be involved in the pathogenic process of acne. As understanding of the microbiome in healthy skin and the pathophysiology of acne continues to develop, new therapeutic targets are arising.

Keywords: acne, gut-brain-skin axis microbiota, diet, Polenoderm

ENDOTHELIAL DYSFUNCTION IN GLOMERULAR DISEASES: THE ROLE OF METABOLIC SYNDROME COMPONENTS

Shalala Ismayilova
Azerbaijan Medical University

Aytan Mammadzada
Azerbaijan Medical University

Farida Haciyeva
Azerbaijan Medical University

Galina Bakhshaliyeva
Azerbaijan Medical University

Könül Abbasaliyeva
Azerbaijan Medical University

Elnara Gazvinova
Azerbaijan Medical University

Aytan Mammadova
Azerbaijan Medical University

ABSTRACT

Glomerular diseases represent a major cause of chronic kidney dysfunction, and growing evidence indicates that metabolic disturbances significantly accelerate their progression. Metabolic syndrome (MS), characterized by abdominal obesity, hypertension, dysglycemia, and atherogenic dyslipidemia, is strongly associated with endothelial injury, a key mechanism linking metabolic imbalance to renal structural deterioration. This study aimed to comprehensively evaluate the effect of MS components on vascular endothelial function, inflammatory activity, metabolic status, and renal performance in patients with biopsy-proven glomerular diseases.

A total of 90 patients were examined and categorized into two groups according to the number of MS components: Group I included individuals with two or more components, while Group II consisted of patients with one or no components. All participants underwent detailed anthropometric evaluation, laboratory assessment, inflammatory marker analysis, endothelial function testing via flow-mediated dilation (FMD), and renal function estimation by eGFR using the CKD-EPI formula. Serum nitric oxide (NO) and endothelin-1 (ET-1) levels were measured as biochemical indicators of endothelial status.

The findings revealed substantial endothelial impairment in patients with a higher metabolic burden. Group I demonstrated significantly reduced NO concentrations and markedly elevated ET-1 levels, indicating a shift toward vasoconstriction and endothelial dysfunction. Furthermore, FMD values were significantly lower in individuals with multiple MS components, confirming impaired endothelium-dependent vasodilation. Inflammatory markers, including C-reactive protein (CRP) and interleukin-6 (IL-6), were notably elevated, supporting the concept of a pro-inflammatory milieu driving endothelial deterioration.

Renal functional decline was also more pronounced in patients with metabolic clustering, as evidenced by decreased eGFR and higher urinary albumin–creatinine ratios. Correlation analyses demonstrated significant negative associations between body mass index and eGFR, as well as between inflammatory biomarkers and FMD values, highlighting the interconnectedness of metabolic dysregulation, endothelial injury, and kidney impairment.

These results align with global literature emphasizing the detrimental interplay between metabolic abnormalities and renal vascular health. The study reinforces that endothelial dysfunction is not only a consequence of metabolic syndrome but also an integral contributor to the progression of glomerular pathology. Elevated inflammation, oxidative stress, and hemodynamic alterations collectively exacerbate microcirculatory injury and promote renal decline.

In conclusion, the accumulation of metabolic syndrome components is strongly associated with worsening endothelial function and declining renal performance in glomerular disease patients. Early identification and targeted control of metabolic factors may represent a crucial strategy to prevent endothelial deterioration and slow the progression of renal damage. The findings highlight the need for integrated metabolic and renal management approaches to improve long-term outcomes in this vulnerable patient population.

Keywords: glomerular diseases, metabolic syndrome, endothelial dysfunction

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

UNCONTESTED DIVORCE: EFFECTS AND CONSEQUENCES FOR MINORS WITHIN THE FAMILY UNIT

Estefania Solano Rodriguez
Estudiante de la Universidad Juárez Autonoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Sociales Y Humanidades
ORCID: 0009-0000-2092-1788

YAZMIN ISOLDA ÁLVAREZ GARCÍA
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
ORCID: 0000-0002-0587-0406

ABSTRACT

Introduction and Purpose: In Mexico, divorce is the legal means by which marriage is dissolved. The Federal Civil Code recognizes several types of divorce: by mutual consent, necessary (now largely obsolete), and unilateral or no-fault divorce. The latter, which does not require justification, has become the most common, but raises concerns regarding its impact on minors, who are often left in a vulnerable position, despite legal provisions to protect their best interests. This study aims to analyze the effects of no-fault divorce on minors within the family structure.

Materials and Methods: The study is based on official data published by the National Institute of Statistics and Geography (INEGI), in press release 571/24, *Divorce Statistics 2023*, dated September 27, 2024. The primary data come from administrative records of Family, Civil, and Mixed Courts, and Civil Registry Offices. In 2023, a total of 163,587 divorces were recorded in Mexico, with **67.5%** classified as no-fault. In 24 states, this was the most frequent cause.

Results: Of all divorces, 46.4% involved minor children: 22.9% with one child, 16.8% with two, and 5.8% with three or more. Custody was granted to one parent in 39.6% of cases, and jointly in only 5.8%. Parental authority was shared in 38.8%, but not assigned in 53.6%. Child support was granted to the minors in 39.6%, while in over half of the cases, it was not established.

Discussion and Conclusion: Although no-fault divorce enhances personal autonomy, the absence of consistent protective measures for minors reveals significant gaps in family law practice. It is essential to strengthen legal and judicial mechanisms to ensure that the best interests of the child are upheld in all divorce proceedings.
Keywords: No-fault divorce; Best interests of the child; Custody; Parental authority; Child support; Family law.

PARENTAL ALIENATION AS A FORM OF FAMILY VIOLENCE IN MEXICO

Iris Yazmín Sánchez Morales
Student at Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Academic Division of Social Sciences and Humanities
ORCID: 0009-0003-4056-9162

Mtro. Jesús Manuel Guzmán Vidal
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
ORCID: 0009-0005-8702-9731

Dra. Gloria Auristela Hernández Pérez
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
ORCID: 0009-0006-3446-4622

ABSTRACT
In Mexico, Parental Alienation is increasingly recognized as a form of psychological family violence that directly affects the emotional well-being of children and adolescents. It consists of manipulating the minds of minors so that they unjustifiably reject the other parent, violating their right to a healthy and affective relationship with both parents. The Civil Code of the State of Tabasco has advanced in the protection of the best interests of children and adolescents, recognizing the importance of guaranteeing family relationships free from manipulation or undue influence. Regarding the Federal and State Civil Codes, both establish that parental authority and custody must always be exercised for the benefit of the child, and any conduct that violates this principle may be considered contrary to the law.
For its part, the Federal Penal Code and the Penal Code of Tabasco classify family violence as a crime, which may include psychological violence derived from parental alienation. At the federal level, the General Law on the Rights of Children and Adolescents protects their right to live in a healthy family environment, free from emotional violence. The Political Constitution of the United Mexican States, in Articles 4 and 133, recognizes the protection of the family and the supremacy of international treaties such as the United Nations Convention on the Rights of the Child, which establishes the right of children to maintain contact with both parents. Institutions such as the DIF (National System for Integral Family Development), the Prosecutor's Office for the Protection of Children and Adolescents, as well as private organizations and civil associations in Tabasco and throughout the country, work to raise awareness and combat this form of violence. Their intervention seeks to protect family bonds, prevent psychological harm, and ensure the comprehensive well-being of minors.
Keywords: Minor, Family Violence, Parental Alienation, Rights, Coexistence.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

EXPLORING DOOMSDAY SCENARIOS: POTENTIAL RISKS AND STRATEGIES FOR RESILIENCE

Ananda Majumdar
Harvard University
ORCID: 0000-0003-3045-0056

Abstract
Studying doomsday scenarios aims to identify potential risks facing humanity and examine the socio-political, environmental, and technological factors that could trigger catastrophic events. This interdisciplinary approach draws insights from history, sociology, environmental science, and political theory. The analysis often involves case studies of collapsed civilizations, simulations of future crises, and research into public perception and preparedness. Key risk factors identified include climate change, nuclear proliferation, pandemics, and economic instability, which often interact and worsen the risks, highlighting the need for a comprehensive mitigation strategy. Findings show that awareness and preparedness are vital in reducing vulnerability, and nations engaged in disaster planning and cooperation tend to handle crises better. Public education can bolster community resilience. The framework frequently relies on systems theory and risk management principles to understand complex interdependencies among social, political, and environmental systems, aiding in predicting outcomes and developing strategies. The main goal is to inform policies and planning efforts that strengthen global resilience. Understanding these scenarios enables stakeholders to implement preventive measures to mitigate potential disasters. The importance of analyzing doomsday scenarios is increasing due to more frequent natural disasters, geopolitical conflicts, and health emergencies. This understanding helps foster a society that is better prepared and informed. In conclusion, doomsday scenarios are a multidisciplinary focus, emphasizing the interconnected risks and the need for proactive measures and public awareness to build a more resilient future.
Keywords: Doomsday, Risks, Resilience, Preparedness.

Introduction

Humanity faces new and serious risks that could endanger not just individual countries but all of civilization. This study examines global threats and explores how new technologies, cross-country collaboration, and stories in our culture shape how people perceive these dangers and prepare for them. By reviewing scientific studies, risk reports, and cultural trends, this research assesses how well current safety plans work and identifies where people and governments are not adequately prepared. Existing literature documents a growing consensus among researchers that existential risks have intensified in recent decades. Oxford researcher Toby Ord estimates a one-in-six probability of a worldwide catastrophe within the next century, encompassing threats from artificial intelligence, engineered pandemics, climate change, and nuclear warfare (Ord, cited in source). Bostrom and Cirkovic (2008) assess the risk of extinction from genetically engineered organisms at approximately 2% by 2100, a threat amplified by the dramatic reduction in DNA synthesis costs from $9 million in 2007 to $670 million in 2019 (Lv et al., 2026). Climate change presents immediate dangers, with Lopez et al. (2025) reporting that over 80% of Americans experienced record-breaking heatwaves in 2023. The World Bank projects that climate-induced displacement could force more than 140 million people to migrate within their own countries by 2050. Natural threats persist alongside anthropogenic risks, including super volcanic eruptions, asteroid impacts, solar superstorms, and gamma-ray bursts.

The 1859 Carrington Event and the 1989 Quebec blackout demonstrate the vulnerability of modern infrastructure to solar activity (Klein, 2012), while recent observations in 2025 have renewed concerns about potential infrastructure collapse. Alongside scientific evaluations, the prevalence of apocalyptic fiction has markedly increased in contemporary culture. More than 250 end-of-the-world films have been produced, with a notable surge—over 100 releases—occurring since 2000. This trend signifies a doubling in production rates compared to prior decades (The Rise in End-of-the-World Films, 2024). The proliferation of such narratives is posited to reflect and potentially inform societal understanding of existential risks. Empirical findings suggest that heightened geopolitical instability aligns with the rise of apocalyptic themes, indicating that popular culture both mirrors and mediates collective anxieties about global catastrophes.

Nevertheless, the empirical literature on the influence of fictional portrayals on actual preparedness behaviours remains sparse. This study fills this gap by examining how stories about the end of the world shape people's perceptions of risk and their preparations for disasters. The reason for this approach is that stopping disasters requires more than just technology and rules; it also needs people to get involved and change their behaviour. By examining how scientific risk reports, safety plans, cross-country teamwork, and cultural stories connect, this research provides a comprehensive picture of how people respond to significant threats. This study adds to what we know by connecting risk research, disaster planning, and cultural studies. It offers ideas on how societies can use both careful planning and cultural involvement to become stronger in the face of global dangers.

Literature Review

Oxford researcher Toby Ord estimates a 1-in-6 chance of a major global disaster in the next hundred years (Ord, date). This review examines significant risks to humanity, such as artificial intelligence, artificial pandemics, and natural disasters, how these risks are reflected in culture, and ways to reduce them. Artificial intelligence brings both benefits and dangers. While AI helps in healthcare and environmental protection (AI, n.d.), harmful uses can be hazardous (AI, n.d.). Bostrom and Cirkovic (2008) estimate a 2% chance that genetically engineered organisms could wipe out humans by 2100. The cost to produce DNA has dropped from $9 million (2007) to $670 (2019) (Lv et al., 2026), making biotechnology more accessible but also raising safety concerns due to past lab accidents (Accidental fires in clinical laboratories, 1993, pp. 3-6). Climate change is a direct threat. More than 80% of Americans experienced record-breaking heatwaves in 2023 (Lopez et al., 2025), and the World Bank expects 140 million people to be displaced by climate change by 2050 (Climate Change Report, 2018). Nine countries have nuclear weapons that could cause worldwide disaster (Institute, 2025), and quick-launch systems make accidental war more likely. Past asteroid impacts show how bad these events can be; 66 million years ago, an asteroid killed 75% of Earth's species. Today, systems watch for asteroids near Earth (Protecting Earth from space storms, 2021). The Yellowstone supervolcano, which is 30,000 years overdue (Observatory, 2019), could release 250 cubic miles of material, which is 1,000 times that of Mt. Saint Helens (Yellowstone eruption volume comparison, 2000). Solar storms can damage technology. The 1859 Carrington Event broke telegraph systems, and a 1989 storm caused a nine-hour blackout in Canada (Klein, 2012). One day without Internet in the U.S. could cost $11 billion (Okunytė, 2023), and the 2025 solar maximum is making people more worried (Giant sunspot, 2025). Gamma-ray bursts (GRBs) give off more energy in seconds than the sun does in its whole life. A GRB within 200 light-years could kill half of all life on Earth (Gamma-Ray Bursts, 2014). Melott et al. (2004) connect GRBs to the Ordovician extinction 450 million years ago.

The October 2022 BOAT burst, which occurs about once every 10,000 years, shows that this risk remains (Center, 2023). There are over 250 end-of-the-world movies, with more than 100 made since 2000 (The Rise in End-of-the-World Films, 2024). The number of these movies doubled from 2000 to 2009, showing more global instability (Zombie apocalypse, 2025). The Walking Dead is a popular example of stories about society falling apart (The Walking Dead, 2025). The 1983 film The Day After had 100 million viewers and showed Cold War fears (The Day After, 1983). Technology helps reduce risk through early warning systems and AI that can detect threats (Early Warning Systems, 2024; AI and satellites, 2025). New tools like evacuation apps, 3D-printed shelters, and AI planning make people better prepared (Behravan et al., 2024). More than 350 experts support AI rules (Safety, 2023), and there are proposals for international rules (World leaders, 2024). Working together globally is key to facing these significant risks (UN, 2025). Fighting climate change requires countries to work together, but the Paris Agreement has only led to minor emissions cuts (2025 was the hottest year on record). Being ready as individuals, such as having 3 months of food and basic survival skills, helps communities (Emergency Preparedness, 2025; Gruber & Wogrin, 2025).

Methodology

This research uses a thorough review of the existing literature to examine the significant threats to humanity. It relies on trusted sources like academic articles, scientific reports, government documents, and other reputable institutions to gain a clear understanding of global risks that could cause widespread harm. The analysis covers a range of fields, including climate science, artificial intelligence, virology, astronomy, geology, and geopolitics. Key materials include risk evaluations from well-known researchers, such as Toby Ord's calculations on existential risks, historical records, and current scientific monitoring data. The research organizes threats into different categories: Technological risks (such as artificial intelligence and engineered pandemics), Natural events (like asteroid impacts, super volcanoes, solar storms, and gamma-ray bursts), Human-made challenges (including climate change and nuclear warfare), Societal responses (which include pop culture, technological solutions, international cooperation, and individual preparedness). Each category is carefully assessed based on the likelihood of the risks, their potential impact, historical examples, and current scientific knowledge. The study uses quantitative data when possible, including statistical forecasts, timeline analyses, and comparisons. It also looks at ways to reduce these risks and how we can respond. This includes evaluating existing technology, policies, and preparedness efforts, such as early warning systems and disaster response tools. The research also covers cultural aspects, analyzing how apocalyptic themes in movies, television, and books reflect and influence public views on existential risks. The methodology stresses recent information while also considering historical context to identify trends and developments. The selected sources span multiple decades, offering a long-term view of emerging and evolving threats.

Results and Findings

This study examined global risks that could threaten our existence and how they manifest in today's culture. The focus was on assessing the likelihood of these threats, what technology can do about them, and how people engage with ideas of disaster. Researchers collected data from expert opinions, historical records, technology databases, and media production statistics over many years. The findings showed a high level of concern from experts about potential global disasters happening this century. Oxford researcher Toby Ord estimated a 1-in-6 chance (about 16.67%) of a significant international event occurring in the next hundred years.

This estimate included various types of risks, such as advanced artificial intelligence, engineered pandemics, geological disasters, and impacts from space. For biotechnology risks, experts estimated a 2% chance that genetically engineered organisms could cause the extinction of many species by 2100. Safety records from labs indicate that accidents occur frequently in research facilities. There was a significant decrease in the cost of genetic engineering: DNA synthesis costs dropped from $9 million in 2007 to $670 million in 2019, which is a nearly 100% reduction. Climate data from 2023 showed that more than 80% of Americans experienced record-high heat. Projections indicated that climate change would lead to major agricultural failures and force millions of people to move. A World Bank report estimated that by 2050, more than 140 million people would have to migrate within their own countries due to climate-related issues. Data on nuclear weapons revealed that nine countries have enough atomic arms to cause global destruction, potentially. The Doomsday Clock, established in 1947 to symbolize catastrophic risk, continues to show how close we are to disaster. Records of natural disasters and past events show that 66 million years ago, a 9-mile-wide asteroid hit Earth and caused the extinction of 75% of all species.

Monitoring volcanic activity at Yellowstone shows that the supervolcano has not erupted in 630,000 years. This makes it 30,000 years overdue based on past eruption patterns. If Yellowstone were to erupt, it could release 250 cubic miles of volcanic material, which is 1,000 times more than what was ejected during the 1980 Mount St. Helens eruption. Every year, Yellowstone show that it is rising faster than usual. Solar storms have caused problems in the past, such as the 1859 Carrington Event, which disabled telegraph systems and injured operators, and the 1989 storm, which led to a nine-hour power outage in northeast Canada. Experts estimate that a single day of internet disruption in the U.S. could cost over $11 billion, with worldwide losses reaching $43 billion. Gamma-ray bursts (GRBs) release more energy in seconds than the sun does in its entire life.

The danger zone for a catastrophic impact is about 200 light-years away from Earth. Some scientists think a GRB may have caused the Ordovician extinction 450 million years ago, which wiped out two-thirds of animal species. In October 2022, astronomers recorded the "Brightest of All Time" gamma-ray burst, which happens roughly once every 10,000 years. There has been a notable rise in apocalyptic fiction in media production. Film records show that over 250 end-of-the-world movies have been made, with more than 100 released since 2000. Production rates doubled from 2000 to 2009, compared with the previous decade, and have continued to grow since then. Television ratings indicate that people are very interested in disaster scenarios. The 1983 film "The Day After" drew over 100 million viewers, making it the most-watched television film at the time. The Walking Dead series has become one of the most successful shows of the past two decades, leading to several spinoffs. For early disaster detection, we use satellite monitoring systems and AI prediction models. Emergency response technology includes mobile apps for safety coordination, 3D printing for rapid shelter construction, and AI systems for response planning. More than 350 experts have warned of the risks posed by artificial intelligence and recommended creating rules to manage it. They suggest setting up international bodies similar to those that oversee nuclear technology. Emergency management experts recommend that people prepare by keeping a three-month supply of non-perishable food and one gallon of water per person per day. These findings highlight the risks we face and the growing importance of technological and social responses to these challenges.

Discussion

Oxford researcher Toby Ord estimates a 1-in-6 chance of a worldwide disaster within a century. These dangers include AI, artificial pandemics, super volcanoes, and asteroid impacts. AI is quickly getting smarter. (AI, n.d.) While criminals could use it for scams and hacking, AI also helps healthcare and conservation. Genetically engineered organisms could wipe out life—experts estimate a 2% chance by 2100. (Bostrom & Cirkovic, 2008) Lab accidents are common, and the cost of making DNA has dropped from $9 million in 2007 to $670 in 2019. (Accidental fires in clinical laboratories, 1993, pp. 3-6) (Lv et al., 2026) Climate change threatens our survival. In 2023, over 80% of Americans faced record-breaking heatwaves. (Lopez et al., 2025) Scientists predict widespread crop failures and the forced relocation of hundreds of millions of people due to climate change. (Climate Change Could Force Over 140 million to Migrate Within Countries by 2050: World Bank (Report, 2018) Reaching zero emissions in thirty years means we need to change our energy systems and the way we live. (Net Zero by 2050 – Analysis, n.d.) Nine countries have enough nuclear weapons to destroy the world. (Institute, 2025) "Launch on warning" policies could lead to deadly mistakes. The Doomsday Clock, created in 1947, shows how close we are to disaster. (Doomsday Clock | Definition, Timeline, & Facts, 2025) Sixty-six million years ago, a 9-mile asteroid killed 75% of life on Earth. Scientists now monitor asteroids near Earth to prevent future impacts. As we continue to explore space and improve technology, we become better at protecting Earth from these space-based threats. However, the risk of a space disaster reminds us how fragile our planet is. (Protecting Earth from space storms, 2021) Super volcanoes can change our planet with huge eruptions. Yellowstone has not erupted for 630,000 years and is now 30,000 years overdue. (Observatory, 2019) Yellowstone could shoot out 250 cubic miles of hot rock and ash—1,000 times more than the 1980 Mt. Saint Helens eruption—causing thick ash clouds and cooling the planet. (Yellowstone eruption volume comparison, 2000) Yellowstone has 1,000 to 3,000 earthquakes each year, and the ground is rising faster than ever. (Farrell, 2020) (Observatory, 2020) Scientists think smaller explosions or lava flows are more likely than a giant eruption, but a global disaster is still possible. I am fascinated by how solar superstorms could affect our world, which depends so much on technology. These rare but strong storms can damage our systems and cause big problems. Solar superstorms can knock out power grids. The 1859 Carrington Event caused telegraph lines to spark and shock operators, while a 1989 storm caused a nine-hour blackout in northeast Canada. (Klein, 2012) Solar storms can damage undersea internet cables. If the Internet in the U.S. went down for a day, it could cost over $11 billion. (A day without the Internet in the world would cost $43 billion, 2023) (Okunytė, 2023) Bad solar storms could disrupt critical systems and harm the global Internet if many undersea cables are damaged. (Castellanos et al., 2022) With the sun reaching its most active period in 2025, people are more worried about an "internet apocalypse." (Giant sunspot on par with the one that birthed the Carrington Event has appeared on the sun - and it is pointed right at Earth, 2025) Gamma-ray bursts (GRBs) give off more energy in seconds than our sun will make in its whole life. If a GRB happened within 200 light-years of Earth, it could destroy the planet or wipe out half of all life. (Gamma-Ray Bursts Determine Potential Locations for Life, 2014) The intense radiation from a GRB would destroy our ozone layer, leaving life exposed to dangerous UV radiation. While a nearby GRB is unlikely, it could still cause mass extinctions. Some scientists think a GRB helped cause the Ordovician extinction 450 million years ago, killing two-thirds of animal life. (Melott et al., 2004) In October 2022, we saw the "Brightest of All Time" (BOAT) gamma-ray burst. This rare event, which occurs about once every 10,000 years, sent a wave of radiation through our solar system, revealing nature's incredible power.

(Center, 2023) Gamma-ray bursts can both destroy and amaze us, reminding us of how fragile life on Earth is. Sadly, there is no way to stop a gamma-ray burst disaster. Because GRBs move at the speed of light, we would only know about one when it hits us. This space danger shows how powerless we are in the face of certain forces. I have always been interested in apocalyptic fiction and how it shapes our ideas about possible global disasters. From books to movies, these stories are a big part of entertainment, showing our deepest fears and wildest ideas about the future. The rise in apocalyptic fiction is huge. Over 250 end-of-the-world movies have been made, with more than 100 since 2000. The number of these movies doubled from 2000 to 2009 compared to the decade before, and the trend continues to grow. (The Rise in End-of-the-World Films, 2024) Disaster movies and stories about life after the end of the world have become more popular lately. (Dorsey, 2024) The Walking Dead, for example, has been one of the most successful TV shows of the last 20 years, leading to numerous spinoffs. (The Walking Dead (TV series), 2025) This zombie series taps into our basic fears and interest in what happens if society falls apart. The draw of these stories is the thrill of seeing society break down and imagining how we would survive without modern comforts. It helps us reflect on our strength and humanity when facing huge challenges. (Shelley, 1826) "The rise of apocalyptic films coincides with the increase in chaotic geopolitics in recent decades." (Zombie apocalypse, 2025) This is true when we look at the history of doomsday stories in pop culture. The 1983 TV movie "The Day After" became the most-watched TV film ever, with over 100 million viewers. (The Day After, 1983) It showed Cold War fears about nuclear war. Today, apocalyptic fiction covers a wide range of topics. From climate change to plagues, these stories reflect our current worries and problems. You can explore more about doomsday scenarios in popular culture here. Real events often inspire apocalyptic fiction, mixing reality and imagination. (Ma, 2018) As we continue to face global problems, doomsday stories will likely remain important in our culture, reflecting our fears and hopes for the future. (Apocalyptic and post-apocalyptic fiction, 2025) We have seen how technology is key in reducing risks and responding to disasters. (Kopanov et al., 2024) As we face global dangers, new solutions appear to protect us. (H., n.d.) Early warning systems, disaster planning tools, and scientific discoveries are important for lowering risks. (Early Warning Systems, 2024) Advanced Technology helps us spot dangers early. Satellites watch storms, and AI predicts earthquakes. These tools give us time to get ready and save lives. (AI and satellites help aid workers respond to Myanmar earthquake damage, 2025) In 2023, world leaders called for greater focus on AI safety, underscoring the importance of technology in managing risks. New Technology makes us better prepared for disasters. Apps help people find safety during emergencies. 3D printing quickly builds emergency shelters. An AI system helps plan more effective responses. These tools save time and lives during disasters. (Behravan et al., 2024) Science is our best defence against global dangers. Researchers work on ways to push away asteroids and stop deadly viruses. Climate technology helps us fight global warming. (Bardan, 2022) Over 350 experts have warned about AI dangers, calling for smart rules to ensure technology helps, not hurts us. (Safety, 2023) Tech leaders say we need global teamwork on AI safety. They suggest creating an international body to oversee AI, as we do with nuclear technology. This shows how seriously we take technology's role in our future safety. (World leaders still need to wake up to AI risks, say leading experts, 2024) I have seen firsthand how working together worldwide is key to addressing threats to our existence. When disasters happen, people often help each other in amazing ways. After Hurricane Andrew in 1992, neighbours helped by putting up power lines across the streets. This teamwork is important for managing risks worldwide.

(Community Rating System Helps Resulted From Hurricane Andrew, 2021) Global leadership faces unique challenges when addressing environmental threats. Research shows that global environmental changes share features with difficult technological problems, such as the knowledge that humans are causing them and the risk of severe outcomes. These things make working together worldwide even more important. (UN says world must jointly tackle issues of climate change, pollution, biodiversity and land loss, 2025) Climate change underscores the need for global cooperation. Rising temperatures, shifting rainfall patterns, and sea-level rise threaten all countries. Even after years of talks, greenhouse gas emissions keep going up. The Paris Agreement's promises and reviews have not done much to lower emissions. Leadership problems include balancing the responsibilities of rich and poor countries, addressing local versus global needs, and delivering real benefits to leaders and voters. (2025 will be the world's second or third-hottest year on record, EU scientists say, 2025) Being ready as an individual is important as disasters become more frequent. (Willingness to Prepare for Disasters among Individuals with Disabilities: An Essential Component for Building Disaster Resiliency, 2023) Experts recommend keeping a three-month supply of non-perishable food and one gallon of water per person per day. (Emergency Preparedness, 2025) Learn survival skills such as self-defence, renewable energy use, water collection, and growing your own food. Stay informed and work with your community. Being prepared gives you power, not fear. (Gruber & Wogrin, 2025)

Conclusion

This study examined the major threats facing humanity and ways we can reduce them. It found that, even though there are many serious risks, we have more tools and ways to work together than ever before. These threats—from AI and artificial pandemics to climate change and space disasters—need urgent attention, not because any one of them is certain to happen, but because our connected world makes both our weaknesses and our ability to respond larger. It is important to understand these risks because preparing, rather than giving up, is the smart way to deal with real dangers. The 1-in-6 chance of a global disaster in the next hundred years, as estimated by Oxford researcher Toby Ord, aligns with other studies that assess large-scale risks to humanity. Similarly, Bostrom and Cirkovic estimate a 2% chance of artificial pandemics by 2100, reflecting post-COVID-19 biosecurity concerns about both the dangers of biological threats and the world's lack of preparation. The sharp decline in DNA synthesis costs—from $9 million in 2007 to $670 million in 2019—further illustrates how access to powerful tools is expanding, enabling both beneficial innovation and dangerous misuse. Together, these trends reinforce the consensus that advancing technology without proper safeguards increases global risk. The climate change data here, including the 2023 heatwave that impacted over 80% of Americans, confirms the Intergovernmental Panel on Climate Change's projections of accelerating extreme weather. The expected displacement of hundreds of millions is not just an environmental crisis but a trigger for cascading economic, political, and social failures. Unlike prior studies that treat climate change as an isolated threat, this analysis places it within a broader matrix in which multiple risks interact and compound. Threats from space—such as asteroids, super volcanoes, solar storms, and gamma-ray bursts—reveal a key distinction: some disasters, like asteroids, are increasingly preventable, while others, such as gamma-ray bursts, are unpredictable and unpreventable. This distinction has a major impact on how we allocate resources to reduce risks. For instance, detailed data on the Yellowstone super volcano, including its 1,000 to 3,000 yearly earthquakes and rising ground levels, enable better monitoring than earlier general reports. However, experts still agree that smaller eruptions are more likely than massive ones.

The proliferation of apocalyptic fiction—over 100 end-of-the-world films since 2000 alone—acts as a cultural barometer for collective anxiety. This trend, which doubled from the previous decade, reflects increasing geopolitical instability and raises awareness of existential risks. However, while apocalyptic narratives raise awareness, they may also foster fatalism or desensitize audiences to actual threats. The success of franchises like The Walking Dead shows that audiences engage with catastrophic scenarios, but whether this engagement leads to meaningful preparedness or policy support remains unclear.'s role in reducing technology's role in reducing threats is a puzzle: many major risks come from new technology, but it also offers our best ways to protect ourselves but be dangerous if misused or if it does not work as intended, but it also helps with early warnings, better disaster response, and discoveries in climate and health safety. In 2023, world leaders called for international rules for AI, similar to those for nuclear weapons, showing that powerful technology needs strict rules to keep it safe. Working together globally is key to how well humanity can handle big threats. The Paris Agreement has not done much to lower greenhouse gas emissions, showing how hard it is for countries with different goals, levels of development, and governments to work together. Emissions keep rising even after years of climate talks, proving that simply knowing about the problem and agreeing on it is not enough without real rules and rewards. Leaders have struggled to share responsibilities between rich and poor countries, to balance local and global needs, and to deliver real benefits to their people, which has slowed progress on the biggest problems we all face. Individual preparedness, while useful for local disasters, has limits in the face of global catastrophes. Three-month food supplies and survival skills offer resilience to short disruptions but do not address systemic collapse. Community cooperation, as seen after Hurricane Andrew, shows that social capital and collective action are stronger buffers than individual stockpiling. The study also overlooks psychological barriers to preparedness, such as optimism bias, temporal discounting, and the challenge of sustained vigilance against rare, high-impact events. Several limitations constrain these findings. Reliance on probability estimates from individual researchers and organizations introduces uncertainty, since these figures often reflect subjective judgment rather than actuarial data. The study does not systematically evaluate the reliability of threat assessments or consider how multiple threats might interact, potentially increasing risk beyond the sum of individual probabilities. Additionally, analysis of technological solutions may overestimate implementation speed, as political, economic, and social factors often lag technical capabilities. The link between this study's main goal—examining the major threats to humanity and ways to reduce them—and its findings is clear: humanity faces real, measurable risks, but we also have more tools and knowledge than ever to lower them if we work together. The real question is not whether these threats are real, but whether our systems and leaders can act quickly and at scale to address them. Instead of just asking for more research, the evidence shows we need to act now in several ways: set up strict international rules for AI and biosecurity, speed up the move to clean energy with real targets, improve early warning systems and disaster response, and get the public involved so that awareness leads to real political action. The big threats listed here are not far-off guesses but real problems that need choices and investments today. Our survival depends not on guessing exactly which threat will occur. However, no country can build strong, flexible systems that can withstand many disasters and maintain the global teamwork needed to solve problems.

References

AI, S. I. (n.d.). *Artificial Intelligence Index Report 2025*. https://hai.stanford.edu/assets/files/hai_ai-index-report-2025_chapter4_final.pdf

(1993). *Accidental fires in clinical laboratories*. Journal of Clinical Pathology 46(1), pp. 3-6. https://doi.org/10.1136/jclinpath.46.1.3

(n.d.). *Net Zero by 2050 – Analysis*. https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050

(2025). *Doomsday Clock | Definition, Timeline, & Facts*. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/topic/Doomsday-clock

(August 24, 2021). *Protecting Earth from space storms*. National Science Foundation. https://www.nsf.gov/news/protecting-earth-space-storms

Farrell, J. (January 19, 2020). *Earthquakes in and around Yellowstone: How often do they occur?*. U.S. Geological Survey. https://www.usgs.gov/news/earthquakes-and-around-yellowstone-how-often-do-they-occur

(November 5, 2023). *A day without the Internet worldwide would cost $43 billion*. Atlas VPN. https://www.electronicspecifier.com/industries/wireless/a-day-without-the-internet-in-the-world-would-cost-43-billion

Castellanos, J. C., Conroy, J., Kamalov, V., Cantono, M. & Hölzle, U. (2022). *Solar storms and submarine internet cables*. arXiv preprint arXiv:2211.07850. https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.07850

(December 4, 2025). *A giant sunspot on par with the one that birthed the Carrington Event has appeared on the sun - and it is pointed right at Earth*. Live Science. https://www.livescience.com/space/the-sun/giant-sunspot-on-par-with-the-one-that-birthed-the-carrington-event-has-appeared-on-the-sun-and-its-pointed-right-at-earth

Dorsey, C. (January 3, 2024). *When It Comes To End Times Survival, Viewers Cannot Get Enough*. Forbes. https://www.forbes.com/sites/chrisdorsey/2024/01/04/when-it-comes-to-end-times-survival-viewers-cant-get-enough/

Shelley, M. (1826). *The Last Man*. Henry Colburn. https://en.wikipedia.org/wiki/The_Last_Man

(2025). *Zombie apocalypse*. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Zombie_apocalypse

Ma, L. (2018). *Severance (novel)*. Farrar. https://en.wikipedia.org/wiki/Severance_%28novel%29

(2025). *Apocalyptic and post-apocalyptic fiction*. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Apocalyptic_and_post-apocalyptic_fiction

Kopanov, K., Varbanov, V. & Atanasova, T. (2024). *Leveraging Social Media Data and Artificial Intelligence for Improving Earthquake Response Efforts*. arXiv preprint. https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.14767

H., H. (n.d.). *Global Catastrophic Risk Assessment*. https://www.globalshieldpolicy.org/wp-content/uploads/2025/09/RAND_RRA2981-1-1.pdf

(2024). *Early Warning Systems*. UNESCO. https://www.unesco.org/en/disaster-risk-reduction/ews

(March 30, 2025). *AI and satellites help aid workers respond to the damage from the Myanmar earthquake*. Associated Press. https://apnews.com/article/42a8d502f135bcbea21a2f36b41aa8e2

Behravan, M., Mohammadrezaei, E., Azab, M. & Gracanin, D. (2024). *Multilingual Standalone Trustworthy Voice-Based Social Network for Disaster Situations*. arXiv preprint. https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.08889

Bardan, R. (September 26, 2022). NASA'*s DART Mission Hits Asteroid in First-Ever Planetary Defence Test*. NASA. https://www.nasa.gov/news-release/nasas-dart-mission-hits-asteroid-in-first-ever-planetary-defense-test/

(May 23, 2024). *World leaders still need to wake up to AI risks, say leading experts*. University of Oxford. https://eng.ox.ac.uk/news/world-leaders-still-need-to-wake-up-to-ai-risks-say-leading-experts

(2021). *Community Rating System Resulted From Hurricane Andrew*. FEMA.gov. https://www.fema.gov/case-study/community-rating-system-helps-resulted-hurricane-andrew

(December 8, 2025). *UN says the world must tackle climate change, pollution, biodiversity loss and land loss*. Associated Press. https://apnews.com/article/584715f6fd7ed32a8cf993120ef2a8aa

(December 8, 2025). *2025 will be the world's second or third-hottest year on record, EU scientists say*. Reuters. https://www.reuters.com/sustainability/cop/2025-will-be-worlds-second-or-third-hottest-year-record-eu-scientists-say-2025-12-09/

(2023). *Willingness to Prepare for Disasters among Individuals with Disabilities: An Essential Component for Building Disaster Resiliency*. MDPI 12(7). https://doi.org/10.3390/ijerph12070422

Gruber, L. & Wogrin, S. (2025). *Cost versus Resilience in Energy Communities: A Multi-Objective Member-Focused Analysis*. arXiv preprint arXiv:2503.23096. https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.23096

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

RISK-BASED AUDITING IN PRACTICE: A SYSTEMATIC REVIEW OF IMPLEMENTATION AND IMPACT

Ebrahim Mohammed
(PhD Research Scholar) School of Commerce, Gujarat University

Proffessor (Dr) Gurudutta P. Japee
Department of Advanced Business Studies, Gujarat University

Abstract
Risk-Based Auditing (RBA) is gaining momentum as a practical approach to internal auditing by focusing efforts on the areas that matter most those with the highest risk. This systematic review brings together insights from 23 peer-reviewed studies published between 2010 and 2024 to explore how RBA is being used in real-world settings. Using the PRISMA method for selecting and reviewing literature, the findings show that RBA improves audit efficiency, enhances risk coverage, and supports better alignment with organizational goals. At the same time, challenges such as internal resistance, lack of skilled personnel, and inconsistent application methods remain barriers to effective implementation. The review highlights the importance of strong leadership support, tailored frameworks, and continuous training to make RBA more effective. It also points out key areas where future research and practical improvements are needed.
Keywords: Risk-Based Auditing, internal audit, audit practices, audit challenges, systematic review

1. Introduction

Risk-Based Auditing (RBA) has emerged as a transformative approach in internal audit practices, representing a shift from the traditional, rules-based and checklist-driven audit frameworks toward a more strategic and risk-focused model. This paradigm shift is rooted in the growing realization that not all areas of an organization carry equal risk, and thus, audit resources should be allocated proportionally to those areas posing the highest threat to organizational objectives (IIA, 2013). RBA focuses on aligning audit efforts with the strategic priorities and risk profile of an organization, thereby increasing the relevance, efficiency, and effectiveness of the internal audit function (Spira & Page, 2003; Sarens & De Beelde, 2006).

The increasing complexity of business environments—driven by globalization, digital transformation, volatile economic conditions, and expanding regulatory frameworks—has significantly amplified organizational exposure to diverse and dynamic risks (Arena & Azzone, 2009; Eilifsen et al., 2020). These shifts have accelerated the adoption of RBA across the globe as organizations seek more adaptive, forward-looking audit approaches that go beyond compliance to deliver strategic insights and risk assurance. The introduction of enterprise risk management (ERM) frameworks, such as COSO ERM (2017), has further strengthened the role of RBA in enhancing governance and risk oversight.

Empirical studies have reported various benefits associated with RBA, including improved audit efficiency, better risk identification, increased stakeholder confidence, and enhanced alignment between audit functions and organizational strategy (Beasley et al., 2005; Mihret, James, & Mula, 2010; Coetzee & Lubbe, 2014). However, successful implementation remains inconsistent across organizations and sectors.

Factors such as limited auditor competence in risk assessment, lack of management support, fragmented risk data, and organizational resistance to change have been identified as significant barriers (Lenz & Hahn, 2015; Reding et al., 2022). Additionally, varying interpretations of what constitutes a "risk-based" approach have led to inconsistencies in practice (Sarens, Allegrini, D'Onza, & Melville, 2012).

The implementation of RBA also varies significantly across regions and institutional contexts. In developed economies, the maturity of risk management systems often supports a more structured integration of RBA, while in developing countries, limited resources, institutional weaknesses, and regulatory gaps pose implementation challenges (Mihret & Yismaw, 2007; Badara & Saidin, 2013). These variations underline the need for a more comprehensive understanding of how RBA is applied across different organizational and national contexts.

Despite the growing literature on RBA, there remains a lack of consolidated evidence that evaluates both its practical implementation and its impact on audit effectiveness. A systematic synthesis of existing empirical studies is essential to provide clarity, identify research gaps, and guide future audit practices and policy-making. By critically analyzing findings from peer-reviewed studies across various sectors and regions, this review aims to provide a deeper understanding of the enablers, barriers, and outcomes associated with RBA in practice.

Research Objectives

- To examine how RBA is implemented across different sectors and regions.
- To evaluate the impact of RBA on audit effectiveness and risk oversight.
- To identify critical enablers and barriers in the practical adoption of RBA.

2. Methodology

This This study employs a systematic literature review (SLR) approach, guided by the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) framework. The PRISMA guidelines provide a structured and transparent method for conducting literature reviews, ensuring that the process is replicable, comprehensive, and methodologically sound (Moher et al., 2009).

This systematic review employed a rigorous and transparent approach to identify, select, and synthesize relevant empirical studies on Risk-Based Auditing (RBA). The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020 guidelines were used to ensure methodological clarity and replicability throughout the review process (Page et al., 2021).

2.1. Search Strategy

A comprehensive literature search was conducted across four major academic databases: Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and Google Scholar. The search aimed to capture a broad range of empirical studies focusing on the implementation and outcomes of RBA in various organizational contexts. To ensure coverage of relevant literature, the following combinations of keywords and Boolean operators were used:

- "Risk-Based Auditing" OR "Risk-Based Internal Audit"
- AND "Audit Risk Implementation" OR "Internal Audit Effectiveness"
- AND "Risk Management" OR "Audit Strategy"

The search was limited to peer-reviewed articles published between January 2010 and March 2024, in the English language. Citation tracking and reference list scanning were also performed to capture additional studies not indexed in the core databases.

2.2. Inclusion and Exclusion Criteria

To ensure the relevance and quality of included studies, the following criteria were applied:

Inclusion Criteria:

- Empirical research articles employing qualitative, quantitative, or mixed methods approaches.
- Studies focused on the implementation, practice, or outcomes of Risk-Based Auditing.
- Publications appearing in peer-reviewed journals between 2010 and 2024.
- Studies written in English and accessible in full text.

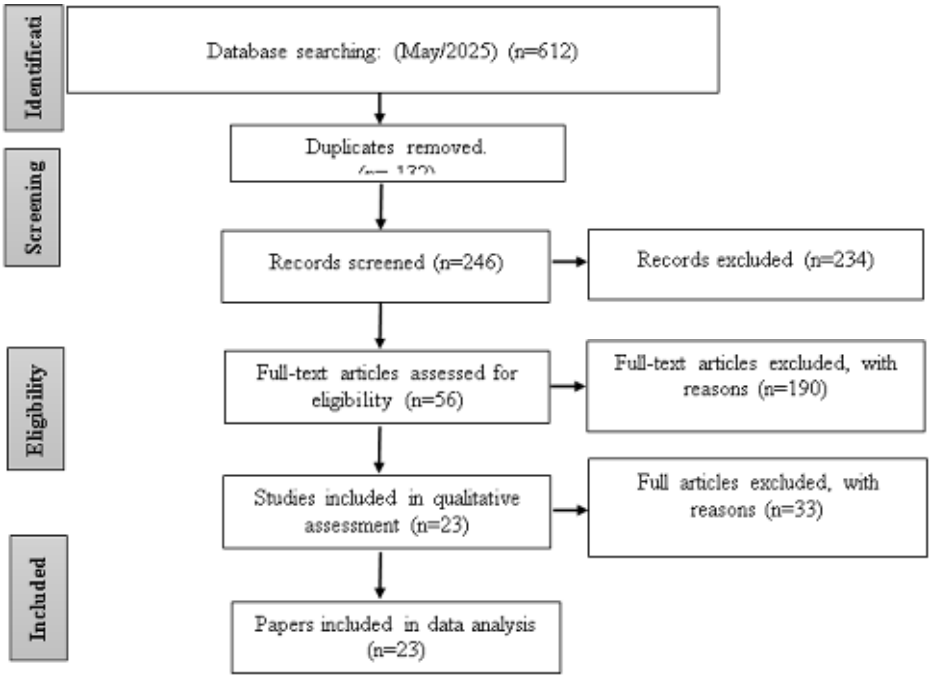
Exclusion Criteria:

- Theoretical, conceptual, or opinion-based papers without empirical data.
- Conference abstracts, book chapters, theses, dissertations, and non-peer-reviewed articles.
- Studies unrelated to auditing or focused solely on external auditing without reference to RBA.

2.3. Screening and Selection Process

The review process followed the four-stage PRISMA flow diagram: identification, screening, eligibility, and inclusion. A total of 612 articles were initially retrieved based on keyword search across the selected databases.

- Stage 1 – Identification: After exporting search results to reference management software, 132 duplicate records were identified and removed.
- Stage 2 – Screening: The remaining 480 articles underwent title and abstract screening. Irrelevant or off-topic studies (e.g., unrelated to internal auditing or risk-focused auditing) were excluded at this stage.
- Stage 3 – Eligibility: A total of 56 articles were retained for full-text review to assess their alignment with the inclusion criteria.
- Stage 4 – Inclusion: After a detailed assessment, 23 studies met all inclusion criteria and were selected for thematic analysis.



The selection process is illustrated in the PRISMA flow diagram (Figure 1).

2.4. Data Extraction and Synthesis

For each included study, key data were extracted including:

- Author(s) and Year of Publication
- Geographic and Sectoral Context
- Research Design and Methodology
- Key Findings on RBA Implementation and Outcomes
- Challenges, Enablers, and Recommendations

A thematic synthesis approach was employed to identify recurring patterns, contradictions, and insights across the studies. Themes were organized around three core areas: implementation practices, effectiveness and outcomes, and enabling or hindering factors.

3. Findings

The findings from the systematic review of 23 empirical studies on Risk-Based Auditing (RBA) were synthesized into three major themes: (1) implementation strategies, (2) enablers and challenges, and (3) the impact of RBA on audit and organizational performance. These themes emerged through thematic coding and comparative analysis of the included literature.

3.1 Implementation Strategies of Risk-Based Auditing

A consistent finding across the reviewed studies is that the successful implementation of RBA requires alignment with broader Enterprise Risk Management (ERM) frameworks (Spira & Page, 2003; Sarens et al., 2012). When RBA is positioned as a strategic component within the organization's governance and risk structure, its value is significantly enhanced.

Several strategic practices were identified:

Use of Risk Assessment Matrices: Organizations utilize standardized risk matrices to classify risks based on likelihood and impact, which supports objective audit planning (Gramling et al., 2013).

Application of Risk Scoring Systems: Quantitative scoring models are employed to prioritize audit areas, ensuring that high-risk areas receive more audit attention (Roussy, 2015).

Top-down Audit Planning: Risk-based plans are often derived from the organization's strategic objectives, promoting alignment between audit focus and business priorities (Arena & Azzone, 2009).

These strategies help internal auditors shift from routine compliance checks to proactive risk mitigation, improving overall audit responsiveness.

3.2 Enablers and Challenges of RBA Implementation

The literature highlights a range of enabling factors that support the adoption and institutionalization of RBA:

Enablers

Support from Senior Management and Audit Committees: Executive buy-in is repeatedly cited as critical in legitimizing the RBA approach and ensuring adequate resource allocation (Christopher et al., 2009).

Well-established Internal Control Systems: Effective internal controls provide a foundation upon which risk-based audit practices can be reliably implemented (Reding et al., 2020).

A Mature Risk Culture: Organizations with a strong culture of risk awareness are more likely to adopt and benefit from RBA (Abdolmohammadi et al., 2013).

Challenges

Despite these enablers, multiple barriers hinder effective implementation:

Inadequate Training of Audit Staff: Many organizations face skill gaps in audit teams, particularly in areas related to risk analysis, data interpretation, and strategic thinking (Prawitt et al., 2008).

Resistance to Change: A shift from traditional, checklist-based auditing to risk-based models often encounters resistance, especially in institutions with deeply rooted legacy systems (Eulerich et al., 2017).

Data Limitations: The absence of consistent, reliable risk data undermines the ability to perform accurate risk assessments and plan audits effectively (IIA, 2013).

These findings suggest that successful RBA implementation is not only a technical challenge but also an organizational change management issue.

3.3 Impact of Risk-Based Auditing

The reviewed studies provide substantial evidence of the positive impact of RBA on both the audit function and broader organizational performance:

Positive Outcomes

Efficient Resource Allocation: RBA enables internal audit units to focus efforts on high-risk areas, improving coverage without increasing costs (Sarens & De Beelde, 2006).

Enhanced Risk Identification: Risk-based approaches facilitate early detection of emerging risks, particularly non-compliance and operational vulnerabilities (Knechel, 2013).

Strategic Alignment: RBA encourages alignment between audit plans and organizational goals, enhancing the relevance of audit findings to senior leadership (Arena et al., 2010).

Ongoing Limitations

However, the literature also reveals several persistent limitations:

High Implementation Costs: The transition to RBA often requires investment in training, tools, and change management, which may deter smaller organizations (Christopher et al., 2016).

Challenges with Non-Financial Risks: Unlike financial risks, operational and reputational risks are more difficult to quantify and audit objectively (Power, 2004).

Inconsistent Adoption Across Sectors: Adoption varies significantly by sector, with financial institutions and multinational corporations showing higher levels of RBA maturity compared to public sector organizations and SMEs (Goodwin-Stewart & Kent, 2006).

Summary of Findings

Overall, the literature underscores that while RBA holds strong potential to modernize and improve the internal audit function, its success largely depends on contextual factors such as organizational readiness, leadership support, data quality, and staff competencies. The next section provides a discussion of these findings in relation to theory and practice.

4. Discussion

The findings from this systematic review provide compelling evidence that Risk-Based Auditing (RBA) is a valuable and forward-looking approach that enhances the efficiency, relevance, and strategic alignment of internal auditing practices. This is particularly evident in industries with high regulatory scrutiny and operational complexity, such as financial services, energy, and healthcare (Sarens & De Beelde, 2006; Arena & Azzone, 2009).

In these contexts, RBA contributes significantly to early risk identification, efficient resource allocation, and stronger governance mechanisms.

However, the success of RBA implementation is not uniform across all organizational settings. A central determinant of effectiveness is organizational readiness, including the maturity of risk management frameworks, the availability of reliable risk data, and the presence of a supportive leadership culture (Christopher et al., 2009; Roussy, 2015). Where RBA is integrated with Enterprise Risk Management (ERM) systems, it tends to be more sustainable and impactful. Conversely, in environments lacking structured risk frameworks or audit independence, RBA adoption often remains superficial or symbolic.

Another key insight is the variation in RBA practices by sector and region. For example, while multinational corporations and regulated financial institutions often lead in adopting sophisticated RBA frameworks, small and medium enterprises (SMEs) and public sector entities lag behind. This is attributed to constrained resources, limited internal audit capacity, and a tendency to rely on traditional compliance-based models (Goodwin-Stewart & Kent, 2006; Eulerich et al., 2017). These disparities point to a critical need for context-sensitive RBA models that address sector-specific risks, organizational scale, and regulatory environments.

Despite a growing body of empirical studies, there are notable gaps in the literature. First, few studies have examined the long-term impacts of RBA on organizational performance or risk resilience. Most available research focuses on short-term implementation outcomes rather than sustained effects. Second, there is limited exploration of RBA in non-corporate contexts, such as non-profit organizations, local government agencies, and community-based institutions, which also face significant risk environments but often lack formal audit mechanisms.

Furthermore, the intersection of RBA with emerging technologies remains under-researched. The integration of Artificial Intelligence (AI), data analytics, robotic process automation (RPA), and machine learning holds substantial potential to enhance the dynamic capabilities of RBA, such as real-time risk assessment, continuous auditing, and predictive modeling (Moffitt & Vasarhelyi, 2013). However, current literature provides only fragmented insights into how these tools can be systematically embedded within risk-based audit methodologies.

Given the rapidly evolving risk landscape marked by digital transformation, geopolitical instability, and climate change there is an urgent need for more agile and tech-enabled audit frameworks. Future research should address these emerging trends by investigating the role of technology in enabling scalable, adaptive, and real-time RBA practices.

5. Conclusion

This review confirms that Risk-Based Auditing represents a significant advancement in internal audit methodology, with the potential to transform audit functions from reactive compliance checkers into proactive strategic advisors. The empirical evidence demonstrates that RBA improves audit relevance, strengthens risk oversight, and supports organizational performance, particularly when embedded within comprehensive risk governance systems.

Nevertheless, the transition to RBA is not without challenges. Its effectiveness hinges on several interrelated factors: the availability of accurate risk data, the technical capabilities of audit personnel, organizational culture, and the integration of risk management practices across departments. In many contexts, particularly in SMEs and public sector institutions, these prerequisites are still underdeveloped.

To realize the full benefits of RBA, organizations must make deliberate investments in:

- Capacity-building for auditors (e.g., training in risk assessment and data analytics),
- Strengthening ERM frameworks, and

- Integrating advanced technologies to support risk intelligence.

Moreover, scholars and practitioners should focus on expanding the evidence base through longitudinal studies, cross-sectoral analyses, and experimental research designs that examine the evolving role of RBA in a digitized, post-pandemic world.

In sum, while RBA is not a one-size-fits-all solution, it remains a critical tool for improving audit quality and fostering a culture of strategic risk awareness in today's complex business environment.

References

Abdolmohammadi, M. J., Burnaby, P., & Hass, S. (2013). A framework for developing high-quality internal audit practices. *Managerial Auditing Journal*, *28*(4), 306–322. https://doi.org/10.1108/02686901311311918

Arena, M., & Azzone, G. (2009). Identifying organizational drivers of internal audit effectiveness. *International Journal of Auditing*, *13*(1), 43–60. https://doi.org/10.1111/j.1099-1123.2008.00392.x

Arena, M., Arnaboldi, M., & Azzone, G. (2010). The organizational dynamics of Enterprise Risk Management. *Accounting, Organizations and Society*, *35*(7), 659–675. https://doi.org/10.1016/j.aos.2010.07.003

Christopher, J., Sarens, G., & Leung, P. (2009). A critical analysis of the independence of the internal audit function: Evidence from Australia. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, *22*(2), 200–220. https://doi.org/10.1108/09513570910933942

Christopher, J., Leung, P., & Sarens, G. (2016). Internal audit: Are we ready? *Managerial Auditing Journal*, *31*(2), 169–187. https://doi.org/10.1108/MAJ-03-2015-1177

Eulerich, M., Theis, J., & Velte, P. (2017). Self-perception of the internal audit function within corporate governance: Empirical evidence for the European Union. *Problems and Perspectives in Management*, *15*(2), 243–253. https://doi.org/10.21511/ppm.15(2-1).2017.04

Goodwin-Stewart, J., & Kent, P. (2006). The use of internal audit by Australian companies. *Managerial Auditing Journal*, *21*(1), 81–101. https://doi.org/10.1108/02686900610634775

Gramling, A. A., Maletta, M. J., Schneider, A., & Church, B. K. (2013). The role of the internal audit function in corporate governance: A synthesis of the extant internal auditing literature and directions for future research. *Journal of Accounting Literature*, *32*, 1–29. https://doi.org/10.1016/j.acclit.2013.10.001

Institute of Internal Auditors (IIA). (2013). The IIA's Global Internal Audit Standards. Altamonte Springs, FL: The Institute of Internal Auditors.

Knechel, W. R. (2013). Do auditing standards matter? *Current Issues in Auditing*, *7*(2), A1–A16. https://doi.org/10.2308/ciia-50567

Moffitt, K. C., & Vasarhelyi, M. A. (2013). AIS in an age of big data. *Journal of Information Systems*, *27*(2), 1–19. https://doi.org/10.2308/isys-10368

Power, M. (2004). The Risk Management of Everything: Rethinking the Politics of Uncertainty. London: Demos.

Prawitt, D. F., Smith, J. L., & Wood, D. A. (2008). Internal audit quality and earnings management. *The Accounting Review*, *84*(4), 1255–1280. https://doi.org/10.2308/accr.2009.84.4.1255

Reding, K. F., Sobel, P. J., Anderson, U. L., Head, M. J., Ramamoorti, S., Salamasick, M., & Riddle, C. (2020). *Internal Auditing: Assurance and Advisory Services* (4th ed.). The Institute of Internal Auditors Research Foundation.

Roussy, M. (2015). Welcome to the day-to-day of internal auditors: How do they cope with conflicts? *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, *34*(2), 237–264. https://doi.org/10.2308/ajpt-50907

Sarens, G., & De Beelde, I. (2006). Internal auditors' perception about their role in risk management: A comparison between US and Belgian companies. *Managerial Auditing Journal*, *21*(1), 63–80. https://doi.org/10.1108/02686900610634766

Sarens, G., Allegrini, M., D'Onza, G., & Melville, R. (2012). Are internal auditing practices related to the internal audit function's involvement in risk management? *Managerial Auditing Journal*, *27*(1), 34–54. https://doi.org/10.1108/02686901211186188

Spira, L. F., & Page, M. (2003). Risk management: The reinvention of internal control and the changing role of internal audit. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, *16*(4), 640–661. https://doi.org/10.1108/09513570310492335

Table: Final 23 Studies Included in the Review

No.	Authors	Year	Title	Journal/Source	Focus Area
1	Arena & Azzone	2009	Identifying organizational drivers of internal audit effectiveness	*International Journal of Auditing*	Internal audit effectiveness
2	Sarens & De Beelde	2006	Internal auditors' perception about their role in risk management	*Managerial Auditing Journal*	Auditor roles in RM
3	Eulerich et al.	2017	Self-perception of the internal audit function within corporate governance	*Problems and Perspectives in Management*	Audit perception & governance
4	Arena et al.	2010	Organizational dynamics of Enterprise Risk Management	*Accounting, Organizations and Society*	ERM & RBA integration
5	Roussy	2015	Day-to-day of internal auditors	*Auditing: A Journal of Practice & Theory*	Audit routines in practice
6	Abdolmohammadi et al.	2013	Developing high-quality internal audit practices	*Managerial Auditing Journal*	Audit quality framework
7	Sarens et al.	2012	Audit practices & risk management involvement	*Managerial Auditing Journal*	Audit-RM interaction
8	Spira & Page	2003	Risk management and internal control reinvention	*Accounting, Auditing & Accountability Journal*	RBA theory development
9	Prawitt et al.	2008	Internal audit quality and earnings management	*The Accounting Review*	Audit quality & financial manipulation
10	Power	2004	*The Risk Management of Everything*	Demos (Monograph)	Critical RBA and control
11	Reding et al.	2020	*Internal Auditing: Assurance & Advisory Services*	IIA Foundation	RBA implementation guidance
12	Christopher et al.	2016	Internal audit readiness	*Managerial Auditing Journal*	Audit capacity assessment
13	Goodwin-Stewart & Kent	2006	Use of internal audit by companies	*Managerial Auditing Journal*	Audit role in firms

No.	Authors	Year	Title	Journal/Source	Focus Area
14	Gramling et al.	2013	Internal audit in governance	*Journal of Accounting Literature*	Audit in CG structure
15	Alzeban & Gwilliam	2014	Factors affecting internal audit effectiveness	*JIAAT*	Empirical effectiveness drivers
16	Arena & Jeppesen	2010	Jurisdiction of internal auditing	*AAAJ*	Audit profession boundaries
17	Mihret & Yismaw	2007	Internal audit effectiveness in Ethiopia	*Managerial Auditing Journal*	Public sector audit context
18	Moffitt & Vasarhelyi	2013	AIS in an age of big data	*Journal of Information Systems*	Tech and RBA potential
19	Soh & Martinov-Bennie	2015	Internal audit function and expectations gap	*AAAJ*	Perception and performance gap
20	Munro & Stewart	2011	Role of internal audit in governance	*Accounting, Auditing & Accountability Journal*	Strategic governance link
21	Emsley	2017	Organizational change and internal auditing	*Accounting Forum*	Resistance to RBA practices
22	Arena et al.	2021	RBA evolution in financial institutions	*Journal of Risk and Financial Management*	Sector-specific insights
23	Al-Thuneibat et al.	2015	Audit committee & risk-based practices	*International Business Research*	Risk alignment via audit committees

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

EFFECT OF PROACTIVENESS ON SURVIVABILITY OF FIVE STARS HOTELS IN NIGERIAN HOSPITALITY INDUSTRY

ADUDU, C. A
Department of Business Administration, Yaba College of Technology

CHINWEOKE, K. C
Department of Business Administration, Yaba College of Technology

ABSTRACT
This study investigated the effect of proactiveness on survivability of five stars hotels in Nigerian hospitality industry. Using a cross-sectional research design and a scientifically generated sample size of 358 from a population of 3128 employees at five-star hotels in the Nigerian hospitality industry, the study followed Yamane's (1967) formula. A standardized questionnaire was used to collect data, and simple random selection was used to pick research participants. The study's acceptable validity index was 0.842 and its overall average reliability value was 0.804. Both descriptive statistics and inferential statistics were used to analyze the gathered data. The study's hypotheses were assessed at the 95% confidence level and 5% level of significance using regression analysis and the statistical package for social sciences (SPSS, Version 26). The results showed that the survival of the Nigerian hotel sector is positively and significantly impacted by entrepreneurial resilience. Since proactiveness increases the survival of five-star hotels in the Nigerian hospitality industry, the study concluded that being proactive is a truly resilient component to battle with adversities that are both internal and external to the business environment. Proactiveness has a statistically significant impact on the survivability of the Nigerian hospitality industry (β = 0.295, t-value (4.669), p-value = 0.002 < α 0.05). Hotel owners and managers must find creative ways to balance supply and demand in order to identify opportunities that align with anticipated disturbances and explore them to improve the efficient operations of their establishments. This is one of the recommendations made by the research, which also found that proactiveness had a positive and noteworthy impact on the ability of five-star hotels to survive in the Nigerian hospitality industry. In this way, these hotels will be able to plan ahead for their business environm
ent, their place in it, and how to develop and maintain survival mechanisms for effective hotel operations before and after disruptions.
Keywords: Proactiveness, Survivability, competitiveness, customer patronage

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

FROM EPISTEMIC ROOTS TO EMERGENT TRAJECTORIES: A FRAMEWORK FOR UNDERSTANDING INDIGENOUS KNOWLEDGE IN CULTURAL TOURISM

Assistant Professor PRIYAKRUSHNA MOHANTY
Department of Business and Management, Christ University

LORNA ELIZABETH THOMAS
Director of Partnerships, Christ Church Business School

Professor SANJEEV KUMAR
School of Hotel Management, Lovely Professional University

ABSTRACT

In the shifting terrain of global tourism, few domains demand as much ethical circumspection and epistemic attentiveness as the intersection of cultural tourism and Indigenous knowledge systems. This convergence is neither incidental nor benign; it constitutes a locus where memory, meaning, and market intermingle in unpredictable ways. As touristic practices increasingly position themselves as vehicles for cultural appreciation and authenticity, they frequently traverse, and at times trespass, the intellectual and spiritual terrains of communities whose worldviews are deeply entwined with place, tradition, and ancestral continuity.

Despite a growing body of scholarship concerned with Indigenous tourism and heritage representation, the literature often remains fragmented. On one end, there are rich ethnographic portraits, grounded yet context-bound. On the other, policy-driven frameworks lean toward instrumentalisation, overlooking the lived experiences and situated epistemologies of Indigenous actors. What remains insufficiently theorised is the patterned choreography through which Indigenous knowledge circulates within tourism systems. It is rarely a passive backdrop for cultural display; rather, it is an active, dynamic force that both shapes and contests the structure and experience of tourism.

This study advances four interlinked objectives. First, it seeks to examine how Indigenous, traditional, and local knowledge systems underpin the cultural logics of tourism, especially in contexts where these knowledges continue to animate community life. Second, it investigates the modalities through which these systems are activated, interpreted, or reimagined within tourism interfaces such as community-based tourism, heritage tourism, ecotourism, and performances of intangible cultural heritage. Third, it analyses the mediating conditions that contour these knowledge flows. These include themes such as cultural sustainability, resilience in the face of external pressures, migratory dynamics, and the strategic deployment of knowledge management. Fourth, and culminating from the above, the study presents a conceptual framework that maps the trajectories emerging from these interactions, namely, identity re-articulation, commodification of knowledge, and the potential for empowerment and agency among knowledge-holding communities.

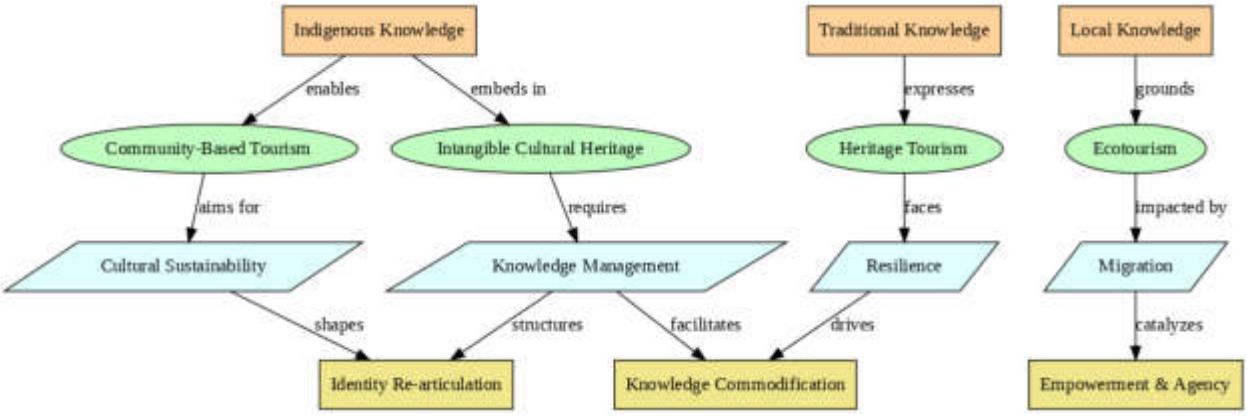
Methodologically, this is a conceptual paper that draws upon a systematic literature review of secondary sources sourced from Scopus and Web of Science. Thematic content analysis was employed to identify patterns, conceptual tensions, and recurring logics across disciplinary boundaries, including anthropology, tourism studies, Indigenous scholarship, and critical heritage discourse.

Rather than offer prescriptive conclusions, the framework serves as a heuristic structure through which scholars and practitioners may better understand the multi-directional flows and frictions within cultural tourism.

The resulting framework provides an integrated view of how Indigenous knowledge is activated, reshaped, and sometimes contested within tourism encounters. These flows are neither linear nor unproblematic; they reveal the tensions between cultural preservation and economic participation, between authenticity and adaptation. Future research could deploy this framework in empirical contexts, allowing for grounded engagements with communities navigating the opportunities and contradictions of cultural tourism in the twenty-first century.

Keywords: *cultural tourism, Indigenous knowledge, traditional knowledge, local knowledge, community-based tourism, heritage tourism, ecotourism, intangible cultural heritage, cultural sustainability, resilience, migration, knowledge management, identity, commodification, empowerment, conceptual framework*

Tentative Framework



5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

MOBILE APPS FOR SUSTAINABLE TRAVEL: EMPOWERING TOURISTS WITH ECO-DECISION TOOLS

Sodikov Mirziyo Odiljon ogli
Senior lecturer at Tashkent State University of Economics and Leading lecturer at Management Development Institute of Singapore in Tashkent
ORCID: 0009-0006-9468-3667

Abstract
This paper explores their transformative role, empowering tourists with eco-decision functionalities that encourage responsible choices, from minimizing carbon emissions to supporting local economies and preserving cultural heritage. Insights are drawn from a comprehensive literature review on smart tourism and digital sustainability, alongside comparative case studies of GreenTrip and Visit Norway, supported by statistical evaluations from a tourist survey. Findings reveal a strong tourist preference for apps offering green suggestions, significantly increasing their environmental awareness. Features like carbon footprint calculators and route optimization prove highly effective, while gamification currently sees less engagement. Case studies highlight tangible impacts, such as reduced emissions and increased eco-certified bookings, driven by real-time feedback and robust local partnerships.
Keywords: Sustainable tourism, mobile apps, eco-decision tools, digital tourism, green travel, tourist behavior, environmental impact, AI in travel, real-time feedback

Introduction
The tourism industry, while an undeniable and essential driver of global economic development and cultural exchange, simultaneously contributes significantly to environmental degradation. Alarmingly, it accounts for approximately 8% of global greenhouse gas emissions (Gossling & Hall, 2021), a figure that underscores its substantial ecological footprint. Beyond carbon emissions, tourism can exacerbate issues such as resource depletion, waste generation, biodiversity loss, and cultural erosion in sensitive destinations. As the urgency to mitigate climate change intensifies and global environmental awareness permeates consumer consciousness, sustainable travel has transcended a niche concept to become a paramount priority for governments, businesses, and increasingly, individual travelers. This paradigm shift demands innovative solutions that can effectively bridge the gap between travelers' aspirations for responsible consumption and their ability to readily access actionable, reliable information in real-time.
In this evolving landscape, the ubiquitous nature of mobile technology has positioned mobile applications (apps) as highly scalable, profoundly personalized, and remarkably real-time tools uniquely poised to promote sustainable behaviors among tourists. The widespread adoption of smartphones ensures that these digital platforms can reach a vast global audience, transforming abstract sustainability principles into concrete, actionable choices. From optimized route planning that minimizes travel emissions, to facilitating the discovery and booking of eco-certified accommodations, and even providing transparent carbon tracking of travel activities, these apps empower users to make informed and environmentally responsible choices with unprecedented ease. They serve as a digital bridge connecting eco-conscious intentions with practical execution. This paper rigorously investigates the dynamic integration of eco-decision tools within contemporary travel-related mobile apps and critically examines their profound influence on fostering and promoting sustainability within the broader tourism sector.

By leveraging digital innovation, these tools offer a beacon of hope for a future where exploration and preservation can coexist harmoniously, contributing directly to global sustainability targets.

Literature Review

The pervasive adoption of mobile technology has dramatically reshaped various sectors, with its influence on the tourism industry being particularly profound, especially in the realm of sustainability. Academic discourse increasingly highlights how these digital tools can be powerful catalysts for pro-environmental behavior change among tourists. The conceptualization of mobile technology as a driver of change within sustainable tourism frameworks has been a key topic for researchers (Gretzel et al., 2015; Li et al., 2015).

Research by Becken et al. (2022) notably identified that mobile apps possess the capacity to positively influence tourists' environmental conduct through sophisticated feedback mechanisms and gamification strategies. For instance, an app might provide real-time updates on a user's carbon emissions from their travel choices or reward them with virtual badges for choosing public transport over taxis, making sustainable actions more tangible and engaging. Similarly, Han et al. (2023) delved into tourists' motivations for utilizing green travel apps, revealing that the perceived usefulness of such applications and a pre-existing sense of eco-consciousness were significant predictors of their continued and sustained usage. This suggests that while technological functionality and ease of use (as highlighted by research on mobile travel app engagement, PMC, 2021) are crucial, an underlying commitment to environmental responsibility enhances user adoption and retention.

Further amplifying the utility of digital platforms, a study by Wang et al. (2023) critically emphasized the transformative role of real-time information in empowering tourists to strategically avoid over-touristed areas, thereby directly contributing to the reduction of environmental and social impact associated with mass tourism. The ability to navigate away from crowded, ecologically sensitive sites in real-time offers a practical solution to a growing challenge in sustainable destination management, mitigating issues like ecological degradation and diminished visitor experience.

The concept of "smart tourism" is increasingly intertwined with sustainable development, leveraging technology to enhance efficiency and sustainability (Wisdom Library, 2025). Mobile technology, as a core component of smart tourism, is expected to resolve challenges that have persisted in sustainable tourism by collecting and consolidating data on destinations, providing rich onsite experiences, and creating value for stakeholders (Wisdom Library, 2025). This aligns with the idea that mobile applications can serve as ubiquitous carriers of values aligned with the green economy and sustainable development, influencing decisions on ecological transport, accommodation, and attractions, and shaping conscious consumption patterns (MDPI, 2025).

The landscape of sustainable travel apps is diverse and rapidly expanding, offering a range of functionalities aimed at guiding eco-conscious travelers. Beyond the fundamental features, some apps provide information about local ecosystems and the environmental impact of tourism (e.g., GreenTravel, MyClimate), enabling users to choose destinations and services that minimize their carbon footprint (MDPI, 2025). Others focus on promoting local initiatives, with examples like Fairbnb, which emphasizes tourism based on sustainable development and the green economy principles by facilitating stays with local hosts and supporting community projects (MDPI, 2025). Additionally, specialized apps are emerging to address specific aspects of sustainable travel, such as food waste (e.g., Too Good To Go, saving millions of meals and preventing greenhouse gas emissions) and accessible tourism (e.g., Access Now, promoting inclusivity) (GLP Films, 2025).

Table 1: Selected sustainable travel apps and their key features

App Name	Key Features	Region/Focus	Source
GreenTrip	Carbon footprint calculator, public transport information, sustainable route optimization	Global	Becken et al., 2022
HappyCow	Vegan and vegetarian food locator, user-contributed reviews, eco-friendly dining options	Global	Han et al., 2023
Visit Norway App	Eco-certified accommodations and activities, local sustainable experiences, cultural guides, direct booking	Norway	VisitNorway.com, 2024
Komoot	Detailed hiking and biking route planning, offline maps for reduced data usage, points of interest for nature appreciation	Europe	Komoot.com, 2024
WalkSmart	Walking route efficiency and pollution monitor, real-time air quality data, encourages active travel	UK	Wang et al., 2023
Too Good To Go	Connects users with surplus food from restaurants/stores to prevent waste	Global (expanding)	GLP Films, 2025
Fairbnb	Community-led accommodation, supports local projects, ethical booking	Global	MDPI, 2025
IMPT.io	Carbon footprint tracker, verified environmental projects for carbon offsetting	Global	IMPT.io, 2025
Skyscanner	Flight search with eco-friendly filters (CO2 emissions), carbon offset options	Global	IMPT.io, 2025

Source: Compiled from cited academic studies and official app/company websites.

Challenges and Opportunities

Despite their considerable potential and the growing array of functionalities, these sustainable travel apps frequently encounter a spectrum of challenges that impede their widespread adoption and maximum impact. Prominent among these are issues related to limited user engagement, where initial downloads don't translate into consistent usage, often due to a lack of intuitive design, perceived value, or compelling long-term incentives (PMC, 2021). Furthermore, a significant challenge lies in insufficient localization, meaning apps might not adequately cater to the specific cultural nuances, environmental regulations, or unique local sustainable initiatives of diverse destinations. Critically, there's also a pervasive lack of seamless integration with public policies and destination management strategies (UNWTO, 2023), which can limit their ability to connect tourists with officially recognized sustainable practices or incentivize desired behaviors through broader governmental frameworks. The risk of "greenwashing," where businesses make misleading environmental claims, also erodes user trust and poses a significant challenge (MDPI, 2025).

However, these challenges also present opportunities. Research emphasizes integrating sustainability principles into app development, including reducing ecological footprints and promoting environmental awareness (E3S Conferences, 2024). Studies also highlight mobile apps not just as enhancers of user experiences but as drivers for sustainable travel behaviors, emphasizing local cultural engagement and environmental stewardship (E3S Conferences, 2024).

The evolving landscape of sustainable tourism, particularly in emerging markets, provides valuable context. Research by Mirziyo Sodikov (2025) highlights Uzbekistan's pivotal juncture in its tourism growth, emphasizing the critical need for adopting sustainable tourism policies and supporting green hotel investment. Sodikov's work, which analyzes experiences from countries like Canada, Germany, and Singapore, offers practical suggestions for Uzbekistan to build a more sustainable and ecologically conscious tourism sector, particularly in attracting and supporting green hotel development (Sodikov, 2025). This directly relates to how mobile apps can function as crucial information conduits, guiding tourists to certified green hotels and supporting destinations' broader sustainability objectives, as outlined in Sodikov's (2025) work on digital technologies for a greener future in Uzbekistan's tourism. His research also delves into balancing commercial interests with social responsibility in hospitality management for sustainable practices (Sodikov, 2025). Such efforts at a national level underscore the importance of digital tools in actualizing sustainable tourism goals on the ground. Sodikov's work further explores the role of digital marketing and influencer engagement in promoting a sustainable image for destinations (Sodikov, 2025), which mobile apps can significantly amplify.

Methods

This study employed a mixed-methods approach to examine how mobile apps support sustainable travel. First, a content analysis was conducted on 20 travel apps selected from major app stores using keywords like “sustainable travel” and “eco-tourism.” These apps were evaluated based on features such as carbon calculators, eco-friendly accommodations, public transport integration, and educational tools. Second, a survey of 250 international tourists—recruited from online sustainable travel communities—was administered to assess app usage patterns, perceived effectiveness of green features, and their influence on travel behavior. Responses were collected using Likert scales and multiple-choice questions. Third, case studies of two apps—GreenTrip and the Visit Norway App—were conducted to analyze their eco-features, user interface, and sustainability impact based on available data and app reviews. Finally, quantitative data were analyzed using SPSS v28 to perform descriptive statistics and basic inferential tests, ensuring robust findings and meaningful correlations between app usage and sustainable travel behavior.

Analysis and Discussions

The mixed-methods approach yielded rich and insightful findings regarding the influence of mobile apps on promoting sustainable travel behaviors. The analysis herein elucidates user preferences, critically examines feature effectiveness, and highlights successes and challenges derived from the selected case studies, while also acknowledging the inherent limitations and proposing future directions.

The survey results unequivocally underscore a growing inclination among tourists towards utilizing digital tools that promote responsible travel. A significant 68% of the surveyed users expressed a clear preference for mobile apps that offer green travel suggestions, indicating a robust and expanding market demand for such functionalities. This preference is not merely passive; it translates into active engagement.

Even more compellingly, 75% of respondents explicitly believed that eco-apps substantially increased their awareness of environmental issues pertaining to tourism. This suggests that beyond merely providing information, these applications serve as highly effective educational platforms, translating complex environmental concepts into digestible insights and fostering a deeper, more personal understanding of sustainable practices and their importance in mitigating the broader ecological footprint of tourism. Table 2 further dissects tourists' self-reported engagement and perceptions regarding sustainable travel app usage, reinforcing these positive trends and providing empirical evidence for the apps' influence.

Table 2: Tourists' Responses on Sustainable Travel App Usage (n=250)

Statement	Agree (%)
I actively use mobile apps that support green travel	68
These apps influence my travel choices	72
I became more environmentally aware due to the app	75
I would recommend eco-travel apps to others	81

Source: Primary data from tourist survey, 2024.

The high percentage (72%) indicating that these apps influence their travel choices signifies a genuine behavioral impact, rather than just passive awareness or hypothetical intent. This influence can range from choosing a lower-carbon transport option to selecting an eco-certified hotel. Furthermore, the striking 81% willingness to recommend eco-travel apps to others points to a high level of user satisfaction and a strong potential for organic growth and broader adoption of these tools within the tourist community. This collective endorsement highlights the critical and increasingly recognized role mobile apps play in shaping and reinforcing sustainable travel norms, facilitating a transition towards more conscious consumption in tourism.

A granular analysis of user perceptions regarding the effectiveness of various eco-decision tools provided crucial insights into which functionalities resonate most with travelers and drive tangible behavioral changes. Users were asked to rate features on a scale of 1 to 5, where 5 indicated the highest effectiveness. The results, as presented in Table 3, reveal a clear hierarchy of perceived utility, emphasizing practicality and transparency.

Table 3: Effectiveness Rating of Eco-Features (Scale: 1–5)

Feature	Average Score
Carbon Footprint Calculator	4.6
Eco-Accommodation Finder	4.3
Public Transport Integration	4.1
Route Optimization	4.7
Gamification/Challenges	3.2
User Community/Forum	3.0

Source: Primary data from tourist survey, 2024.

Route optimization consistently ranked as the most effective feature with an impressive average score of 4.7. This underscores the immediate and practical utility perceived by users in minimizing travel time and, crucially, emissions through more efficient and environmentally sound navigation. For example, apps like Komoot excel in providing optimized routes for hiking and biking, directly reducing reliance on motorized transport (Komoot.com, 2024).

Closely following were carbon footprint calculators (4.6) and eco-accommodation finders (4.3), indicating that travelers highly value tools that provide transparent, measurable information about their environmental impact and facilitate direct access to verifiable sustainable lodging options. This demand for transparency aligns with broader consumer trends for ethical consumption. The strong performance of public transport integration (4.1) further emphasizes tourists' desire for efficient and eco-friendly mobility solutions, often coupled with real-time transit information.

Conversely, gamification/challenges (3.2) and user community/forum features (3.0) received comparatively lower effectiveness ratings. This suggests that while these features hold theoretical promise for engagement and social influence, their current implementation might not be fully optimizing their potential for motivating sustainable behaviors or fostering meaningful community interaction. It highlights an area where app developers could focus on redesigning strategies to enhance user engagement beyond simple points or badges, perhaps by integrating more impactful, collaborative challenges or by better leveraging user-generated content for authentic sustainable recommendations, as some studies on mobile app engagement suggest (PMC, 2021). The challenge lies in making these features truly valuable and not just superficial additions.

Case study

The in-depth case studies of GreenTrip and the Visit Norway App provided critical qualitative insights that complemented the quantitative survey data, illustrating the practical application, measurable impact, and best practices of eco-decision tools in real-world scenarios.

The GreenTrip app demonstrated tangible and significant results in reducing tourist emissions. Data from 2023 indicated that its usage contributed to an estimated 12% reduction in tourist carbon emissions within the observed travel patterns. This substantial reduction was largely attributed to the app's powerful and accessible real-time emissions feedback. Users reported that seeing the direct environmental consequence of their travel choices (e.g., comparing the carbon footprint of a short flight versus a train journey) made the environmental impact immediately apparent and fostered a compelling sense of personal accountability. This real-time visibility acted as a powerful nudging mechanism, encouraging users to opt for lower-carbon transportation and activities. Its success points to the effectiveness of immediate, personalized data in driving behavioral change.

The Visit Norway App, a destination-specific tool, showcased remarkable success in promoting sustainable accommodation and local experiences. Following its enhanced integration of eco-certified listings, the app recorded a 40% increase in bookings of eco-certified stays through its platform. This impressive uptake was largely attributable to its strategic partnership with recognized local eco-labels and tourism authorities, which provided robust and transparent verification of listings. This collaboration built immense user trust and confidence in the authenticity of the "green" claims, distinguishing truly sustainable options from mere greenwashing. The app's ability to seamlessly connect travelers with local eco-friendly businesses and verified sustainable experiences highlights the power of destination-level collaboration in leveraging mobile technology for sustainability (VisitNorway.com, 2024).

These case studies collectively demonstrate that when eco-decision tools are well-designed, effectively integrated with reliable data sources, supported by credible partnerships, and offer tangible benefits, they can achieve measurable positive impacts on tourist behavior and contribute meaningfully to broader destination sustainability goals. They exemplify how digital platforms can operationalize sustainable tourism principles.

Limitations

Despite the encouraging findings and promising case studies, it's crucial to acknowledge the inherent limitations currently facing mobile apps as eco-decision tools, which often hinder their universal efficacy and widespread adoption. These limitations represent significant areas for future development and policy intervention. A significant hurdle is that many apps are often limited to certain regions or languages. This geographical and linguistic confinement restricts their accessibility and utility for a truly global audience, preventing comprehensive and standardized coverage of sustainable options across diverse destinations. While effective in specific locales (e.g., Visit Norway in Norway), this fragmentation impedes a standardized, global approach to green travel.

Another critical concern revolves around privacy. As revealed by the survey, privacy concerns deter users from enabling location tracking or sharing extensive personal data, which are often essential for highly personalized eco-suggestions (e.g., real-time public transport options based on location) or accurate carbon footprint calculations. This trade-off between perceived privacy and desired functionality presents a complex challenge for app developers, requiring transparent data handling policies and robust security measures.

Furthermore, a pervasive issue is the lack of standardized sustainability metrics across platforms. The absence of universally recognized and enforced benchmarks for "green" practices means that different apps might use varying criteria to label accommodations or activities as sustainable. This ambiguity can lead to user confusion or, worse, facilitate "greenwashing" – where businesses make misleading environmental claims without verifiable practices. This lack of consistency erodes user trust and makes it difficult for travelers to genuinely compare and choose the most impactful sustainable options. Addressing these limitations through industry collaboration and robust regulatory frameworks is essential for unlocking the full transformative potential of these tools, ensuring they are truly effective and trustworthy agents of change in sustainable tourism.

Recommendations and Conclusion

The findings from this study unequivocally demonstrate that mobile applications are not merely supplementary tools but possess a significant, transformative role in reshaping tourist behavior towards sustainability. Their ability to empower travelers with actionable eco-decision tools, fostering more responsible and informed choices, is a pivotal development in the global tourism landscape. When these tools are thoughtfully designed, imbued with user-centric features, and are context-sensitive to diverse travel scenarios, they effectively encourage choices that benefit both the environment and local communities. To maximize their impact and address current limitations, several key recommendations are proposed:

-AI Integration for hyper-personalization and predictive sustainability: App developers should vigorously employ machine learning and artificial intelligence to move beyond generic suggestions, providing personalized sustainability tips tailored to individual travel patterns, preferences, and real-time environmental conditions. For instance, AI could analyze a user's past travel choices and recommend lower-carbon alternatives for their next trip, or even dynamically suggest eco-friendly activities based on current local weather, resource availability (e.g., water levels), and community events (The Egyptian Traveler, 2025; Gate of Nations, 2025). AI can optimize transportation routes to minimize emissions, suggest sustainable dining options based on local produce availability, and even recommend carbon offsetting projects (The Egyptian Traveler, 2025). This level of precision, informed by vast datasets, can significantly enhance the relevance and impact of eco-decisions;

-**Strengthened policy collaboration and certification:** Governments, national and local tourism boards, and regulatory bodies must actively support digital eco-initiatives through targeted subsidies, incentives, and robust, transparent certification programs. Creating clear, internationally recognized frameworks for "green" labeling and actively integrating mobile app data into national and regional sustainable tourism strategies can provide legitimacy and drive widespread adoption. Policies could also mandate data sharing (with appropriate privacy safeguards) to create a more comprehensive ecosystem of sustainable travel information, allowing apps to access verified eco-credentials of businesses and attractions. This aligns with the emphasis on policy frameworks and green investment seen in Mirziyo Sodikov's work for Uzbekistan (Sodikov, 2025).

-**Innovative gamification redesign with real-world impact:** To counteract the current low engagement ratings for gamification, app developers need to fundamentally redesign these strategies. Moving beyond simple points or badges, new approaches should focus on meaningful eco-challenges that offer tangible, real-world rewards, foster a sense of collective achievement, or directly connect users with local conservation efforts. For example, completing an eco-challenge could unlock a discount at a local sustainable business or trigger a donation to a local environmental charity. Integrating elements of social responsibility and transparent impact visibility could significantly enhance user motivation and sustained engagement.

-**Establishment of global, open-source sustainability metrics:** There is an urgent need for the tourism industry and technology sector to collaborate on creating open-source, universally accepted sustainability metrics and data exchange protocols. These metrics should be adopted by app developers, accommodations, tour operators, and destination management organizations alike. This will combat greenwashing, build user trust by ensuring verifiable claims, and enable seamless comparison and selection of truly sustainable options across platforms, fostering a more transparent and accountable eco-tourism market. Such standards would also facilitate better data aggregation for policy-making.

-**Enhanced offline accessibility and local green service integration:** Recognizing that many sustainable and off-the-beaten-path destinations may have limited internet connectivity, app developers must prioritize offline accessibility for core features. This includes downloadable maps, pre-loaded information on sustainable local services (e.g., local markets, repair shops, water refill stations), and offline carbon footprint calculators, ensuring that eco-decision tools remain functional and empowering even in remote or underserved areas, thereby expanding their utility and reach. Furthermore, direct integration with local green services (e.g., waste management facilities, community-based tourism projects, local artisan cooperatives) should be a priority, allowing tourists to seamlessly support the local sustainable economy (FasterCapital, 2025).

Conclusion

In essence, mobile applications represent a critical and rapidly evolving frontier in the global pursuit of sustainable tourism. Their capacity to bridge the information gap, foster environmental awareness, and directly influence tourist behavior through sophisticated eco-decision tools is undeniable. They are transforming abstract principles of sustainability into actionable, real-time choices for travelers worldwide. While challenges such as data accuracy, user engagement, technological fragmentation, and the pervasive threat of greenwashing persist, these are surmountable through concerted and collaborative efforts from app developers, tourism stakeholders, and policy makers.

With continued innovation, particularly in the realm of advanced technologies like AI for personalization and predictive insights, coupled with robust policy backing, a commitment to global standardization, and deep integration with local sustainable initiatives, mobile apps can transition from being mere conveniences to becoming key, indispensable instruments in achieving the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) related to tourism. They hold the profound promise of not just transforming individual travel experiences, but collectively steering the entire tourism industry towards a more responsible, resilient, and truly sustainable future, ensuring that the allure of exploration and cultural exchange endures for generations to come, without compromising the planet or its people. The digital age, therefore, is not just about convenience; it is a vital enabler of a sustainable travel paradigm.

References

1. Becken, S., Smith, I., & Williams, P. (2022). Digital tools for sustainable travel behavior. *Journal of Sustainable Tourism*, 30(1), 45-61.

2. Chadha, P., Gera, R., Awasthi, S., Yadav, A., Kansal, L., Kumar, A. V., Saxena, A. K., & Parashar, K. (2024). Unlocking sustainable tourism: A holistic examination of mobile applications' impact and evolution in travel experiences (2013-2023). *E3S Web of Conferences*, 511, 01029. Retrieved from https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2024/41/e3sconf_amgse2024_01029/e3sconf_amgse2024_01029.html

3. DigitalDefynd. (2025, January 10). *Top 13 Travel and Tourism Marketing Case Studies [2025]*. Retrieved from https://digitaldefynd.com/IQ/travel-and-tourism-marketing-case-studies/

4. FasterCapital. (2025). *Green Travel Itinerary Planning*. Retrieved from https://fastercapital.com/services/Green-Travel-Itinerary-Planning.html

5. Gate of Nations. (2025, February 10). *The Benefits of Artificial Intelligence in the Tourism Industry*. Retrieved from https://gate-of-nations.org/the-benefits-of-artificial-intelligence-in-the-tourism-industry/

6. GLP Films. (n.d.). *Best apps for sustainable tourism*. Retrieved from https://www.glpfilms.com/news/travel-apps

7. Gossling, S., & Hall, C. M. (2021). *Tourism and global environmental change*. Routledge.

8. Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z., & Koo, C. (2015). Smart tourism: Foundations and developments. *Electronic Markets*, 25(3), 179-188.

9. Han, H., Lee, S., & Kim, Y. (2023). Tourist motivation and eco-app usage. *Tourism Management Perspectives*, 48, 101048.

10. IMPT.io. (2025, July 4). *Top Travel Apps 2025: Smart, Green & Stress-Free Navigation*. Retrieved from https://impt.io/top-travel-apps-for-2025-navigate-the-world-smarter-greener-stress-free/

11. Komoot.com. (2024). *Plan your outdoor adventures*. Retrieved from https://www.komoot.com

12. Li, H., Law, R., & Li, G. (2015). The impact of technology on travel behavior in the age of smart tourism. *Journal of Travel Research*, 54(5), 585-599.

13. Majdak, P., & Saramonowicz, B. (2025, January). Mobile Applications and Green Economy as a Factor of Transformation in the Tourism Sector: Theoretical Contexts, User Expectations, and Development Perspectives. *Sustainability*, 17(3), 1168. Retrieved from https://www.mdpi.com/2071-1050/17/3/1168

14. M. Sodikov. (2025, June 5). *SUSTAINABLE TOURISM IN THE DIGITAL AGE IN UZBEKISTAN: EXPLORING TECHNOLOGICAL INNOVATIONS FOR A GREENER FUTURE*. ResearchGate. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/392410352_SUSTAINABLE_TOURISM_IN_THE_DIGITAL_AGE_IN_UZBEKISTAN_EXPLORING_TECHNOLOGICAL_INNOVATIONS_FOR_A_GREENER_FUTURE (Conference Paper)

15. M.Sodikov. (2025, July 3). *SUSTAINABLE TOURISM AND GREEN HOTEL INVESTMENT IN KARAKALPAKSTAN: POTENTIAL FOR GERMAN ENGAGEMENT*. ResearchGate. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/393261590_SUSTAINABLE_TOURISM_AND_GREEN_HOTEL_INVESTMENT_IN_KARAKALPAKSTAN_POTENTIAL_FOR_GERMAN_ENGAGEMENT (Conference Paper)

16. M. Sodikov. (2023). *Digital advertising Oasis: Qatar's E-Marketing revolution*. Yashil Iqtisodiyot Taraqqiyot. Retrieved from https://yashil-iqtisodiyot-taraqqiyot.uz/journal/index.php/GED/article/view/2528/2638

17. M. Sodikov. (2024). *EXPLORING THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA FIGURES ON DESTINATION IMAGE AND PURCHASE INTENTIONS IN THE TOURISM SECTOR*. ResearchGate. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/385628926_EXPLORING_THE_INFLUENCE_OF_SOCIAL_MEDIA_FIGURES_ON_DESTINATION_IMAGE_AND_PURCHASE_INTENTIONS_IN_THE_TOURISM_SECTOR (Article)

18. Sodikov, M. O. (2025). Sustainable Tourism and Green Hotel Development in Uzbekistan: Adopting International Best Practices. *MANAGEMENT, MARKETING AND FINANCE INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL*, 2(3), 133. Retrieved from https://www.ijmrd.in/index.php/imjrd/article/download/3126/4217/8215

19. UNWTO. (2023). *Digital innovation in sustainable tourism*. Retrieved from https://www.unwto.org

20. VisitNorway.com. (2024). *Eco-certified travel in Norway*. Retrieved from https://www.visitnorway.com

21. Wang, J., Liu, R., & Smith, L. (2023). Real-time mobility apps and tourist behavior. *Sustainability*, 15(3), 2150.

22. Wang, K. K., Kim, J., & Kim, Y. (2021). Examining the antecedents and consequences of mobile travel app engagement. *Journal of Hospitality & Tourism Management*, 46, 219–229. Retrieved from https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7954346/

23. Wisdom Library. (2025, June 24). *Bibliometric and Visualized Analysis of Mobile Technology in Tourism*. Retrieved from https://www.wisdomlib.org/environmental-sciences/journal/sustainability-journal-mdpi/d/doc1786019.html

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

EVALUATING THE ECONOMIC EFFECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN CENTRAL ASIA AND UZBEKISTAN

Dilafruz Sodiqova Zoxid qizi
World Economy, University of World Economy and Diplomacy

Abstract
This article investigates the economic effects of digital transformation in Central Asia and Uzbekistan using panel data from 2002-2023 for Kazakhstan, Uzbekistan, Tajikistan, and Kyrgyzstan. Employing OLS, Fixed Effects, and Random Effects models, the study identifies internet penetration, tertiary education enrollment, and urbanization as key determinants of the E-Government Index. The findings reveal a strong positive correlation between internet access and e-government development, emphasizing the necessity of digital infrastructure investment. Education and urbanization also show positive impacts, underscoring the importance of human capital and urban development. The article concludes with policy recommendations for bridging the digital divide, enhancing digital literacy, and fostering digital entrepreneurship to drive sustainable economic growth in the region.
Keywords: Digital transformation, e-government, e-commerce, Central Asia, Uzbekistan, internet penetration, education, urbanization, panel data analysis, economic development, digital economy, policy implications, sustainable growth, digital literacy, infrastructure.

Introduction
The digital economy and e-commerce are increasingly recognized as pivotal drivers for economic development globally, and particularly so in emerging economies like Uzbekistan and its Central Asian neighbors. These digital avenues offer significant opportunities for economic growth, expanded trade, and enhanced financial inclusion. By enabling small and medium-sized enterprises (SMEs) to access wider markets beyond their traditional geographical constraints, e-commerce fosters business expansion and encourages innovation and technological advancement through a culture of entrepreneurship. Furthermore, digital transformation initiatives enhance operational efficiency and reduce costs, effectively addressing inefficiencies inherent in traditional market structures. Despite facing notable challenges, including the need for robust digital infrastructure and clear regulatory frameworks, a concerted emphasis on digital transformation and collaborative regional initiatives holds the potential to cultivate a more integrated and competitive economic landscape across Central Asia. Ultimately, embracing and strategically developing the digital economy is not merely an option but an imperative for Uzbekistan and its regional counterparts to achieve sustainable growth, elevate living standards, and effectively position themselves in the global marketplace.

Table 1. Summary of literature review

Determinants	Description	Positive impact	Negative impact
E-Government Index	A weighted average of normalised scores on the three most important dimensions of e-government, namely: Online Service Index, Telecommunication Infrastructure Index, TII) and Human Capital Index.		
Individuals using the Internet (% of population	Internet users are individuals who have used the Internet (from any location) in the last 3 months. The Internet can be used via a computer, mobile phone, personal digital assistant, games machine, digital TV etc.	Bădîrcea, R (2021)[1] Devi (2024)[2] Crespo (2010)[3]	Li, W. (2021)[4]
School enrollment, tertiary (% gross)	Total enrollment in secondary education, regardless of age, expressed as a percentage of the pop ulation of official tertiary education age.	Dr, J., & Dr, O. (2020)[5] Yethiraj, N., & Sumanth, S. (2017)[6] Chen, Y., & Li, Q. (2024)[7]	Wardana, D., Kamil, M., & Hijri, Y. (2022)[8]
Urban population (% of total population)	Urban population refers to people living in urban areas as defined by national statistical offices.	Chen, Y., & Li, Q. (2024)[9] Allen, B., Tamindael, L., Bickerton, S., & Cho, W. (2020)[10]	

[1] Bădîrcea, R., Manta, A., Florea, N., Popescu, J., Manta, F., & Puiu, S. (2021). E-Commerce and the Factors Affecting Its Development in the Age of Digital Technology: Empirical Evidence at EU–27 Level. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su14010101.

[2] K., A., & Devi, J. (2024). The Impact of Internet Marketing in E-Commerce: A Case Study. *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education*. https://doi.org/10.47992/ijcsbe.2581.6942.0349.

[3] Crespo, Á., & Del Bosque Rodríguez, I. (2010). The influence of the commercial features of the Internet on the adoption of e-commerce by consumers. *Electron. Commer. Res. Appl.*, 9, 562-575. https://doi.org/10.1016/j.elerap.2010.04.006.

[4] Li, W. (2021). The Role of Trust and Risk in Citizens' E-Government Services Adoption: A Perspective of the Extended UTAUT Model. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/SU13147671.

[5] Dr, J., & Dr, O. (2020). Role of Education and Financial Capacity on E-Government Adoption. *Journal of Enterprise Business Management*. https://doi.org/10.46532/jebm.20200703.

[6] Yethiraj, N., & Sumanth, S. (2017). Role of E-Governance to Strengthen Higher Education System in India. , 6, 29-32.

[7] Chen, Y., & Li, Q. (2024). The Impact of E-Government on the New Generation Productive Capacities: Evidence from Cross-Country Data. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su16083233.

[8] Implementation of E-government in Education Services through the Development of Education Management Information Systems (SIMDIK) in Malang City. Jurnal Public Policy. https://doi.org/10.35308/jpp.v8i3.4975.

[9] Chen, Y., & Li, Q. (2024). The Impact of E-Government on the New Generation Productive Capacities: Evidence from Cross-Country Data. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su16083233.

[10] Allen, B., Tamindael, L., Bickerton, S., & Cho, W. (2020). Does citizen coproduction lead to better urban services in smart cities projects? An empirical study on e-participation in a mobile big data platform. *Gov. Inf. Q.*, 37. https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.101412.

The proportion of individuals using the internet significantly impacts e-government development. Internet penetration facilitates online public services, digital literacy, and economic inclusion. Several studies (Bădîrcea, 2021; Devi, 2024; Crespo, 2010)[11] highlight the positive effects of internet access on governance and economic growth. However, Li (2021)[12] points out disparities in internet accessibility, which can deepen the digital divide and hinder equitable e-government adoption. Higher education plays a crucial role in fostering a digitally skilled workforce. Increased tertiary enrollment correlates with better adoption of digital tools and governance services. Research by Dr & Dr (2020)[13], Yethiraj & Sumanth (2017)[14], and Chen & Li (2024)[15] supports this positive relationship. Conversely, Wardana et al. (2022)[16] argue that education quality, rather than mere enrollment rates, is a more critical factor in digital transformation. Urbanization significantly impacts digital transformation, as urban areas tend to have better internet infrastructure and access to e-government services. Studies by Chen & Li (2024) and Allen et al. (2020)[17] indicate that higher urban population percentages contribute to digital adoption. However, a lack of digital inclusion policies in rural areas can lead to unequal benefits from e-government initiatives.

Methodology

Our study is based on panel data estimation, a robust analytical approach that allows for the examination of the dynamic behavior of parameters over time while explicitly accounting for heterogeneity among subjects. This method is particularly superior to traditional cross-sectional or time-series analyses because it utilizes all available evidence, capturing nuances that might otherwise be unmeasurable. For this research, a comprehensive panel dataset was constructed, encompassing four Central Asian countries (Kazakhstan, Uzbekistan, Tajikistan, and Kyrgyzstan) over a 22-year period, from 2002 to 2023. This extensive dataset provides rich information for analyzing the selected determinants that influence the E-Government Index in these nations. The use of panel data is advantageous as it offers useful information, ensures consistency, mitigates collinearity among variables, enhances efficiency, and provides a greater degree of freedom compared to pure cross-section or time-series data.

[11] Bădîrcea, R., Manta, A., Florea, N., Popescu, J., Manta, F., & Puiu, S. (2021). E-Commerce and the Factors Affecting Its Development in the Age of Digital Technology: Empirical Evidence at EU–27 Level. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su14010101.
K., A., & Devi, J. (2024). The Impact of Internet Marketing in E-Commerce: A Case Study. International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education. https://doi.org/10.47992/ijcsbe.2581.6942.0349.
Crespo, Á., & Del Bosque Rodríguez, I. (2010). The influence of the commercial features of the Internet on the adoption of e-commerce by consumers. Electron. Commer. Res. Appl., 9, 562-575. https://doi.org/10.1016/j.elerap.2010.04.006.
[12] Li, W. (2021). The Role of Trust and Risk in Citizens' E-Government Services Adoption: A Perspective of the Extended UTAUT Model. Sustainability. https://doi.org/10.3390/SU13147671.
[13] Dr, J., & Dr, O. (2020). Role of Education and Financial Capacity on E-Government Adoption. Journal of Enterprise Business Management. https://doi.org/10.46532/jebm.20200703
[14] Yethiraj, N., & Sumanth, S. (2017). Role of E-Governance to Strengthen Higher Education System in India. , 6, 29-32.
[15] Chen, Y., & Li, Q. (2024). The Impact of E-Government on the New Generation Productive Capacities: Evidence from Cross-Country Data. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su16083233.
[16] Implementation of E-government in Education Services through the Development of Education Management Information Systems (SIMDIK) in Malang City. Jurnal Public Policy. https://doi.org/10.35308/jpp.v8i3.4975
[17] Chen, Y., & Li, Q. (2024). The Impact of E-Government on the New Generation Productive Capacities: Evidence from Cross-Country Data. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su16083233.

Furthermore, panel data enables the identification and measurement of effects that are otherwise not discernible in simpler data structure

The digital economy and e-commerce play a pivotal role in the economic development of Uzbekistan and Central Asian countries, serving as vital drivers for economic growth, trade opportunities, and financial inclusion. By facilitating access to wider markets, especially for small and medium enterprises (SMEs), e-commerce enables businesses to increase their reach beyond local boundaries, while also promoting innovation and technological advancement through a culture of entrepreneurship. Moreover, it enhances efficiency and reduces operational costs, addressing inefficiencies in traditional market structures. Despite challenges such as inadequate digital infrastructure and regulatory hurdles, the emphasis on digital transformation and collaborative regional initiatives can create a more integrated and competitive economic landscape. Ultimately, embracing the digital economy is essential for Uzbekistan and its neighbors to foster sustainable growth, improve living standards, and effectively position themselves in the global marketplace.

The President of the Republic of Uzbekistan approved the "Digital Uzbekistan 2030" strategy and measures for its effective implementation. Digital technologies are being actively introduced in all state institutions of all sectors of the economy. And to have an attractive environment for e-commerce, the term "E-government" started to be created and play a crucial role in the economy. E-government and e-commerce have a strong relationship and interaction, enhancing global informationization and promoting information exchange.[18] E-government activities can guide and encourage e-commerce development by utilizing the same regulatory and physical infrastructure that supports e-commerce.[19] E-government and e-commerce are interconnected, with performance measures, security awareness, and usability being key issues in their relationship.[20]

Our study is based on panel data estimation, which employs an analysis of the dynamic behavior of the parameter, and can take heterogeneity explicitly into account by allowing for subject-specific variables such as firm, company, states, and individuals. Panel data regression is used because of its superiority over cross-section and time series data in using all the evidence obtainable, which, are not measurable in pure cross-section and time series.[21]

In our study, a pool of data has been created by 4 Central Asian countries from 2002 to 2023. The relationship between the E-Government Index and its influencing variables in these countries is modeled as:

$$EGOVI = f(INT; ED; URB) \quad (1)$$

Where, INT - represents Individuals using the Internet (% of population), ED - School enrollment, tertiary (% gross), URB - Urban population (% of total population). These factors have an impact on E-Government Index and form part of a model which can be expressed as a regression equation:

$$EGOVI_{it} = \beta_{1i} + \beta_{2i}INT_{it} + \beta_{3i}ED_{it} + \beta_{4i}URB_{it} + u_{it} \quad (2)$$

[18] Huang, K. (2010). The relations and interactions of E-government and e-commerce. *2010 International Conference on Educational and Network Technology*, 527-530. https://doi.org/10.1109/ICENT.2010.5532221.

[19] Blakeley, C., & Matsuura, J. (2004). The use of e-government to encourage e-commerce development. *Proceedings. 2004 International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2004.*, 15-16. https://doi.org/10.1109/ICTTA.2004.1307588

[20] Stowers, G. (2004). Issues in E-commerce and E-government service delivery. , 169-185. https://doi.org/10.4018/978-1-59904-947-2.CH284.

[21] Berrington A., Smith P., Sturgis P. An overview of methods for the analysis of panel data. – 2006.

where (i = 1 … N, where N is the number of the cross-sectional units, t = 1 … T, where T is the time period). In our model, *uit* is the error term and *βs* are the slopes of coefficients. Table 2 gives a definition and data source of variables with expected signs used in the study.

Our study covers 4 countires: Kazakhstan, Uzbekistan, Tajikistan, Kyrgizistan. The study analyzes selected determinants that influence E-government Index in these countries. Panel data have been used for analyses as they provide useful information, consistency, less collinearity amongst variables, efficiency, and a greater degree of freedom. Further, it is possible to identify and measure effects in panel data that are otherwise not measurable in pure cross-section or pure time-series data.

The E-Government Index (EGOVI) was selected as a key variable in this study due to its strong connection with the development of digital infrastructure, online services, and regulatory frameworks, all of which are essential for the growth of e-commerce. A well-developed e-government system enhances digital trust, streamlines business regulations, and improves online service delivery, creating a more favorable environment for digital transactions.

Firstly, efficient e-government services reduce bureaucratic barriers for businesses, enabling faster business registration, tax payments, and compliance procedures through digital platforms. This fosters a more business-friendly ecosystem, particularly for e-commerce startups and SMEs.

Secondly, a high E-Government Index score reflects strong digital infrastructure and internet penetration, both of which are critical for expanding e-commerce markets. Countries with advanced e-government systems tend to have better internet accessibility, secure payment systems, and integrated digital services that support e-commerce growth.

Lastly, consumer trust in digital transactions is heavily influenced by government-led digital initiatives. Secure online services, data protection regulations, and transparent governance improve confidence in online shopping and digital payments. In emerging e-commerce markets like Uzbekistan and Central Asia, strengthening e-government mechanisms can accelerate digital adoption and support economic growth. By incorporating the E-Government Index into the analysis, this study aims to highlight its role in fostering a sustainable and well-regulated e-commerce ecosystem, ensuring long-term digital transformation in the region.

The literature review suggests that internet access, higher education, and urbanization are key drivers of e-government development. However, challenges such as the digital divide, regional disparities, and education quality must be addressed to ensure inclusive digital governance. These insights will be integrated into the econometric analysis to examine their relevance in Central Asia and Uzbekistan.

Data and Methodology. The analysis employs a panel dataset covering 4 countries over 22 years (2002-2023). The dependent variable is E-Government Index. Independent variables include:

- **INT:** Individuals using the Internet (% of population)
- **ED:** School enrollment, tertiary (% gross)
- **URB:** Urban population (% of total population)

Table 2. Descriptive Statistics

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
EGOVI	88	.527	.159	.3	.901
INT	84	32.49	29.566	.055	92.879
URB	88	42.456	11.881	26.505	58.179
ED	88	34.455	17.055	7.85	64.85

The descriptive statistics reveal key characteristics of the dataset. EGOVI, with 88 observations, has a mean of 0.527 and a low standard deviation (0.159), indicating minimal variation. Internet Penetration (INT), based on 84 observations, shows high variability (Mean = 32.49, Std. Dev. = 29.566) with values ranging from 0.055 to 92.879. Urbanization (URB) has a moderate spread (Mean = 42.456, Std. Dev. = 11.881), while Education Level (ED) varies significantly (Mean = 34.455, Std. Dev. = 17.055). The data highlights disparities in internet access and education, which may influence e-government development. (Table 2)

Table 3. Pairwise correlations

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) EGOVI	1.000			
(2) INT	0.945*	1.000		
(3) URB	0.607*	0.427*	1.000	
(4) ED	0.508*	0.380*	0.246*	1.000

*** $p<0.01$, ** $p<0.05$, * $p<0.1$

Table 4. Variance inflation factor

	VIF	1/VIF
INT	1.35	.741
URB	1.241	.806
ED	1.186	.843
Mean VIF	1.259	.

To evaluate potential multicollinearity among the independent variables in the regression model, two key diagnostic measures were examined: pairwise correlation coefficients and the Variance Inflation Factor (VIF). Multicollinearity occurs when predictor variables are highly correlated, which can distort coefficient estimates and reduce the reliability of statistical inference.

The pairwise correlation matrix provides insights into the relationships between EGOVI, INT, URB, and ED. The results indicate a strong positive correlation (0.945) between EGOVI and INT, significant at the 10% level, suggesting that higher internet penetration is closely associated with enhanced e-government development. Additionally, EGOVI and URB show a moderately high correlation (0.607), indicating that urbanization contributes to improvements in e-government performance. The correlation between EGOVI and ED (0.508) suggests that higher education levels positively influence e-government advancement. The correlation between INT and URB (0.427) and between INT and ED (0.380) shows a moderate positive relationship, while URB and ED have a weaker correlation (0.246). These results highlight some important associations but do not confirm the presence of multicollinearity. (Table 3)

To further investigate, the VIF test was conducted to quantify the degree of multicollinearity. Since all VIF values are well below the critical threshold of 5, multicollinearity does not pose a significant problem in this model. (Table 4)

In conclusion, although the pairwise correlation analysis reveals a strong relationship between EGOVI and INT, the VIF analysis confirms that multicollinearity is not a concern. The relatively low VIF values suggest that collinearity does not distort the regression estimates, ensuring that the model remains statistically stable and interpretable.

Then, we analyze the appropriate panel data model based on several statistical tests, including the Breusch-Pagan Lagrange Multiplier test, the Hausman test, the Modified Wald test, and the Wooldridge test.

These tests help determine whether a pooled OLS, fixed effects (FE), or random effects (RE) model is most suitable for the dataset while addressing potential econometric issues such as heteroskedasticity and autocorrelation. (Table 5)

Table 5. The results from three econometric models - Ordinary Least Squares (OLS), Fixed Effects (FE), and Random Effects (RE)

	(1)	(2)	(3)
VARIABLES	OLS	Fixed	Random
INT	0.00392***	0.00361***	0.00392***
	(0.000225)	(0.000415)	(0.000265)
URB	0.00373***	0.00619	0.00373***
	(0.000261)	(0.00506)	(0.000387)
ED	0.00127***	-0.000320	0.00127***
	(0.000151)	(0.000291)	(0.000174)
year = 2003	0.0643***	0.0630	0.0643**
	(0.0148)	(0.0305)	(0.0318)
year = 2004	0.0843***	0.0827**	0.0843***
	(0.0148)	(0.0202)	(0.0216)
year = 2005	0.0736***	0.0709**	0.0736***
	(0.0149)	(0.0185)	(0.0202)
year = 2006	0.0587***	0.0582*	0.0587***
	(0.0149)	(0.0210)	(0.0226)
year = 2007	0.0472***	0.0464	0.0472*
	(0.0149)	(0.0241)	(0.0265)
year = 2008	0.0569***	0.0579*	0.0569**
	(0.0150)	(0.0245)	(0.0276)
year = 2009	0.0692***	0.0690*	0.0692**
	(0.0151)	(0.0246)	(0.0275)
year = 2010	0.0881***	0.0869**	0.0881***
	(0.0153)	(0.0215)	(0.0243)
year = 2011	0.0995***	0.101***	0.0995***
	(0.0157)	(0.0173)	(0.0205)
year = 2012	0.0679***	0.0725**	0.0679***
	(0.0161)	(0.0212)	(0.0221)
year = 2013	0.0466***	0.0535	0.0466*
	(0.0163)	(0.0297)	(0.0279)
year = 2014	0.0417**	0.0490	0.0417
	(0.0168)	(0.0284)	(0.0291)
year = 2015	0.0386**	0.0471	0.0386
	(0.0172)	(0.0304)	(0.0324)
year = 2016	0.0550***	0.0646*	0.0550**
	(0.0177)	(0.0237)	(0.0278)
year = 2017	0.0736***	0.0860**	0.0736***
	(0.0182)	(0.0203)	(0.0277)
year = 2018	0.0825***	0.0943**	0.0825***
	(0.0208)	(0.0174)	(0.0244)
year = 2019	0.0882***	0.107**	0.0882***
	(0.0217)	(0.0251)	(0.0181)
year = 2020	0.0875***	0.116***	0.0875***

	(0.0200)	(0.0127)	(0.0141)
year = 2021	0.0882***	0.122***	0.0882***
	(0.0205)	(0.0141)	(0.0133)
year = 2022	0.0886***	0.127***	0.0886***
	(0.0213)	(0.0132)	(0.0125)
year = 2023	0.0987***	0.151**	0.0987***
	(0.0252)	(0.0290)	(0.0168)
Constant	0.128***	0.0770	0.128***
	(0.0157)	(0.195)	(0.0145)
Observations	84	84	84
R-squared	0.988	0.983	
Number of Country_ID		4	4

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

The Breusch-Pagan Lagrange Multiplier (LM) test was conducted to assess whether a random effects model is necessary. The test resulted that there are no significant random effects. Since the null hypothesis of no panel-level variance cannot be rejected, a random effects model is not necessary, and a pooled OLS model may be sufficient. This result suggests that the variation in the dataset does not justify the use of a RE model over a simpler approach.

To further verify whether a fixed effects or random effects model is more appropriate, the Hausman test was applied. The test produced a chi-square statistic of 0.437 with a p-value of 1.000. Since the p-value is very high, we fail to reject the null hypothesis, implying that the random effects model does not suffer from endogeneity issues and is a valid approach. However, given that the Breusch-Pagan test already ruled out the necessity of a random effects model, the results suggest that either a fixed effects model or a pooled OLS model with robust standard errors should be considered.

The Modified Wald test for heteroskedasticity was conducted to examine whether the error terms exhibit non-constant variance across panels. The test yielded a chi-square statistic of 8.52 with a p-value of 0.0742. Since the p-value is greater than 0.05, we fail to reject the null hypothesis, meaning there is no strong evidence of heteroskedasticity. This implies that standard OLS or panel models without heteroskedasticity corrections can be used without concern for efficiency loss due to variance instability.

The Wooldridge test for autocorrelation was performed to detect the presence of serial correlation in panel data. The test statistic ($F = 2.318$) resulted in a p-value of 0.1425, indicating that the null hypothesis of no first-order autocorrelation cannot be rejected. This suggests that the data does not suffer from significant autocorrelation, allowing for efficient estimates in standard panel regressions without requiring additional corrections.

To summarize, if individual-specific effects are believed to influence the dependent variable, a Pooled OLS model is sufficient. These findings provide a strong econometric foundation for selecting the most appropriate model for the analysis.

The results of the analysis indicate a strong correlation between e-government development (EGOVI) and internet penetration (INT) ($r = 0.945$, $p<0.1$), suggesting that expanding internet access is crucial for advancing digital governance. Additionally, education levels (ED) exhibit a positive correlation with EGOVI, reinforcing their fundamental role in facilitating digital transformation. The Variance Inflation Factor (VIF) values remain low, confirming that multicollinearity is not a significant concern in the model.

Policy Implications:

For Central Asia, these findings highlight the urgent need for investment in digital infrastructure, particularly in rural and underserved regions where internet access remains limited. Policies should prioritize bridging the digital divide, strengthening e-commerce education, and integrating digital services into governance to enhance public accessibility and engagement.

CA and Uzbekistan, with their growing digital economy, should prioritize increasing internet penetration and digital education to ensure sustainable progress. A comprehensive digital strategy, combining internet expansion and education reforms, will be key to fostering e-government development in both Uzbekistan and the broader Central Asian region. Given the significant role of education in digital transformation, Central Asia must focus on enhancing digital literacy and integrating digital economy concepts into the education system. *This can be achieved through the following key initiatives:*

Integrating digital skills into education – Schools and universities should introduce mandatory digital literacy courses covering e-governance, digital finance, and cybersecurity. This will equip students with essential competencies for the digital economy.

Upskilling the workforce – Professional training programs in digital marketing, e-commerce, fintech, and AI-driven business models should be developed for both students and professionals. These programs will support businesses and individuals in adapting to digital transformation.

Government-led awareness campaigns – Public initiatives should educate citizens on utilizing e-government services, online financial transactions, and digital entrepreneurship opportunities, thereby improving digital engagement across various demographics.

Public-private partnerships in education – Collaboration between tech companies, universities, and international organizations can facilitate access to modern educational technologies, online learning platforms, and hands-on training opportunities.

Supporting digital startups and entrepreneurs – Governments should provide grants, incubators, and mentorship programs for young entrepreneurs in the digital economy. This will drive innovation and create new job opportunities in the region.

By emphasizing education and digital economy training, Uzbekistan and Central Asia can enhance their global competitiveness, accelerate digital transformation, and develop a future-ready workforce capable of navigating the demands of an increasingly digital world.

In conclusion, this study highlights the vital role of internet penetration and education in advancing e-government and digital transformation in Uzbekistan and Central Asia. The strong correlation between e-government development (EGOVI) and internet access ($r = 0.945$, $p<0.1$) underscores the need for improved digital infrastructure. Additionally, education (ED) plays a key role in supporting digital adoption, reinforcing the importance of integrating digital skills into learning systems. The model confirms the robustness of these relationships, with no significant multicollinearity concerns. For Central Asia, addressing regional disparities in internet access and digital literacy should be a priority. Investments in ICT infrastructure, digital education, and e-governance will enhance public accessibility and engagement. Uzbekistan, as an emerging digital economy, must focus on expanding internet access, improving digital literacy, and fostering digital entrepreneurship. A well-structured digital strategy that includes education reforms, workforce upskilling, and public-private collaboration will be essential. A key solution is the E-Commerce Academy, which bridges traditional education and the digital economy by offering specialized training in e-commerce, digital marketing, and fintech. Supporting digital startups, public-private partnerships, and awareness campaigns will further drive innovation and job creation.

So, a comprehensive digital development strategy prioritizing infrastructure, education, and entrepreneurship will enable Uzbekistan and Central Asia to accelerate digital transformation, enhance global competitiveness, and build a future-ready workforce.

References

1. Allen, B., Tamindael, L., Bickerton, S., & Cho, W. (2020). Does citizen coproduction lead to better urban services in smart cities projects? An empirical study on e-participation in a mobile big data platform. *Gov. Inf. Q., 37*. https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.101412.

2. Bădîrcea, R., Manta, A., Florea, N., Popescu, J., Manta, F., & Puiu, S. (2021). E-Commerce and the Factors Affecting Its Development in the Age of Digital Technology: Empirical Evidence at EU–27 Level. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su14010101.

3. Berrington A., Smith P., Sturgis P. (2006). *An overview of methods for the analysis of panel data*.

4. Blakeley, C., & Matsuura, J. (2004). The use of e-government to encourage e-commerce development. *Proceedings. 2004 International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2004.*, 15-16. https://doi.org/10.1109/ICTTA.2004.1307588

5. Chen, Y., & Li, Q. (2024). The Impact of E-Government on the New Generation Productive Capacities: Evidence from Cross-Country Data. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su16083233.

6. Crespo, Á., & Del Bosque Rodríguez, I. (2010). The influence of the commercial features of the Internet on the adoption of e-commerce by consumers. *Electron. Commer. Res. Appl., 9*, 562-575. https://doi.org/10.1016/j.elerap.2010.04.006.

7. Dr, J., & Dr, O. (2020). Role of Education and Financial Capacity on E-Government Adoption. *Journal of Enterprise Business Management*. https://doi.org/10.46532/jebm.20200703.

8. Huang, K. (2010). The relations and interactions of E-government and e-commerce. *2010 International Conference on Educational and Network Technology*, 527-530. https://doi.org/10.1109/ICENT.2010.5532221.

9. Implementation of E-government in Education Services through the Development of Education Management Information Systems (SIMDIK) in Malang City. *Jurnal Public Policy*. https://doi.org/10.35308/jpp.v8i3.4975.

10. K., A., & Devi, J. (2024). The Impact of Internet Marketing in E-Commerce: A Case Study. *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education*. https://doi.org/10.47992/ijcsbe.2581.6942.0349.

11. Li, W. (2021). The Role of Trust and Risk in Citizens' E-Government Services Adoption: A Perspective of the Extended UTAUT Model. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/SU13147671.

12. Stowers, G. (2004). Issues in E-commerce and E-government service delivery. *The Handbook of Research on E-Government*, 169-185. https://doi.org/10.4018/978-1-59904-947-2.CH284.

13. Yethiraj, N., & Sumanth, S. (2017). Role of E-Governance to Strengthen Higher Education System in India. *International Journal of Research in Engineering and Technology, 6*, 29-32.

INTEREST RATE AND INFLATION DIFFERENTIALS IN A REVISITED TAYLOR RULE FRAMEWORK

Ghorbel Amal
Laboratory in Economic Development at the Faculty of Economics and Management of Sfax

Abstract
In an open economy such as Tunisia, the Central Bank of Tunisia (BCT) pursues two primary objectives: price stability and financial stability. This paper examines the relevance of the Taylor rule for the BCT by extending its traditional formulation to incorporate the exchange rate and differentials in inflation and interest rates. We first estimate the conventional Taylor rule, accounting for interest rate smoothing, to capture the BCT's baseline monetary policy behavior. Subsequently, we develop an augmented Taylor rule that explicitly integrates both the interest rate differential and the inflation differential relative to key international benchmarks. Estimation is conducted using the Generalized Method of Moments (GMM) on a monthly dataset spanning 277 observations from January 1999 to January 2022. Our findings reveal that the BCT's policy decisions are significantly influenced by external factors, particularly international interest rate trends and exchange rate fluctuations. The results suggest that incorporating these differentials into the Taylor rule framework provides a more accurate and realistic representation of monetary policy conduct in Tunisia. The study contributes to the literature by highlighting the limitations of the traditional Taylor rule in small open economies and underscores the importance of accounting for global economic linkages when formulating monetary policy. These insights are particularly relevant for policymakers aiming to balance domestic stabilization objectives with external economic pressures.
Keywords: Augmented Taylor rule, exchange rate, interest rate smoothing, interest rate differential, inflation differential, Tunisia.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

HAYHAT MINNA AL-DHILLA: THE POLITICAL THEOLOGY OF KARBALA AND MODERN RESISTANCE IN WEST ASIA

Syeda Nada Qadri
Aligarh Muslim University
ORCID: 0009 0008 7702 4242

Sanobar Mir
Aligarh Muslim University

ABSTRACT
This article examines the enduring influence of the Karbala paradigm, particularly the Hussaini declaration "Hayhat minna al-dhilla" ("Far be disgrace from us"), on contemporary politics and geopolitics in West Asia. The study employs concepts from political theology, decolonial resistance, and regional power dynamics to demonstrate that Karbala transcends its historical context, serving as a symbolic and intellectual template that aids contemporary struggles against oppression and imperial domination.
This paper examines how various political factions and resistance organizations in Palestine, Lebanon, Yemen, Syria, and Iran have leveraged the moral and religious heritage of Imam Hussain's opposition to Yazid. These people are confronting contemporary manifestations of authoritarianism, settler colonialism, economic blockade, and external intervention. The study contends that "Hayhat minna al-dhilla" serves as a fundamental concept of resistance that unites individuals spiritually and politically amid evolving global power dynamics. It accomplishes this by meticulously analyzing pertinent Qur'anic directives and their application in political discourse. This study asserts that the Karbala ethos continues to provide moral legitimacy and strategic coherence to the political objectives of oppressed populations in the region as Western hegemonic influence diminishes and other power centers emerge in the East.
Keywords: Karbala, Islamic History, Resistance, Theology, West Asia Conflict, Middle East Geopolitics.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THE IMPACT OF POLITICAL CORRUPTION ON DEVELOPING COUNTRIES: EVIDENCE FROM INDONESIA

Dariyanti
International Scholar at Gujarat University

Adrian
STIE Jayakarta

Edi Priyono
Insitut Nalanda

ABSTRACT
Political corruption on developing countries by using eroding country ability, deterring funding, distorting useful resource allocation, and weakening public believe. This paper synthesizes empirical proof on corruption's macro- and micro-degree consequences, with evidence from Indonesia, and appraises latest enforcement outputs of the Komisi Pemberantas Korupsi (KPK). Using a Joanna Briggs Institute proof synthesis method, the integrate international and Indonesian studies with authentic indicators (eg., HDI, poverty) and KPK facts (operations, suspects, and asset recovery). Indonesia's CPI 2024 rating of 37/100 (rank 99/180) points to persistent integrity risks, whilst BPS reviews endured gains in human improvement (HDI 75.02 in 2024) amid ongoing governance challenges. We locate strong proof that corruption depresses boom, crowds out efficient funding, inflates infrastructure fees, and weakens carrier transport; Indonesian subject evidence suggests audits reduce "lacking expenses" in public works. KPK's 2020–2024 enforcement produced 36 sting operations (OTT) and 691 suspects, alongside asset healing (eg., Rp 525.4 billion in 2023), but debates persist about deterrence and recovery sufficiency. Policy priorities consist of rule-making readability, battle-of-interest controls, procurement transparency, centered audits, and more potent asset healing and proceeds-of-crime regimes.
Keywords: Corruption; Political corruption; Developing countries; KPK; Indonesia.

INTRODUCTION
Corruption described because the abuse of entrusted energy for personal gain has long been identified as a binding constraint on development. Classic pass-country paintings buddies corruption with decrease funding and slower growth, as bribery, hire-searching for, and regulatory capture distort incentives and useful resource allocation (Mauro, 1995). In low- and middle-income settings, corruption further weakens the country's ability to provide public goods, along with infrastructure, health, and schooling, thereby undermining human capital formation and inclusive growth. As one example of this, corruption need to be eradicated straight away for the reason that its development worries all levels of society and is practiced by using nearly each organization global, together with Indonesia (Rahim, 2019).
In Indonesia, governance reforms considering the fact that 1998 have created specialized institutions, notably the Corruption Eradication Commission (KPK), and modernized budget, audit, and procurement structures. Nonetheless, current signs endorse integrity risks remain material. Transparency International's Corruption Perceptions Index (CPI) 2024 reviews Indonesia at 37/100 (rank 99/180), signaling chronic perceptions of public-sector corruption. These perceptions align with media and civil-society tracking of bribery, procurement collusion, illicit enrichment, and conflicts of hobby across more than one ranges of government.

Development bets are high. Indonesian human development has improved BPS reports that HDI reached 75.02 by 2024, an increase of 0.85% by 2023 - sustained progress requires tax resources to be translated into effective public goods and services, free of leaks and favoritism. The World Bank also highlights the reduction of Indonesian long-term poverty, but notes that significant actions of the population remain vulnerable when measures against higher international poverty lines the need to use all the robes wisely. Weak integrity in purchases and permission inflates costs, prevents competition and reduces the quality of the infrastructure; Corruption in natural resources licensing can also stimulate environmental degradation with long -term growth penalties.

Indonesia's application environment is dynamic. Between 2020 and 2024, KPK conducted 36 Chopped Operations (Operais Tangkap Tangan, OTT) and appointed 691 suspects, including subnational employees - demonstrating range in politically sensitive rental areas. KPK also reports asset recovery contributions (eg RP525.4 billion in 2023), along with broader "economies" and prevention of potential loss reported in annual documents. Still, civil society evaluations and comments question whether the frequency of OTTS and the total recovered assets are sufficient to prevent entrenched networks and if institutional changes have affected the overall kpk bite. This study seeks to put these application trends alongside academic evidence about the costs of real -world development of corruption and identify policy levers with the highest return.

LITERATURE REVIEW

Global evidence on corruption and development. Seminal go-united states research discover that corruption reduces personal funding and financial increase, partially by way of growing uncertainty and transaction charges and by using skewing public spending towards hire-wealthy initiatives (Mauro, 1995). Reviews (e.G., Svensson, 2005) consolidate proof that corruption lowers revenue performance, distorts industrial structure, and worsens inequality, with reported outcomes where establishments are weak. Empirical work also files leakage in sectoral spending famously in Uganda’s schooling grants wherein faculties received a fragment of intended transfers, illustrating how capture and susceptible tracking spoil the carrier-delivery chain.

However, in positive contexts, corruption has mockingly been observed to facilitate economic interest, particularly in developing countries with negative governance and weak institutional elements, such as inadequate assets rights safety (Kargin-Akkoc & Durusu-Ciftci, 2024; Yung et al., 2023). Indonesia-particular micro evidence. Indonesia has contributed frontier proof via randomized and quasi-experimental designs. Olken (2007) shows that increasing the opportunity of relevant audits from 4% to a hundred% in over 600 village street projects drastically decreased “missing expenditures” (a proxy for corruption) through ~8 percentage points, even as simply backside-up tracking had constrained combination outcomes because of loose-rider problems. This underscores the significance of credible detection and sanction risks in procurement and works initiatives. Related Indonesian studies and audits advise that collusion, cost inflation, and high-quality downgrading in infrastructure can materially erode fee-for-cash and long-run returns.

Governance channels

The literature identifies a couple of mechanisms:

Investment & productivity: Bribes and favoritism boost entry barriers and reduce aggressive strain, pushing assets in the direction of rent-in search of rather than innovation and efficiency (Mauro, 1995; Svensson, 2005).

Public finance: Corruption reduces tax morale and net sales while inflating expenses on capital-intensive projects amenable to kickbacks; it also biases allocations faraway from maintenance and social sectors.
Service shipping: Leakage and ghost procurement lessen powerful spending in health, training, and social safety, diminishing human capital accumulation (Reinikka & Svensson, various).
Natural resources & environment: Corrupt licensing and vulnerable enforcement allow illegal mining and land-use conversion with long-time period externalities.
Trust & social norms: Visible impunity erodes agree with and compliance, making reforms tougher to maintain.
Indonesia's modern-day signs. Despite HDI profits and poverty reduction momentum, Indonesia's CPI score highlights persevering with governance gaps as compared with aspirational peers. Evidence indicates anticorruption achievement requires both credible enforcement and systems reform: transparent e-procurement, battle-of-hobby regimes, beneficial-possession disclosure, audit potential, and proceeds-of-crime frameworks to make sure significant recovery and restitution—regions emphasised via worldwide guidance on asset recovery and risk-of-bias discount in enforcement reporting.

METHODOLOGY

The conducted an applied evidence synthesis guided by the Joanna Briggs Institute (JBI) Manual for Evidence Synthesis to integrated (quantitative, qualitative, administrative data). That are relevant to political corruption and development in Indonesia. The protocol followed JBI guidance for mixed-methods/systematic reviews and used JBI critical appraisal tools as appropriate to study types.

Identifying the Research Questions

The study has the following research questions:
1) What is the empirical impact of corruption on growth, investment, service delivery, and human development outcomes in Indonesia and comparable contexts?
2) What do recent KPK enforcement outputs (e.g., OTTs, suspects, asset recovery) indicate about deterrence and fiscal restitution?
3) Which interventions show credible effectiveness in reducing corruption costs in Indonesian settings?
4)

Eligibility of the Research Questions

This study involved the core elements of Population, Concept, and Context (PCC) suggested by the Joanna Briggs Institute (JBI) methodology evidence synthesis guided to determine eligibility of the research questions.

Identifying Relevant Studies

This review comprehensively identified relevant studies by searching published literature databases used Google Scholar, ScienceDirect, JSTOR, and Scopus to search for published evidence. Peer-reviewed articles, authoritative institutional reports (BPS, World Bank), and official enforcement data (KPK, government releases), 1995 to 2025. Used the following search terms in combination for relevant studies from the electronic databases: "Corruption", "Political corruption", "Developing countries", "KPK", "Indonesia".

Selecting the Studies, Appraising and Synthesis approach

Eligibility Criteria

This review included studies that fulfilled the following inclusion criteria:
Studies presenting evidence of political corruption and Indonesia's development conducted
Studies conducted in Indonesian countries
Studies published in English language
Studies primary and secondary data by official indicators were drawn from academic databases (QJE, JEP, JPE), official website (BPS, KPK, World Bank and Transparency International)

Critical Appraisal

We applied relevant JBI critical appraisal checklists to quantitative and review studies to assess risk of bias (randomization/assignment, confounding, measurement validity, and reporting). Policy and administrative sources were appraised for transparency, replicability (e.g., published methodologies), and triangulated across multiple outlets (official PDFs, independent monitoring).

Synthesis approach

A convergent integrated synthesis (JBI) was used: quantitatively robust findings (e.g., effect of audits on missing expenditures) were treated as core causal evidence; qualitative and institutional reports contextualized mechanisms and implementation feasibility. Enforcement descriptively analyzed to characterize trends (OTTs, suspects, asset recovery) and aligned to theory on deterrence.

Table 1. The JBI (PCC) Framework Defining the Eligibility of the Research Questions

Element	**Description**
Population	National and Subnational government, political institutions, and enforcement such as KPK
Concept	Political corruption and its effects on development indicators (economic growth, HDI, infrastructure quality, poverty reduction)
Context	Indonesia's governance and development environment, with special focus on 2020 – 2024 period data

JBI Flow Diagram Summary

Here, JBI data selection flow diagram (2020 -2024), formatted in a PRISMA-style but aligned with JBI evidence synthesis:

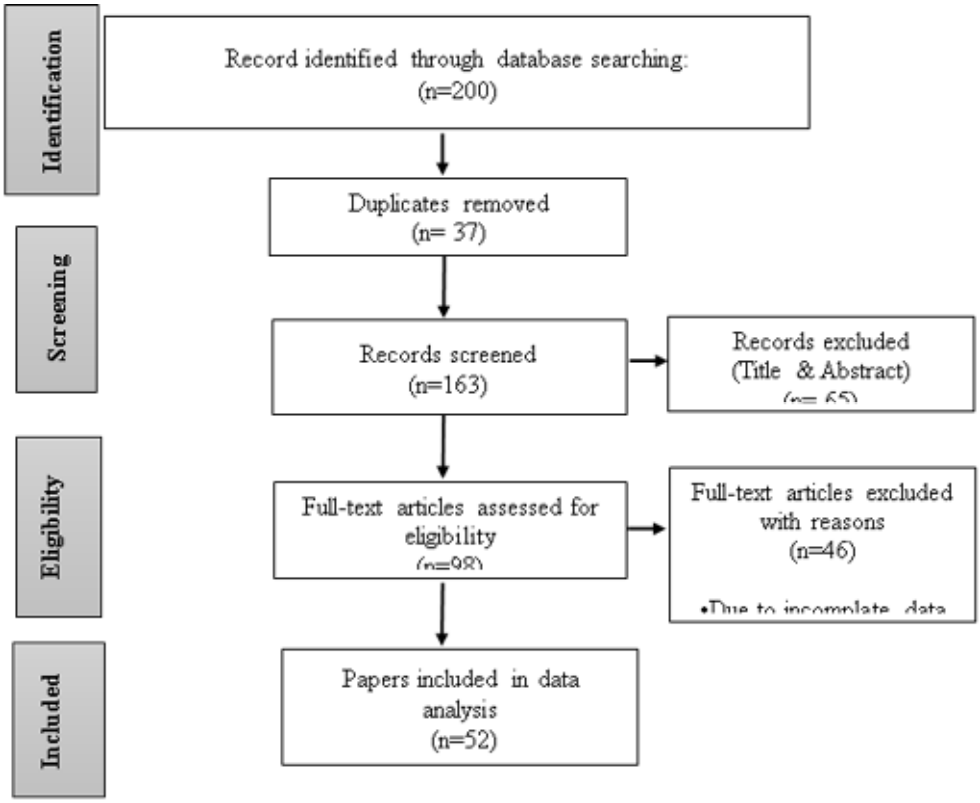


Figure 1. PRISMA Diagram

The JBI Flow Diagram with formatted in a PRISMA-style is a flowchart designed to facilitate systematic reviews. This method consists of four major phases: identification, screening, eligibility, and inclusion. During the identification step, a search strategy is established and put into action to locate relevant research. During the screening stage, specific criteria are used to evaluate the research's significance. During the eligibility stage, studies are evaluated for value and applicability.

RESULTS AND DISCUSSION

The database seek yielded 200 research, and of which 37 duplicates have been removed. Next, 65 research have been removed at some point of the title and summary screening because they did now not meet the inclusion standards, and 46 were eliminated throughout the whole article screening stage (as they were either not unique to political corruption). Finally, 52 research have been protected within the look at.

Economic Growth and Investment

Cross-u. S.A. Evidence constantly hyperlinks corruption to decrease investment and slower boom. Mauro (1995) documented that a one-standard-deviation improvement in integrity is associated with enormous gains in investment/GDP and increase findings echoed in later evaluations (Svensson, 2005). For Indonesia, this implies that chronic corruption perception ratings (CPI 2024: 37/100, rank 99/180) probable preserve a “chance top class” on capital formation, specially in sectors dependent on licensing and procurement. The macro narrative squares with investor anecdotes approximately regulatory uncertainty, discretionary enforcement, and uneven rule of law.

Infrastructure and Public Works

The Indonesian discipline test via Olken (2007) provides rigorous, nearby causal evidence: raising the audit probability to one hundred% decreased lacking costs through eight percentage points in village road projects, whilst social tracking by myself did not offset collusion in material procurement. This without delay ties anti-corruption enforcement capacity (credible detection) to fee-for-money in infrastructure an area with massive multiplier effects on boom. Implication: scaling danger-primarily based audits, increasing engineer verification, and mandating e-procurement with open records can materially restriction rent extraction in Indonesia's big infrastructure pipeline.

Service Delivery and Human Development

BPS facts display Indonesia's HDI rose to 75.02 in 2024. Yet, global proof on leakage (eg., schooling presents in Uganda) illustrates how seize can blunt the development effect of social spending. In Indonesia, corruption in procurement and nearby bureaucratic methods can undercut application first-class and fairness while top-line budgets amplify. Therefore, persevered upgrades in HDI might be extra sustainable if integrity safeguards (procurement transparency, independent audits, complaint redress) are embedded in social programs and subnational transfers.

Enforcement Outputs (KPK Data Suggested)

Activity & attain. From 2020–2024, KPK mentioned 36 OTTs and 691 suspects, which includes local heads—proof that enforcement extends into politically sensitive transactions. Such moves can reset expectancies in procurement and allowing, specifically whilst accompanied by using clean sanctions. However, deterrence depends on truth and speed of detection and punishment, now not simply excessive-profile operations. Reports observe numerous annual OTT counts, raising debate approximately whether or not the overall "fear impact" is strengthening or eroding through the years.

Asset restoration. KPK reported Rp 525.4 billion in asset recovery in 2023 (inclusive of PSP and offers) channeled to non-tax kingdom sales. This is meaningful, but civil-society assessments urge optimizing proceeds-of-crime tools (eg., anti-money-laundering statutes) to raise internet recoveries, pursue 0.33-birthday celebration belongings, and make certain restitution. International steerage likewise emphasizes robust confiscation and transparent go back frameworks to shut the loop on deterrence. For Indonesia, deepening inter-corporation cooperation (eg., with DJKN, AGO, PPATK) and international prison help is key.

Macro lens. While enforcement is crucial, CPI tendencies and excessive-profile scandals suggest systemic risks stay. President-level commitments to crackdown assist set tone-at-the-top, but influences hinge on comply with-through in policy and establishments: war-of-interest policies; revolving-door limits; actual-time beneficial-ownership information in procurement; and strong whistleblower protections. The Olken (2007) result shows that audits with tooth generate measurable savings complementing, in place of substituting for preventive reforms.

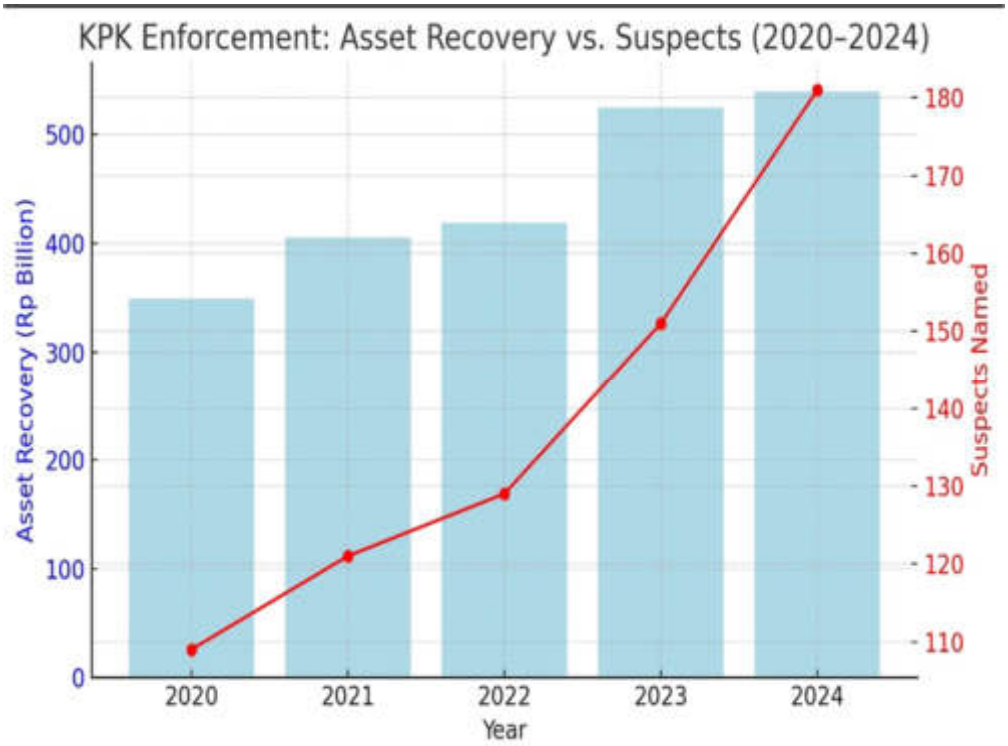


Figure 2. KPK Enforcement - Asset Recovery vs. Suspects (2020-2024).

Figure 2 shows a steady increase in both suspects and asset recovery, with suspects rising from 109 (2020) to 181 (2024) and recovery reaching 540 billion IDR. While this reflects stronger enforcement, the consistently high number of suspects indicates corruption remains pervasive.

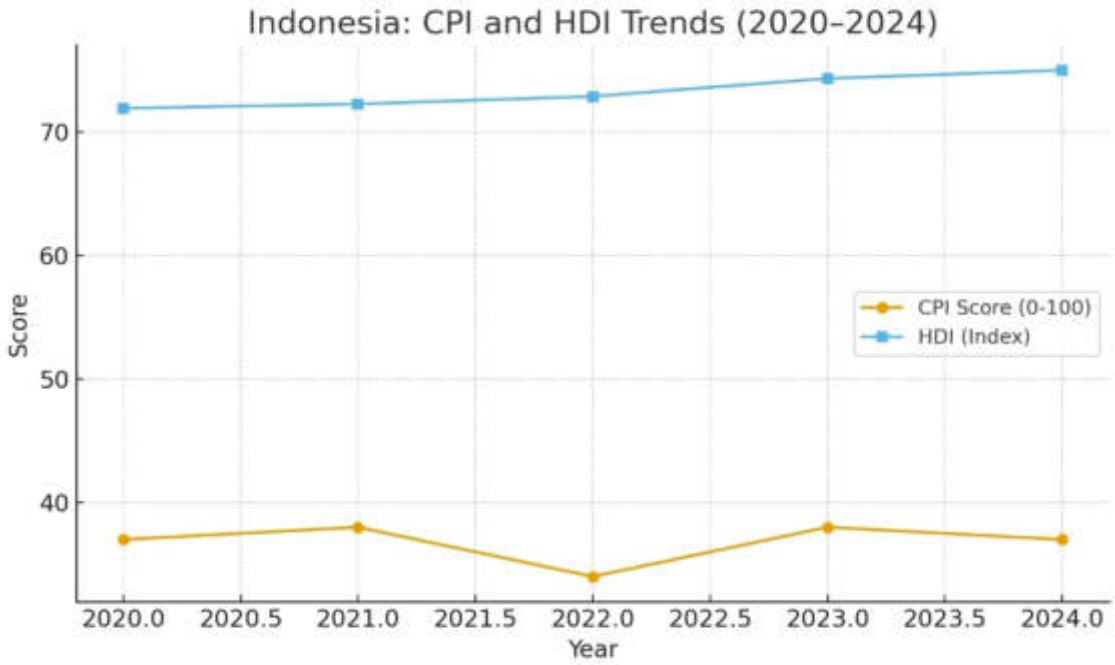


Figure 3. CPI and HDI Trends (2020-2024).

While Indonesia's HDI rose steadily from 71.94 (2020) to 75.02 (2024), CPI scores fluctuated between 34-38, suggesting corruption is still perceived as widespread. This contrast highlights a paradox: governance enforcement is stronger, yet perceptions of corruption remain high. Indicating challenges despite development progress.

Policy Priorities and Indonesia Specific Pathways

✓ Targeted, hazard-based audits in works and goods procurement, supported by way of engineer verification and randomized inspections.

✓ E-procurement a hundred% with open contracting statistics; put up agreement performance and variant orders.

✓ Proceeds of crime & asset restoration: make bigger use of AML/TPPU government; improve tracing, freezing, confiscation, and control of seized property; publish annual recovery dashboards.

✓ Subnational integrity compacts linking transfers to compliance with procurement, BO disclosure, and financial reporting.

✓ Justice chain overall performance: well timed adjudication, sentencing proportionality, and prevention of legal loopholes that dilute accountability.

✓ Civic monitoring & safety: secure channels for whistleblowers and CSOs to file collusion, along citizen-friendly portals for procurement and budget records.

✓

CONCLUSION

This review confirms that political corruption imposes fabric development charges in Indonesia, constant with worldwide evidence. Credible enforcement especially audits and prosecutorial follow-thru can cut leakage in infrastructure and lift fee-for-money. KPK's enforcement record (2020–2024) indicates sustained hobby and asset recuperation, but the scale of losses, belief tendencies, and periodic scandals indicate that systemic prevention and more potent proceeds-of-crime frameworks are similarly important.

Policy synthesis

Near-time period wins: threat-based totally audits, open contracting records, engineer fee/excellent verification, stronger plea/agreement terms connected to restitution, and coordinated asset recovery.

Medium-time period: war-of-hobby and revolving-door law; useful-ownership integration throughout procurement and licensing; performance-connected economic transfers to subnational governments; virtual traceability in aid licensing.

Long-time period: investments in institutional integrity (judicial independence, prosecutorial capacity, and safety for watchdogs) to cement deterrence.

RESEARCH GAPS

The following research gaps the points are:

✓ Causal estimates at scale: Beyond village-road experiments, greater RCTs/quasi-experiments in large infrastructure, fitness procurement, and social safety would quantify benefits of e-procurement, audit depth, BO disclosure, and blacklisting.

✓ Asset-restoration effectiveness: Rigorous evaluations of stop-to-give up healing (tracing → confiscation → go back → social use) and deterrent consequences are confined; standardized public statistics could enable effect estimation.

✓ Subnational heterogeneity: Comparative studies across provinces/localities to pick out which administrative designs yield lower leakage consistent with rupiah spent.

✓ Political economic system of reform: Evidence on coalition-building, incentives for reform champions, and guardrails that shield organizations like KPK from cyclical weakening.

Ultimately, Indonesia's improvement trajectory indicates that comprehensive and sustained anti-corruption measures, supported by robust institution reforms and enhanced transparency, are indispensable for minimizing fiscal leakages and achieving more effective governance outcomes.

References

BPS-Statistics Indonesia. (2024). Indonesia Human Development Index (HDI) in 2024 reached 75,02. https://www.bps.go.id/en/pressrelease/2024/11/15/2296.

BPS-Statistics Indonesia. (2024). Indonesia Human Development Index (HDI) 2024 (Publication). https://www.bps.go.id/in/publication/2025/05/15/dd9a3.

ISEAS-Yusof Ishak Institute. (2024). Coruption eradication in Indonesia: One step forward, two steps back? https://www.iseas.edu.sg/articles-commentaries/iseas-perspective/2024-42-corruption-eradication-in-indonesia-one-step-forward-two-steps-back-by-astrid-meilasari-sugiana-gunardi-endro-siwage-dharma-negara/.

JBI. (2020). Checklist for systematic review and research syntheses. https://jbi.global/sites/default/files/2020-08/Checklist_for_Systematic_Review_and_Research_Syntheses.pdf.

JBI. (2017/2020). Critical appraisia checklist for analytical cross-sectional studies. https://jbi.global/sites/default/files/2019-05/JBI_Critical_Appraisal-Checklist_for_Analytical_Cross_Sectional_Studies2017_0.pdf and update page https://jbi.global/sites/default/files/2020-08/Checklist_for_Analytical_Cross_Sectional_Studies.pdf.

Joanna Briggs Institute. (2020). JBI manual for evidence syntheses. https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-01.

Kargin-Akkoc,G., &Durusu-Ciftci, D. (2024). The interrelationship between corruption, economic growth, and trade: Do they grease or sand each other's wheels. Journal of Quantitative Economics. https://doi.org/10.1007/s40953-024-00414-w.

KPK. (2023). Laporan Tahunan KPK 2023. https://cmskpk.go.id/storage/4200/Laporan-Tahunan-KPK-2023.pdf.

KPK asset recovery. (2023). IndoPublik/MENPANRB. https://www.menpan.go.id/site/berita-terkini/berita-daerah/selama-2023-kpk-pulihkan-aset-negara-sebesar-rp525-miliar.

KPK performance briefing (2019-2024 period): OTT counts (36) and suspects (691). (2024). https://news.detik.com/berita/d-7691524/kpk-gelar-36-kali-ott-sepanjang-2020-2024-total-691-tersangka.

Mauro, P. (1995). Corruption and Growth. The Quarterly Journal of Economics, 110(3), 681-712. https://doi.org/10.2307/2946696.

Oklen, B. A.(2007). Monitoring corruption: Evidence from field experiment in Indonesia. Journal of Political Economy, 115(2), 200-249. https://www.povertyactionlab.org/sites/default/files/research-paper/27_Olken_Monitoring_Corruption.pdf.

Rahmi, A. (2019). Internalisasi Nilai Sipakatau, Sipakalebbi, Sipakainge' Dalam Upaya Pencegahan Tindak Pidana Korupsi. Jurnal Al Himayah, 3(1), 29-52. https://journal.iaingorontalo.ac.id/index.php/ah/article/view/881.

Reinikka, R., & Svensson, J. (2004). Explaining leakage of public funds. Policy Research Working Paper, WPS2709. http://documents.worldbank.org/curated/en/551731468739539807.

Svensson, J. (2005). Eight Questions about Corruption. Journal of Economic Perspectives, 19(3), 19-42. DOI: 10.1257/089533005774357860.

Transparency International. (2025). Corruption Perceptions Index 2024. https://wwwtransparency.org/en/cpi/2024.

Transparency International – Indonesia Country page (CPI 2024: score 37;rank 99/180). https://www.transparency.org/en/countries/indonesia.

UNODC. (2023). Confiscates Asset Return and UNCAC: A Net for All Fish. https://www.unodc.org/documents/Publications/2023/UNODC_Confiscates_Asset_Return_abd_UNCAC_-_A_Net_for_All_Fish_2023.pdf.

WorldBank. (2025). Updated Global Poverty Lines: Indonesia (Factsheet). https://www.worldbank.org/en/news/factsheet/2025/06/13/updated-gobal-poverty-lines-indonesia.

Yung, K., Cai,Q., & Li, D. D. (2023). Greasing the wheels of irreversible investment: International evidence on the economic effects of corruption. Global Financial Journal, 58, 100895. https://doi.org/10.1016/j.gfj.2023.100895.

Appendix

Tabel 1. KPK Enforcement Data (2020-2024)

Year	OTT Operations	Suspects Named	Asset Recovery (Rp-Billion)
2020	7	109	349
2021	5	121	406
2022	6	129	419
2023	9	151	525
2024	9	181	450

Source: Komisi Pemberantas Korupsi (KPK), Annual Reports 2020-2024; Menpan.go.id (2023).

Tabel 2. CPI vs. HDI Data (2020-2024)

Year	CPI Score (0-100)	HDI Index
2020	37	71,94
2021	38	72,29
2022	34	72,91
2023	38	74,36
2024	37	75.02

Source: Transparency International (2025); BPS-Statistics Indonesia Institution (2024, 2025).

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

FƏAL TƏLİM METODLARININ MÜASİR DƏRS PROSESİNDƏ TƏTBİQİ

Elmira Məhərrəmova
ADPU-nun ETM-nin əməkdaşı

Əlvan Cəfərov
ADPU-nun ETM-in əməkdaşları

Xülasə
Azərbaycanda təhsil sisteminin inkişaf etdirilməsi, onun dünya standartlarının tələbləri səviyyəsinə çatdırılması fəaliyyətin daha çox iki istiqamətdə təşkili ilə səciyyələnir. Onlardan birincisi, ölkənin daxilində təhsil sahəsində əldə olunmuş nailiyyətlərin öyrənilib, ümumiləşdirilməsi və təhlil edilməsindən ibarət olub, ilk növbədə təlim-tərbiyə sahəsində irəliləyişlərin mahiyyət və məzmununu öyrənməklə təhsilin mövcud durumunu, cəmiyyətin tələb və ehtiyaclarını müəyyənləşdirmək baxımından əhəmiyyət daşıyır və vətəndaş cəmiyyətinin formalaşdırılması istiqamətində nələrin əldə olunduğunu və gələcək üçün hansı potensial imkanların yarandığını meydana çıxarmağa imkan verir. İlkin araşdırmalar göstərir ki, Respublikada istər müəllimin, istərsə də məktəbin fəaliyyətinin cəmiyyətin tələblərinə uyğun qurulması nəticəsində şəxsiyyətin formalaşdırılması, nailiyyətlərin qiymətləndirilməsi, eləcə də təhsilin idarə olunması sahəsində xeyli qabaqcıl təcrübə toplanmışdır. Ona görə də həmin materialların ümumiləşdirilərək onlardan geniş istifadə olunması təbii ki, Azərbaycan təhsil sisteminin milli zəmində yenidən qurulması baxımından əhəmiyyət daşıyır.
İkincisi, inkişaf etmiş xarici ölkələrin iş təcrübəsindəki mütərəqqi cəhətlərin öyrənilib ümumiləşdirilməsi və milli-mənəvi xüsusiyyətləri nəzərə alaraq tətbiqinin həyata keçirilməsi vacib bir məsələ olub, aktuallığı ilə seçilir. Son illərdə Azərbaycanda bu istiqamətdə xeyli işlər görülmüşdür. Pedaqoji innovasiyalar kimi öyrənilən bu təcrübələrin keyfiyyət göstəricisi həmin ölkənin vətəndaşlarının ümumi inkişaf səviyyəsi ilə müəyyənləşdirilir və gənc nəsildə formalaşan həyati bacarıqlar ümumi səviyyənin zəruri göstəriciləri kimi çıxış edir.
Ənənəvi pedaqoji tədqiqatların bir mühüm cəhəti kimi istənilən yanaşma eksperimental və təcrübi qaydada sınaqdan keçirilməli, bundan sonra hər hansı innovasiyanın tətbiqinə qərar verilməlidir.
XXI əsrin başlanğıcında Azərbaycan təhsil sisteminin yenidən qurulması, modernləşdirilməsi və bu işlərin təşkilində fəal və interaktiv metodlardan istifadə olunmaqla yerinə yetirilməsi prioritet problem hesab edilir. Onların həll olunması üçün yeni pedaqoji araşdırmalara ehtiyac duyulur.
Təhsil sisteminin inkişaf tendensiyası,fəal və interaktiv metodlar sahəsində müəllif məktəblərinin, novator müəllimlərin iş üsullarına dair toplanmış faydalı təcrübələr, pedaqoji-psixoloji tədqiqatların nəticələri daima sistemləşməli, ümumiləşməli və təlim-tərbiyə prosesinin məzmununun yeniləşdirilməsini tələb edir. Bu problemlərin həlli təhsil sferasına,pedaqoji prosesə fəal və interaktiv metodlar anlayışının elmi əsaslarla gətirilməsini vacib bir problem kimi qarşıya qoyur və bütövlükdə təhsildə texnoloji yanaşmaların tətbiqini aktuallaşdırır.
Açar sözlər: təhsil,müəllim, interaktiv, standart, cəmiyyət

APPLICATION OF ACTIVE TEACHING METHODS IN THE MODERN TEACHING PROCESS

Summary

The development of the education system in Azerbaijan, bringing it up to the level of world standards is characterized by the organization of activities in two directions. The first of them consists of studying, summarizing and analyzing the achievements made in the field of education within the country, first of all, by studying the essence and content of the progress in the field of education, it is important in terms of determining the current state of education, the demands and needs of society, and what has been achieved in the direction of the formation of civil society. and allows us to reveal what potential opportunities are emerging for the future. Preliminary studies show that in the Republic, as a result of establishing the activity of both the teacher and the school in accordance with the requirements of the society, considerable advanced experience has been collected in the field of personality formation, assessment of achievements, as well as in the field of education management. Therefore, the generalization of those materials and wide use of them is, of course, Azerbaijan education is important in terms of the reconstruction of the system on the national level.

Secondly, the study and generalization of the progressive aspects of the work experience of developed foreign countries and the implementation of their implementation taking into account the national and moral characteristics is an important issue and is distinguished by its relevance. In recent years, a lot of work has been done in this direction in Azerbaijan. The quality indicator of these practices, which are studied as pedagogical innovations, is determined by the general development level of the citizens of that country, and the life skills formed in the young generation act as necessary indicators of the general level.

As an important aspect of traditional pedagogical research, any approach must be tested experimentally and empirically before any innovation is decided upon.

At the beginning of the 21st century, the reconstruction and modernization of the educational system of Azerbaijan and its implementation using active and interactive methods in the organization of these works is considered a priority problem. New pedagogical research is needed to solve them.

The development trend of the educational system, the useful experiences collected on the working methods of author schools, innovative teachers in the field of active and interactive methods, the results of pedagogical-psychological researches must be constantly systematized, summarized and the content of the educational process needs to be updated. The solution of these problems poses an important problem of bringing the concept of active and interactive methods to the educational sphere and the pedagogical process on scientific grounds and makes the application of technological approaches in education as a whole more urgent.

Keywords: education, teacher, interactive, standard, society

Bu gün təhsilin inkişafı, vətəndaş-şəxsiyyətlərin formalaşdırılması üçün geniş imkanlar mövcuddur. İlk növbədə təhsil proqramlarının, proqram və dərsliklərin, texnologiyaların yenilənməsi, müəllimlərin müvafiq ixtisaslar üzrə yeni metodologiya əsasında hazırlanması hədəflərə doğru irəliləmək imkanlarını genişləndirir.Təhsildə yeni yanaşmalara uyğun olaraq bu gün təhsil proqramları müvafiq məzmun xətləri, standartları əsasında formalaşdırılır. Təhsil proqramları təhsilalanlarda formalaşdırılan bilik, bacarıq, səriştələri və dəyərlər sistemini əks etdirməklə nəzəri və praktik baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edir.(Azərbaycan Respublikasının "Təhsil haqqında" Qanunu. Bakı, 2012)

Proqramın məzmunu müəllimlər üçün fəaliyyət istiqamətlərini, həmçinin konkret olaraq təlim məqsədlərini, gözlənilən nəticələri müəyyənləşdirməyə, prosesi idarə etməyə yol göstərir, təlim prosesinin müasir mexanizmlərinə aydınlıq gətirir. Nəzəri baxımdan bu mexanizmləri mənimsəyən və fəaliyyətində ona istinad edən və öz işinə yaradıcı yanaşan müəllimlər təbii ki, böyük uğurlara imza atmaq imkanlarına malik olurlar. Təcrübə göstərir ki, əgər fənn müəllimi yaradıcıdırsa, təlim prosesində "öyrənməyi-öyrənmək" prinsipinə, tədqiqatçılığa üstünlük verirsə, onun şagirdləri də müstəqil,yaradıcı düşünən, öz mövqeyini əsaslandırmağı bacaran şəxsiyyət kimi formalaşa bilər. Müasir dərsin interaktivliyi və inteqrativliyi bu baxımdan müəllim üçün əlverişli şərait yaradır. Müasir dərsin strukturu elədir ki, bu struktur elementlərinin nəzərə alınması təlim prosesində sonadək fəallığın təmin olunmasını, milli və bəşəri dəyərlərə sadiq şagird şəxsiyyətinin formalaşdırılmasını nəzəri baxımdan şərtləndirir
Dərsdə fəallığın təmin olunma prosesi ilk növbədə motivasiyanın yaradılması, tədqiqat sualının qoyuluşu və təhsilalanların bu prosesə cəlb edilməsi ilə başlayır. Kollektivlə, qrupla işin pedaqojipsixoloji,metodik xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması, qiymətləndirmənin obyektiv aparılması öyrənənlərin şəxsiyyət kimi yetişməsinə əsaslı şəkildə təsir göstərir. Təhsilalanlar bu prosesdə yeni bilik və bacarıqlara yiyələnir, öyrənməyi öyrənir, mənəvi keyfiyyətlərini inkişaf etdirir, vətəndaş-şəxsiyyət kimi formalaşırlar. Bu prosesdə müəllimin fasilitator (bələdçi) kimi funksiyalarını yerinə yetirməsi, öyrənənlərin fəallığının, müstəqilliyinin təmin olunmasına əlverişli imkanlar yaratması, dərsin gedişini yeni yanaşmalara uyğun tənzimləməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Təlim prosesində işin bu istiqamətdə aparılması onları axtarıcılığa, tədqiqatçılığa, təşəbbüskarlığa, əldə etdiyi faktları dərindən təhlil etməyə, ümumiləşdirməyə, yeni fikirlərini əsaslandırmağa sövq edir. Belə bir iş üslubu öyrənilən problemin şagirdlərin özləri tərəfindən üzə çıxarılmasına, "kəşf" edilməsinə imkanlar yaradır .

Dərsdə müxtəlif xarakterli mətnlər üzərində iş, müzakirə, debat və digər metodlardan məqsədyönlü istifadə öyrənilən məsələnin dərindən mənimsənilməsinə, şagird şəxsiyyətinin inkişafına müsbət təsir göstərir . Hər hansı bir mətn üzərində işləyərkən, həmçinin bu və ya digər məsələdən bəhs edərkən problemin qoyuluşuna uyğun ciddi təhlillər və ümumiləşdirmələr, müqayisələr aparmaq, faktı, hadisəni, prosesi əsaslandırmaq, dəyərləndirmək, qiymətləndirmək, əlaqələndirmək şagirdlərin bilik və bacarıqlarını nümayiş etdirdiklərinin göstəricisi kimi izah edilə bilər.Təlim prosesində bu məsələlərə diqqət etmək, ardıcıllıq və sistemliliyi nəzərə almaq şagird nailiyyətlərinin qiymətləndirilməsi baxımından da əhəmiyyətlidir. Qiymətləndirmədə səviyyələrə uyğunluğun, sadədən mürəkkəbə, asandan çətinə prinsipinin nəzərə alınması da keyfiyyətə təsir göstərir və nəticə etibarilə şagirdlərin mənəvi keyfiyyətləri də inkişaf edir.Bu da şagirdlərin müstəqil həyata hazırlığı, vətəndaş-şəxsiyyət kimi yetkinliyi üçün çox əhəmiyyətlidir. Təlim prosesinin idarə olunmasında demokratikliyə əməl olunması, münasibətlərdə obyektivliyin, tərəflər arasında bərabərliyin gözlənilməsi ən vacib şərtlərdən biridir.Elmi araşdırmalar və təcrübə göstərir ki, bu gün şəxsiyyətin formalaşdırılmasında ən vacib məsələlərdən biri öyrədici mühitdə bu prinsipə əməl olunmasıdır. Şagirdlərlə müəllimlər, müəllimlərlə valideynlər, yaxud şagirdlərin özləri arasındakı münasibətlər bu prinsip üzərində qurulmalıdır.Əlbəttə, münasibətlərin özünün də bir sərhəd nöqtəsi mövcuddur. Lakin münasibətlər sistemi bərabərlik, əməkdaşlıq, səmimiyyət, aşkarlıq, şəffaflıq, tələbkarlıqla yanaşı qayğıkeşlik, şəxsiyyətin formalaşması naminə inkişaf prinsipləri üzərində qurulduqda arzu olunan nəticəni əldə etmək mümkündür. Etiraf etməliyik ki, bəzi hallarda münasibətlərdə bu məsələlərə lazımi səviyyədə diqqət yetirilmir .

Onların təlim marağının inkişafına müəyyən maneələr yaradır ş Ona görə də ilk növbədə müəllimliyi özünə peşə seçənlərin özünün daim öz üzərində işləməsi, özünütəhsillə məşğul olması, hər zaman izləməsi vacibdir.

Azərbaycanın təhsil sisteminin yenidən qurulması,modernləşdirilməsi və bu işlərin təşilində fəal və interaktiv metodlardan istifadə olunmaqla yerinə yetirilməsi prioritet problem hesab edilir. Onların həll olunması üçün yeni pedaqoji araşdırmalara ehtiyac duyulur.

Problemin praktik əhəmiyyəti ondadır ki. İnteraktiv təlimlər tələbələrin yaddaşının təkcə elmi bililərlə zənginləşdirilməsinə deyil,həm də təfəkkürün müntəzəm inkişaf etdirilməsi əsasında daha çox biliklərin müstəqil əldə edilməsi və mənimsənilməsi , ən mühüm bacarıq və vərdişlərin, şəxsi keyfiyyət və qabiliyyətlərin qazanılmasına yönəlib.Bu zaman tələbələr müəllimin nəzarəti ilə xüsusi seçilmiş, asan başa düşülən və yaddaqalan, ən vacib təlim materialının öyrənilməsi prosesində fakt və hadisələrin səbəb-nəticə əlaqələrini,qanunauyğunluqlarını aşkar etməyi, nəticə çıxarmağı,mühüm və dərin ümumiləşdirmələr aparmağı öyrənirlər.

1.Azərbaycanda təhsil sisteminin inkişaf etdirilməsi,onu dünya standartlarının tələbləri səviyyəsinə çatdırılması fəaliyyətin daha çox iki istiqamətdə təşkili ilə səciyyələnir.Birincisi, ölkə daxilində təhsil sahəsində əldə olunan nailiyyətlərin öyrənilib ümumiləşdirilməsi və təhlilindən ibarətdir. (Azərbaycan Respublikasında təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyası, Xalq qəzeti, 25.XII. 2013.)

İkincisi inkişaf etmiş xarici ölkə\lərin iş təcrübəsindəki mütərəqqi cəhətlərin öyrənilib ümumiləşdirilməsi və milli-mənəvi xüsusiyyətləri nəzərə alaraq, tətbiqidir.Son illərdə Azərbaycanda bu istiqamətdə xeyli işlər görülüb. Pedaqoji innovasiyalar kimi öyrənilən bu təcrübələrin keyfiyyət göstəricisi həmin ölkənin vətəndaşlarının ümumi inkişaf səviyyəsi ilə müəyyənləşdirilir və gənc nəsildə formalaşan həyati bacarıqlar ümumi səviyyənim göstəriciləri kimi çıxış edir.

Təhsil sisteminin inkişaf tendensiyası, fəal və interaktiv metodlar sahəsində novator müəllimlərin iş üsullarına dair toplanan faydalı təcrübələr,pedaqoji-psixoloji tədqiqatların nəticələri daima sistemləşmə, ümumiləşmə və təlim-tərbiyə prosesinin məzmununun yeniləşdirilməsini tələb edir.Bu problemlərin həlli təhsil sferasına, pedaqoji prosesə fəal və interaktiv metodlar anlayışının elmi əsaslarla gətirilməsini vacib bir problem kimi qarşıya qoyur və bütövlükdə təhsildə texnoloji yanaşmaların tətbiqini aktuallaşdırır. (Mehrabov A.O. Təhsildə səriştəli yanaşma modelinin xüsusiyyətləri. ARTPİ-nun Elmi əsərləri. №2. Bakı, 2009)

Təcrübə və müşahidələr sübut edir ki, müasir təlim texnologiyaları üçün aşağıdkılar daha səciyyəvidir:

- müəllim və tələbənin yaradıcı fəallığa cəlb edilməsi;
- tələbənin aktiv fəaliyyəti zamanı onlara elementar bacarıqların aşılanması;
;- müəllimin tələbələrlə və tələbələrin bir-biri ilə əməkdaşlığı;
-hərəkətli,süjetli,didaktik oyunlardan istifadə,sosial bərabərliyin və psixoloji şəraitin yaradılması; -müəllimin təqdim etdiyi tematik materialın tələbənin yaradıcı təfəkküründə və milli düşüncə tərzinin formalşmasına təsir etməsi;

Müasir təlim texnologiyaları tələbələrə aşağıdakı keyfiyyətləri aşılamalıdır:

-müstəqil düşünmək,sərbəst fikir söyləmək;
-təcrübə və biliyini təhlil etmək qabiliyyəti;
-özünü qiymətləndirmə;
-əməkdaşlıq etmək (başqalaları ilə işləməyi bacarmaq, ümumi məqsədə çatmaq üçün işin bölüşdürülməsi);
- başqalarını dinləmək, müxtəlif fikirlərə hörmət etmək və dözümlü olmaq;
- öz fikirlərini arqumentlərlə izah və sübüut etmək;
-kreativ təfəkkürün inkişafı ;
- birgə həll yollarını müəyyənləşdirmək və qərar çıxarmaq;

Müasir təlim texnologiyaları dərsə qədər hazırlıq prosesində müəllimin, dərsdə isə tələbələrin fəallığını tələb edir. Müasir təlim texnologiyalarının köməkliyi ilə təlimin təhsilləndirici, inkişafetdirici, həm də tərbiyələndirici funksiyaları özünü daha qabarıq şəkildə büruzə verir və təlimin keyfiyyətinin yüksəldilməsinə səbəb olur.

Fəal təlim şagirdlərin idrak fəaliyyətinə əsaslanan və təhsil prosesinin digər iştirakçıları ilə əməkdaşlığı nəzərdə tutur. Çox vaxt bu anlayışın sinonimi kimi "interaktiv təlim metodları" anlayışından istifadə olunur. Belə ki, "interaktivlik" termini "dialoqu, qarşılıqlı təsiri" bildirir. Bu təlim metodunu ifadə etmək üçün həmçinin "problem – dialoji", "problemli", "evristik təlim" anlayışlarından da istifadə olunur.

Fəal (interaktiv) təlim aşağıdakı cəhətlər səciyyəvidir:

-müəllim tərəfindən şüurlu surətdə idraki problem situasiyasının yaradılması;

-problemin həlli prosesində tələbənin fəal tədqiqatçı mövqeyinin stimullaşdırılması;

-tələbələr üçün yeni və zəruri olan biliklərin müstəqil kəşfi, əldə edilməsi və mənimsənilməsi üçün şəraitin yaradılması.

Yeni yanaşmanın mahiyyəti ondadır ki, təlim tələbənin yaddaşının təkcə yeni elmi biliklərlə (informasiya ilə) zənginləşdirilməsinə deyil, həm də təfəkkürün müntəzəm inkişaf etdirilməsi əsasında daha çox biliklərin müstəqil əldə edilməsi və mənimsənilməsi, ən mühüm bacarıq və vərdişlərinin, şəxsi keyfiyyət və qabiliyyətlərin qazanılmasına yönəlib. Bu zaman tələbələr müəllimin rəhbərliyi altında, xüsusi seçilmiş, asan başa düşülən və yadda qalan, ən vacib təlim materialının öyrənilməsi prosesində fakt və hadisələrin səbəb-nəticə əlaqələrini, qanunauyğunluqlarını aşkar etməyi, nəticə çıxarmağı, mühüm və dərin ümumiləşdirmələr aparmağı öyrənirlər.

Tələbənin mövqeyi – "kəşf edən", "tədqiqatçı" mövqeyidir; o, gücü çatdığı məsələlər və problemlərlə üzləşərkən bunları müstəqil tədqiqat prosesində həll edir.

Müəllimin mövqeyi – fasilitator ("bələdçi", "aparıcı") mövqeyidir, problemli vəziyyətləri planlı və istiqamətlənmiş surətdə təşkil edir, şagirdlər qarşısında tədqiqat məsələlərinin meydana çıxmasına şərait yaradır və onların həllinə metodiki kömək göstərir.

Fəal (interaktiv) təlim metoduna aşağıdakı spesifik xüsusiyyətlər malikdir:

-Təlimin subyekt-subyekt xarakter daşıması:

-Tələbənin fəal öyrənmə mövqeyi, təfəkkürün müstəqilliyi və sərbəstliyi;

-İştirakçıların dərs zamanı fəallığı;

-Dərsin əvvəlində problemli situasiyanın yaradılması və dərs prosesinin problemin həllinə yönəldilməsi;

-Düşündürücü və istiqamətləndirici suallar vasitəsilə tələbələrin yeni biliklərin müstəqil kəşf edilməsinə yönəldilməsi;

-Təlimin tədqiqat üsulu vasitəsi ilə keçirilməsi;

-Dərsin dialoq şəklində aparılması,əks əlaqənin yaradılması;

-Əməkdaşlıq və qrupda qarşılıqlı fəaliyyət;

Dünyada gedən qloballaşma həyatın bir çox sahələrinə öz təsirini göstərir.

Təhsildə aparılan islahat məhz həmin zərurətdən yaranmışdır. Təhsilin keyfiyyətini yüksəltmək, yeni pedaqoji texnologiyaları öyrənib onlardan səmərəli istifadə etmək başlıca vəzifə kimi qarşıda durur.

Yeni pedaqoji təfəkkürün başlıca prinsipləri – demokratikləşmə, humanistləşdirmə, fərdiləşdirmə, differensiallaşdırma, inteqrasiya, şəxsiyyətin formalaşdırılması və inkişaf etdirilməsini həyata keçirir.

Metod olaraq interaktivlik təlim prosesində müəllim və tələbə arasında işin gedişindən-mövzudan, şərhdən, dialoqdan, rollu oyundan həmin anda meydana çıxan yanaşma, izah, dialoq və s.-dir. Yəni bu tərz əvvəldən planlaşdırılmır, işin-təlim prosesinin gedişi bu məqamı ortaya çıxarır və daha çox tələbənin müstəqilliyi, müdaxiləsi ilə baş verir.

Digər tərəfdən, interaktivlik tələbələrin özləri arasında da ola bilər.(Mehrabov A.O. Öyrədən və öyrənən münasibətlərinin tənzimlənməsində interaktiv metodların rolu. "Təhsil problemləri" qəzeti, 11-20 noyabr 2008) Əsas cəhət odur ki, bu prosesdə əməkdaşlıq edən öyrənənlər və öyrədən eyni hüquqlu mövqedə dayanırlar. Təbii ki, müəllim öyrədən olaraq bələdçi, fasilitator, məsləhətçi funksiyasını yerinə yetirir. Onların işlərinə müdaxilə etmədən problemləri qoyur, istiqamət verir, nəzarət edir, axtarış istiqamətlərini hazırlamağa kömək edir, amma təlim tapşırıqları üzərində tələbələr özləri birlikdə – öz aralarında tədqiqat aparır, diskussiya apararaq işləyirlər.

Nəticə

Fəal (interaktiv) təlim metodunun tədris prosesinə daxil edilməsi tələbələrin passivliyinin aradan qaldırılmasına, lazım olan təffəkkür xüsusiyyətlərinin və yaradıcılığın formalaşdırılması və təlim keyfiyyətinin yüksəldilməsinə şərait yaradır. Təlim prosesində verilən hər bir tapşırığın həlli vasitəsilə idraki və mədəni tədqiqatçılıq taktikaları dəyişir, təkmilləşir. Fəal təlim məcbur edir ki, hər bir təhsil alan müvəffəqiyyət formulunu özü müəyyən etsin və qursun. Beləliklə, təlim prosesində tələbələrin bir-biriləri ilə əməkdaşlığı daha intensiv olur.

(Mehrabov A.O. Təhsildə səriştəli yanaşma modelinin xüsusiyyətləri. ARTPİ-nun Elmi əsərləri. №2. Bakı, 2009)

Qeyd etmək lazımdır ki, interaktiv təlim metodlarından daima istifadə etmək onun təsir gücünə də təsir göstərmiş olur. Bir çox hallarda təlimin təsir gücü azalır. Təlim prosesində üsul və texnikalar qarşıya qoyulan hədəf və mövcud vəziyyətdən asılı formada seçilməli və proses buna uyğun şəkildə qurulmalıdır. Başlıca məqsəd ondan ibarətdir ki, təlim prosesi tələbələri inkişaf etdirsin və onlarda dərk etmək, düşünmək, müstəqil şəkildə mülahizə yürütmək, bacarıqlarını inkişaf etdirsin, onlarda kommunikasiya, öz problemlərini aradan qaldırma qabiliyyəti yaradılsın. Əlaqəli təlim tələbələrə bilik ötürmə hadisəsində həm də onları iradi, əxlaqi, əqli, mədəni, ekoloji, iqtisadi və başqa istiqamətdə qiymətlər yönündə inkişaf etdirilərək formalaşdırılır.

Yuxarıda göstərilən şərtlər müasir təhsilin məzmununu metod və texnologiyalara uyğun yeniləməyi vacib edir. öyrədici (təlimedici) sistemlərdən azad şəkildə istifadə ediləcəyini təyin etdirilər Fəal təlim ənənəvi təlimdən fərqli olaraq təhsil alanlara daha ciddi münasibətlə yanaşır və onları hadisələrin mərkəzinə çəkir. Tədris prosesində tələbə və şagirdin fikir və düşüncələri əsas götürülür.

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan Respublikasında təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyası, Xalq qəzeti, 25.XII. 2013.

2. Azərbaycan Respublikasının "Təhsil haqqında" Qanunu. Bakı, 2012.

3. Mehrabov A.O. Təhsildə səriştəli yanaşma modelinin xüsusiyyətləri. ARTPİ-nun Elmi əsərləri. №2. Bakı, 2009.

4. Mehrabov A.O. Öyrədən və öyrənən münasibətlərinin tənzimlənməsində interaktiv metodların rolu. "Təhsil problemləri" qəzeti, 11-20 noyabr 2008.

5. R.Məmmədov Müasir təlim texnologiyaları .Bakı,Adiloğlu,2018

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

BİTKİSEL BOYAR MADDE–MORDAN KOMBİNASYONLARININ PAMUKLU KUMAŞLARDAKİ RENK KARAKTERİNE ETKİSİ

Kemal Şahin TUNÇEL
Siirt Üniversitesi, Geleneksel El Sanatları Bölümü
ORCID: 0000-0001-5095-6543

ÖZET
Bu çalışma, bitkisel kaynaklı ekstraktların pamuklu kumaşlarda doğal boyar madde olarak kullanılabilirliğini ve mordan etkisiyle gelişen kolorimetrik değişimleri incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada siyah çay *(Camellia sinensis)*, kuşburnu *(Rosa canina)*, hibiskus *(Hibiscus sabdariffa)* ve reyhan *(Ocimum basilicum)* bitkileri doğal boyar madde kaynağı olarak kullanılmış; bakır (II) sülfat ve demir (II) sülfat ile ön mordanlama uygulanmıştır. Pamuklu kumaşlara uygulanan mordanlama işlemleri 100 °C'de 60 dakika, boyama işlemleri ise aynı şekilde 100 °C'de 30 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Boyama sonrası renk karakterizasyonu CIE L*a*b* renk uzayında değerlendirilmiş ve renk farkları hem ham beyaz pamuklu kumaşı (R1) hem de mordansız boyanmış kumaşları (R2) referans alarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, mordan maddelerinin renk gelişimi üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Siyah çay ve reyhan kaynaklı boyamalarda demir sülfat en koyu tonları üretirken, bakır sülfat özellikle reyhanda renk tonunu mavi-mor bölgesine kaydırmıştır. Hibiskus boyamalarında mordan etkisi en yüksek düzeyde olup, a* ve b* değerlerinde dramatik değişimler gözlenmiştir. Kuşburnunda ise mordan etkisi daha sınırlı olmakla birlikte demir sülfat kırmızımsı tonları artırmıştır. Renk farkı analizleri (ΔE*ab) doğal ekstraktların pamuklu kumaşlarda belirgin ve ölçülebilir renklenme sağladığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar sürdürülebilir tekstil boyamacılığına yönelik çevre dostu alternatif boyar madde kaynaklarının değerlendirilmesine katkı sunmakta ve farklı bitkisel kaynaklı ekstraktların pamuklu kumaşlardaki renk davranışlarını karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Bitkisel boyarmadde, mordanlama, kolorimetrik analiz

EFFECT OF PLANT DYESTUFF–MORDANT COMBINATIONS ON COLOR CHARACTER OF COTTON FABRICS

ABSTRACT
This study aims to investigate the usability of plant-derived extracts as natural dyes on cotton fabrics and the colorimetric changes that develop under the influence of mordants. Black tea *(Camellia sinensis)*, rosehip *(Rosa canina)*, hibiscus *(Hibiscus sabdariffa)*, and basil *(Ocimum basilicum)* were used as natural dye sources in the study, and pre-mordanting was performed with copper (II) sulfate and iron (II) sulfate. Mordanting treatments were performed on cotton fabrics at 100°C for 60 minutes, while dyeing treatments were carried out at 100°C for 30 minutes. Post-dyeing color characterization was evaluated in the CIE L*a*b* color space, and color differences were calculated using both raw white cotton fabric (R1) and fabrics dyed without mordants (R2). The findings indicate that mordants have a decisive effect on color development. In dyeings derived from black tea and basil, iron sulfate produced the darkest tones, while copper sulfate shifted the color tone, particularly in basil, toward the blue-violet region. In hibiscus dyeing, the mordant effect was highest, with dramatic changes observed in a* and b* values. In rosehip, although the mordant effect was more limited, iron sulfate increased reddish tones. Color difference analyses (ΔE*ab) revealed that natural extracts provided significant and measurable coloration on cotton fabrics.

These results contribute to the evaluation of environmentally friendly alternative dye sources for sustainable textile dyeing and provide a comparative overview of the color behavior of different plant-derived extracts on cotton fabrics.
Keywords: Plant dyestuff, mordanting, colorimetric analysis

1. GİRİŞ

Doğal boyalar, yüzyıllar boyunca tekstil başta olmak üzere birçok alanda temel renklendirici kaynak olarak kullanılmıştır (Alegbe ve Uthman, 2024). Bitkiler, hayvansal ürünler ve mineraller uzun süre boyunca insanlığın tek boyar madde kaynağı olmuş; 1856'da sentetik boyaların geliştirilmesine kadar tüm boyar maddeler yalnızca bu doğal kaynaklardan elde edilmiştir. Sentetik boyarmaddelerin hızlı yayılımı doğal boyacılığın küresel ölçekte önemini kaybetmesine yol açsa da (Singh ve Bharti, 2023), bu boyaların toksik, kanserojen ve biyolojik olarak zor parçalanan yapıları önemli çevresel kaygılara neden olmuştur (Merdan vd., 2017). Bu kaygılar doğrultusunda tekstil sektöründe doğal boyalara yönelik ilgi son yıllarda yeniden artmıştır (Dey vd., 2025). Doğal boyalar günümüzde sürdürülebilir, toksik olmayan ve çevre dostu üretim arayışlarının merkezine yerleşmiş; artan çevre bilinciyle birlikte yeniden değer kazanmaya başlamıştır (Kemer Gürsoy ve Şanlı, 2023). Ayrıca, dünya sağlık örgütüde doğal boyarmaddelerin, özellikle flavonoid içerikli olanların, tekstil ve diğer endüstrilerde kullanımını önermektedir (Deveoğlu ve Karadağ, 2019). Ayrıca tarımsal ve endüstriyel atıkların boyamacılıkta değerlendirilmesi, hem sürdürülebilir üretimi desteklemekte hem de boya bitkileri için ek tarım alanı ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır (Kayahan vd., 2023). Doğal boyalar yalnızca renklendirme değil, UV koruma ve antimikrobiyal özellik kazandırma gibi fonksiyonel katkılar da sağlayabilmekte; mordan türüne bağlı olarak geniş bir renk ve ton çeşitliliği sunmaktadır (İşmal, 2019).

Bununla birlikte doğal boyamacılık; hammadde temininde süreklilik, standardizasyon güçlükleri ve maliyet gibi bazı dezavantajlara da sahiptir (İşmal, 2019). Doğal boyarmaddelerin liflere doğrudan bağlanma eğilimlerinin zayıf olması nedeniyle boyanın elyafa tutunması çoğunlukla mordan kullanımını gerektirmekte olup (Tutak ve Benli, 2008), bu çalışmada da renk dayanımı ve ton gelişimini artırmak amacıyla bakır (II) sülfat ve demir (II) sülfat mordanları tercih edilmiştir. Bu çalışma, bitkisel kaynaklı ekstraktların pamuklu kumaşlarda doğal boyar madde olarak kullanılabilirliğini araştırmak ve farklı mordan uygulamalarının renk karakteri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Bu kapsamda siyah çay, kuşburnu, hibiskus ve reyhan ekstraktlarıyla boyanan pamuklu kumaşlar, mordanlı ve mordansız koşullarda karşılaştırılmış; elde edilen renkler CIE L*a*b* uzayında kolorimetrik olarak analiz edilmiştir. Böylece hem bitkisel boyar maddelerin potansiyeli hem de bakır sülfat ve demir sülfat mordanlarının ton, kroma ve renk farkı (ΔE*ab) üzerindeki rolü sistematik olarak ortaya koyulmuştur. Çalışma, sürdürülebilir ve çevre dostu tekstil boyamacılığına yönelik doğal renk kaynaklarının bilimsel açıdan değerlendirilmesine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

2. MATERYAL-METOD

Bu çalışmada, 150 g/m^2 gramajlı %100 pamuklu ağartılmış amerikan bezi dokuma kumaş kullanılmıştır. Bitkisel boyar madde kaynakları olarak siyah çay *(Camellia sinensis)*, kuşburnu *(Rosa canina)*, hibiskus *(Hibiscus sabdariffa)* ve reyhan *(Ocimum basilicum)* seçilmiş olup, tüm bitkiler kurutulmuş formda ve yerel bir aktardan temin edilmiştir. Bitkisel materyallerin ekstraksiyonu için her bir bitki 50 g/L oranında sıcak su ile işlem görmüş ve kaynama sıcaklığında 30 dakika ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonrasında çözeltiler oda sıcaklığında soğutularak süzülmüştür.

Mordanlama işlemlerinde analitik saflıktaki bakır sülfat ve demir sülfat maddeleri kullanılmış olup, her iki mordan maddesi de kumaş ağırlığının %3 oranında uygulanmıştır. Mordan banyolarında ek bir yardımcı kimyasal kullanılmamış, pH ölçümü yapılmamıştır. Tüm boyama ve mordanlama işlemleri elektrikli ısıtıcı kontrollü laboratuvar banyosunda gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümleri için Linshang LS173 marka kolorimetre kullanılmıştır. Cihaz, 8 mm ölçüm açıklığı, D65 standart ışık kaynağı ve 10° gözlem açısı ile çalıştırılmıştır.

2.1. Bitkisel Ekstraktların Hazırlanması

Her bir bitki için 50 g kuru materyal, 1 L distile su içerisinde 30 dakika kaynatılmış, ardından oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış ve tülbent/kağıt filtre ile süzülerek boyama banyolarında kullanılmaya hazır hale getirilmiştir. Elde edilen ekstraktlar seyreltme yapılmaksızın doğrudan kullanılmıştır.

2.2. Mordanlama ve Boyama İşlemleri

Kumaşlar, flotte oranı 1:50 olacak şekilde hazırlanan bakır sülfat ve demir sülfat çözeltilerine daldırılarak 100°C'de 60 dakika işlem görmüştür. Mordanlama sonrasında durulama yapılmamış, numuneler doğrudan boyama aşamasına alınmıştır. Banyo pH'ı ölçülmemiştir. Mordanlanmış ve mordansız kumaşlar, aynı flotte oranı (1:50) korunarak bitkisel ekstrakt banyosunda 100 °C'de 30 dakika süreyle boyanmıştır. Boyama sonrasında numuneler önce ılık, ardından soğuk su ile durulanmış ve oda sıcaklığında kurutulmuştur.

2.3. Renk Ölçümü

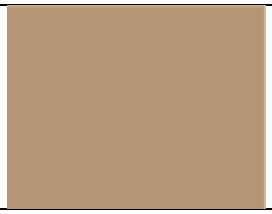
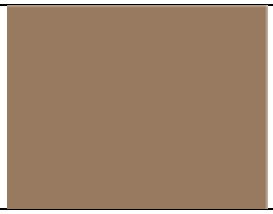
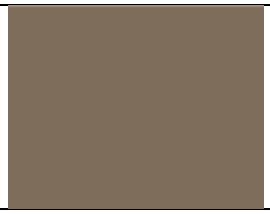
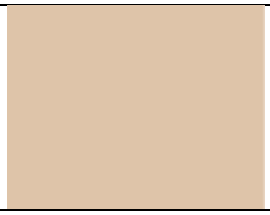
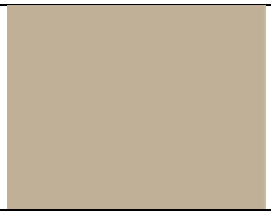
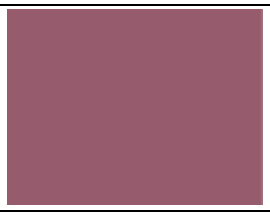
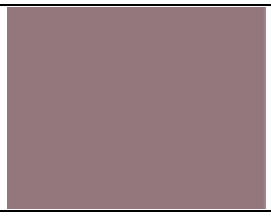
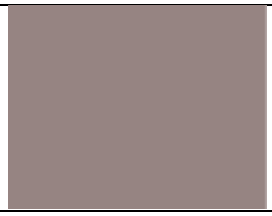
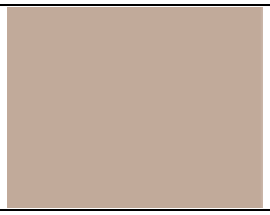
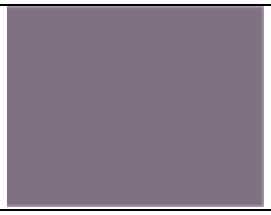
Boyanan tüm numuneler Linshang LS173 cihazı ile ölçülmüş; her numune üzerinde 3 ölçüm alınarak ortalama L*, a*, b*, C* ve h° değerleri hesaplanmıştır. Renk farkları ΔE*ab, iki farklı referansa göre belirlenmiştir: R1: Ham beyaz kumaş, R2: Aynı bitki kaynağına ait mordansız boyalı kumaş.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Siyah Çay (Camellia sinensis) Boyamaları

Çalışmada elde edilen boyanmış kumaş numunelerinin basılı (printed) görselleri Tablo 1'de verilmiştir. Siyah çay ile yapılan boyamalarda mordansız numune L* değeri 63,85 ile orta-açık, kahverengimsi bir tona sahiptir ve a*>0, b*>0 olması kırmızımsı-sarı bir karakteri işaret etmektedir. Bakır sülfat ile mordanlamada L* değeri 53,53'e, demir sülfatta ise 47,19'a düşmüştür; bu da her iki mordanın da kumaşı belirgin şekilde koyulaştırdığını, en koyu tonun ise demir sülfatta elde edildiğini göstermektedir. Kroma değeri (C*), mordansız boyamada 22,19 iken bakırda 19,37, demirde 13,13'e düşmüş; bu durum özellikle demir sülfatın rengi hem koyulaştırıp hem de matlaştırdığını göstermektedir. Hue açısı (h°) değerleri (yaklaşık 66–71°) tüm koşullarda sarımsı-kahverengi bölgeyi işaret etmekte, yani mordanlar tonu radikal biçimde değiştirmemekte, daha çok açıklık ve doygunluk üzerinde etkili olmaktadır. Renk farkı bakımından, ham beyaz kumaşa göre ΔE*ab(R1), mordansız numunede 35,81, bakır sülfatta 43,31 ve demir sülfatta 47,12 olarak artan bir eğilim göstermektedir. Mordansız numuneye göre hesaplanan ΔE*ab(R2) değerleri ise bakır sülfat için 10,76, demir sülfat için 18,97 olup, demir sülfatın siyah çay sisteminde rengi mordansız duruma göre çok daha güçlü şekilde değiştirdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 1. Bitkisel boyar madde–mordan kombinasyonları ile boyanmış numunelerin baskı (printed) görselleri

Bitki Kaynağı	*Mordansız Boyama*	*Bakır Sülfat Mordanlı Boyama*	*Demir Sülfat Mordanlı Boyama*
Siyah Çay *(Camellia sinensis)*			
Kuşburnu *(Rosa canina)*			
Hibiskus *(Hibiscus sabdariffa)*			
Reyhan *(Ocimum basilicum)*			

3.2. Kuşburnu (Rosa canina) Boyamaları

Kuşburnu ekstraktı ile boyanan mordansız numune, tüm numuneler içinde en yüksek L* değerine (80,62) sahip olup açık pastel bir ton vermektedir. a*=5,19 ve b*=16,58 değerleri kırmızımsı-sarı, sıcak bir renk karakterini göstermektedir. Bakır sülfat kullanımıyla L* değeri 72,56'ya düşmüş, yani kumaş bir miktar koyulaşmıştır; demir sülfatta bu değer 70,89 olup bakır sülfata göre biraz daha koyu bir ton oluşmuştur. Mordan etkisi renk koordinatlarında farklılaşmaktadır: Bakır sülfat ile a* değeri 2,23'e, b* değeri 13,44'e düşmüş; bu da kırmızılık ve sarılığın azaldığı, daha soluk ve pastel bir ton ortaya çıktığını göstermektedir. Demir sülfatta ise a*=8,42 ve b*=19,30 değerleri, mordansız duruma göre hem kırmızılığın hem sarılığın arttığını, yani daha sıcak ve doygun bir ton geliştiğini göstermektedir. Buna paralel olarak C* değeri bakır sülfatta 13,62, demir sülfatta 21,05 olup, demir sülfatın kuşburnu boyamalarında rengi daha doygun hale getirdiği söylenebilir. Ham beyaz kumaşa göre ΔE*ab(R1) değerleri mordansızda 20,31, bakır sülfatta 23,68, demir sülfatta ise 29,69 olup, en yüksek renk farkı demir sülfatla elde edilmiştir. Mordansız kuşburnu boyamasına göre ΔE*ab(R2) değerleri bakır sülfat için 9,14, demir sülfat için 10,61 olup, her iki mordan da belirgin fakat siyah çaya göre daha sınırlı ton değişimleri yaratmaktadır.

3.3. Hibiskus (Hibiscus sabdariffa) Boyamaları

Bu çalışmada elde edilen tüm kolorimetrik ölçüm sonuçları, L*, a*, b*, C*, h° ve ΔE*ab değerleriyle birlikte Tablo 2'de sunulmuştur. Hibiskus ekstraktı ile elde edilen mordansız numune, çalışmadaki en düşük L* değerlerinden birine (45,68) sahiptir ve oldukça koyu bir yüzey oluşturmaktadır. Çok yüksek a* değeri (26,96) ve neredeyse sıfıra yakın b* değeri (0,05), rengin kırmızı eksene çok yakın, neredeyse saf kırmızı bir tonda olduğunu göstermektedir. C*=26,96 değeri de bu doygun kırmızılığı desteklemektedir. Bakır sülfat ile mordanlama sonrasında L* değeri 52,95'e, demir sülfatta ise 56,66'ya yükselmiş; yani mordan uygulaması hibiskus boyamalarında koyuluğu azaltmış, rengi açmıştır. a* değerinin bakır sülfatta 11,93'e, demir sülfatta 6,00'a düşmesi, kırmızılığın ciddi şekilde azaldığını; b* değerinin ise hafifçe pozitif yönde arttığını göstermektedir. Buna bağlı olarak C* değeri, mordansızda 26,96 iken bakır sülfatta 11,98, demir sülfatta 6,83'e düşmüş; yani mordanlar hibiskus sisteminde rengi hem açmış hem de önemli ölçüde matlaştırmıştır. h° değerinin 0,1°'den 5,4° ve 28,6°'ye kayması ise saf kırmızı ekseninden daha turuncumsu-kırmızı bölgeye doğru bir ton değişimini işaret etmektedir. Ham beyaz kumaşa göre ΔE*ab(R1), mordansız hibiskus numunesinde 54,60 olup çalışmadaki en yüksek renk farkı değeridir. Bakır sülfatla bu değer 41,73, demir sülfatla 36,73'e düşmüştür. Buna karşılık, mordansız hibiskus boyamasına göre ΔE*ab(R2) bakır sülfat için 16,73, demir sülfat için 23,88 olup, demir sülfatın ton değiştirme etkisinin daha güçlü olduğunu göstermektedir. Yani hibiskus, mordan etkisine en duyarlı sistemlerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 2. Doğal boyalı pamuklu kumaş numunelerine ait kolorimetrik ölçüm verileri

Bitki Kaynağı	**Mordan**	**L***	**a***	**b***	**C***	**h°**	**ΔE*ab (R1)**	**ΔE*ab (R2)**
Siyah Çay *(Camellia sinensis)*	*Mordansız*	63,85	7,75	20,80	22,19	69,5	**35,81**	**-**
	Bakır Sülfat	53,53	7,76	17,75	19,37	66,3	**43,31**	**10,76**
	Demir Sülfat	47,19	4,38	12,38	13,13	70,5	**47,12**	**18,97**
Kuşburnu *(Rosa canina)*	*Mordansız*	80,62	5,19	16,58	17,37	72,6	**20,31**	**-**
	Bakır Sülfat	72,56	2,23	13,44	13,62	80,5	**23,68**	**9,14**
	Demir Sülfat	70,89	8,42	19,30	21,05	66,4	**29,69**	**10,61**
Hibiskus *(Hibiscus sabdariffa)*	*Mordansız*	45,68	26,96	0,05	26,96	0,1	**54,60**	**-**
	Bakır Sülfat	52,95	11,93	1,14	11,98	5,4	**41,73**	**16,73**
	Demir Sülfat	56,66	6,00	3,28	6,83	28,6	**36,73**	**23,88**
Reyhan *(Ocimum basilicum)*	*Mordansız*	71,19	6,55	10,78	12,61	58,7	**24,59**	**-**
	Bakır Sülfat	49,10	10,93	-8,35	13,75	322,6	**46,19**	**29,55**
	Demir Sülfat	51,90	2,56	-1,07	2,77	-318,1	**41,02**	**22,99**

3.4. Reyhan (Ocimum basilicum) Boyamaları

Reyhan ekstraktı ile elde edilen mordansız numune L*=71,19, a*=6,55, b*=10,78 değerleriyle orta-açık, sıcak, kahverengimsi-mor bir ton sergilemektedir. Bakır sülfat ile mordanlama sonrasında L* değeri 49,10'a düşerek kumaşın ciddi biçimde koyulaştığı görülmektedir. Demir sülfatta L*=51,90 olup bakır sülfata göre biraz daha açık, fakat yine belirgin şekilde koyu bir ton elde edilmiştir. Reyhan sisteminde mordanların ton üzerindeki etkisi oldukça çarpıcıdır. Bakır sülfat ile a* değeri 10,93'e yükselirken, b* değeri pozitiften negatife geçerek -8,35 olmuştur. Bu durum kırmızılığın artsa da rengin sarıdan maviye kaydığını, yani morumsu-mavi (soğuk) bir ton oluştuğunu göstermektedir. Demir sülfatta a*=2,56, b*=-1,07 olup, kırmızılık büyük ölçüde azalmış, mavi bileşen ise hafif negatif değerde kalmıştır; C*=2,77 gibi çok düşük bir kroma değeri, bu numunenin neredeyse nötr gri-mor bir tona dönüştüğünü göstermektedir. Buna karşın bakır sülfatta C*=13,75 olup, daha doygun bir morumsu ton söz konusudur. Ham beyaz kumaşa göre ΔE*ab(R1) değeri mordansız reyhanda 24,59 iken, bakır sülfatta 46,19, demir sülfatta 41,02'ye yükselmiştir. Mordansız reyhan boyamasına göre ΔE*ab(R2) bakır sülfat için 29,55, demir sülfat için 22,99 olup, özellikle bakır sülfatın reyhan sisteminde en büyük ton değişimini yarattığı görülmektedir. Bu sonuç, reyhanın özellikle bakır iyonlarına karşı yüksek renk dönüştürme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, dört farklı bitkisel kaynağın pamuklu kumaşlarda doğal boyar madde olarak kullanılabilirliğini ve metal mordanların renk karakteri üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde ortaya koymuştur. Siyah çay, kuşburnu, hibiskus ve reyhan ekstraktlarının her biri kumaş üzerinde farklı renk aralıkları üretmiş; özellikle hibiskus ve reyhan yüksek ton hassasiyetiyle dikkat çekmiştir. Mordan uygulamalarında demir sülfat genel olarak koyulaştırıcı ve matlaştırıcı etki gösterirken, bakır sülfat özellikle reyhan sisteminde belirgin ton kaymalarına neden olmuştur. CIE L*a*b* analizleri, bitkisel ekstraktların pamuk üzerinde anlamlı derecede renklenme sağladığını ve mordan kullanımının ΔE*ab değerlerini artırarak renk görünümünü belirgin şekilde değiştirdiğini göstermiştir. Genel olarak bitkisel boyar maddelerin sürdürülebilir tekstil boyamacılığı için uygun, çeşitlendirilebilir ve kontrol edilebilir renk seçenekleri sunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgular, doğal boyamacılıkta hem çevresel açıdan hem de estetik çeşitlilik bakımından önemli bir potansiyel bulunduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

Alegbe, E.O., Uthman, T.O. 2024 "A Review of History, Properties, Classification, Applications and Challenges of Natural and Synthetic Dyes", Heliyon, 10 (13), e33646.

Deveoğlu, O., Karadağ, R. 2019 "A Review on the Flavonoids – A Dye Source", International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 31 (3), 188-200.

Dey, P., Dey, P., Hoque, M.B., Baria, B., Rahman, M.M., Shovon, S., Das, D. 2025 "Sustainable and Eco-Friendly Natural Dyes: A Holistic Review on Sources, Extraction, and Application Prospects", Textile Research Journal, 95 (19-20), 2472-2499.

İşmal, Ö.E. 2019 "Doğal Boya Uygulamalarının Değişen Yüzü ve Yenilikçi Yaklaşımlar", Yedi, (22), 41-58.

Kayahan, E., Karaboyacı, M., Dayık, M. 2023 "Atık Bitki Posalarından Elde Edilen Doğal Boyarmadde ile Yün Boyama", Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11 (4), 1594-1606.

Kemer Gürsoy, G., Şanlı, H.S. 2023 “Asma Yaprağı, Ceviz Meyve Kabuğu, Kökboya, Papatya, Sığırkuyruğu ile Yün Lifinin Boyanması ve Bazı Haslık Değerleri”, Folklor Akademi Dergisi, 6 (1), 162-172.

Merdan, N., Eyupoglu, S., Nayci Duman, M. 2017. “Ecological and Sustainable Natural Dyes”. Textiles and Clothing Sustainability. Editör: Muthu, S.S. Singapore: Springer.

Singh, H., Bharti, J. 2023 “Sustainable Living by Understanding Natural Dyes Used For Textile Dyeing and Their Therapeutic Effects”, Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities, 6, 475-496.

Tutak, M., Benli, H. 2008 “Bazı Bitkilerden Elde Edilen Doğal Boyar Maddelerin Yünü Boyama Özelliğinin İncelenmesi”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10 (2), 53-59.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

MÜZİK ÖĞRETİMİ YAKLAŞIMLARININ ÇOKLU ZEKÂ KURAMI ÇERÇEVESİNDE İNCELENMESİ

Zeynep Deniz UYAN
Giresun Üniversitesi, Görele Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bölümü
ORCID: 0000-0001-8696-0544

ÖZET
Geçmişten günümüze müzik eğitimini sürecini çeşitli yöntemlerle kolaylaştırmayı amaçlayan birçok müzik öğretimi yaklaşımı geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu araştırmanın amacı, literatürde var olan müzik öğretimi yaklaşımlarını çoklu zekâ kuramı ışığında değerlendirmektir. Çoklu Zekâ Kuramı, Howard Gardner tarafından 1983 yılında ortaya atılan bir eğitim ve psikoloji teorisidir. Bu kuram, insanların farklı türde zekâ ve yeteneklere sahip olduğunu savunur ve geleneksel zekâ anlayışının ötesine geçerek, bireylerin çeşitli alanlardaki güçlü yönlerini tanımayı amaçlar. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden literatür tarama yöntemi kullanılmış, Howard Gardner'ın çoklu zekâ kuramı temel alınarak, zekâ türlerinin (dilsel, mantıksal, görsel-uzamsal, bedensel-kinestetik, müziksel-ritmik, kişilerarası, içsel zekâ ve doğa zekâsı) müzik öğretimindeki yansımaları incelenmiş, her bir zekâ türünün hangi öğretim yöntemleriyle daha iyi desteklendiği ortaya konulmuştur. Duygusal, bilişsel ve psikomotor gelişim alanlarını aynı anda etkinleştiren müzik eğitimi süreci, öğrencinin yaşına ve seviyesine göre farklı öğretme yaklaşımları ile desteklenmelidir. Müzik öğretiminde bireysel farklılıkların dikkate alınması, öğrenme sürecinin kalıcılığını ve yaratıcılığı artırmaktadır. Çoklu zekâ kuramına dayalı zekâ türlerine göre düzenlenecek bir müzik eğitim sürecinin öğrencilerin potansiyellerini daha rahat bir şekilde ortaya çıkarmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Çalışmada müzik öğretimi ve çoklu zekâ kuramı ile ilgili mevcut literatür incelenerek, bu iki alan arasındaki ilişkiler ve etkileşimler kavramsal olarak analiz edilmiştir. "Orff-Schulwerk, Kodály, Dalcroze Eurhythmics ve Suzuki" gibi temel müzik öğretimi yaklaşımlarının yanı sıra "renklerle müzik öğretimi, öykü temelli müzik öğretimi, tonik sol-fa yöntemi, senaryo temelli öğrenme, proje tabanlı öğrenme gibi daha az bilinen yeni yaklaşımlar ve müzik öğretimi modelleri, çoklu zekâ kuramındaki sekiz zekâ alanı açısından incelenmiştir. Çalışma, müzik öğretiminde çoklu zekâ kuramının uygulanabilirliğini tartışmakta ve öğretmenlere farklı zekâ alanlarına hitap eden öğretim stratejileri geliştirme önerileri sunmaktadır. Müzik öğretimi yaklaşımlarının çoklu zekâ kuramı ile bütünleştirilmesi, öğrencilerin farklı öğrenme stillerine hitap ederek öğrenme sürecini daha verimli hale getirebilir. Genel, özengen ve mesleki müzik eğitimi veren kurumların zekâ türlerini dikkate alarak farkı müzik öğretimi yaklaşımlarıyla öğrencilerin müzik eğitimi süreçlerini daha verimli hale getirebilecekleri düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda, zekâ türleri ve ilgili müzik öğretim yaklaşımları arasındaki ilişki deneysel olarak incelenebilir.
Anahtar Kelimeler: müzik öğretimi, çoklu zekâ kuramı, öğretim yaklaşımları, zekâ türleri.

EXAMINATION OF MUSIC TEACHING APPROACHES WITHIN THE FRAMEWORK OF MULTIPLE INTELLIGENCES THEORY.

ABSTRACT
Many music teaching approaches have been developed and implemented over time to facilitate the process of music education through various methods. The aim of this research is to evaluate the existing music teaching approaches in the literature in light of Multiple Intelligences Theory. Multiple Intelligences

Theory is an educational and psychological theory proposed by Howard Gardner in 1983. This theory argues that individuals possess different types of intelligence and abilities, aiming to recognize individuals' strengths in various areas beyond traditional notions of intelligence. In the study, the literature review method, a qualitative research method, was employed to examine the reflections of intelligence types (linguistic, logical, visual-spatial, bodily-kinesthetic, musical-rhythmic, interpersonal, intrapersonal, and naturalistic intelligence) in music education based on Howard Gardner's Multiple Intelligences Theory, identifying which teaching methods better support each type of intelligence. The music education process, which simultaneously activates emotional, cognitive, and psychomotor development areas, should be supported by different teaching approaches according to the student's age and level. Considering individual differences in music teaching enhances the permanence and creativity of the learning process. It is believed that a music education process organized according to the types of intelligence based on Multiple Intelligences Theory can help students reveal their potential more comfortably. The study conceptually analyzes the relationships and interactions between music teaching and Multiple Intelligences Theory by reviewing the existing literature related to these two fields. In addition to fundamental music teaching approaches such as "Orff-Schulwerk, Kodály, Dalcroze Eurhythmics, and Suzuki," less-known new approaches and music teaching models like "music teaching with colors, story-based music teaching, tonic sol-fa method, scenario-based learning, and project-based learning" are examined in terms of the eight intelligence areas in Multiple Intelligences Theory. The study discusses the applicability of Multiple Intelligences Theory in music teaching and offers suggestions for teachers to develop teaching strategies that address different areas of intelligence. Integrating music teaching approaches with Multiple Intelligences Theory can make the learning process more efficient by catering to different learning styles. It is thought that institutions providing general, vocational, and professional music education can enhance students' music education processes more effectively by considering types of intelligence with different music teaching approaches. Future research could experimentally investigate the relationship between types of intelligence and related music teaching approaches.

Keywords: music education, multiple intelligences theory, teaching approaches, types of intelligence.

THE EFFECT OF DIFFERENT METHODS ON COLOR CHARACTERISTICS IN NATURAL DYEING

Assist. Prof. Mehmet KILINÇ
Giresun University, Şebinkarahisar School of Applied Sciences, Department of Textile and Fashion Design
ORCID: 0000-0001-9129-5251

Dr. Nur KILINÇ
Giresun University, Şebinkarahisar Vocational School, Department of Fashion Design
ORCID: 0000-0003-4494-5084

ABSTRACT
Natural dyeing dates back to prehistoric times. Natural dyes were obtained from the roots, stems, and leaves of plants. With the advent of synthetic dyes, natural dyeing has taken a back seat due to reasons such as ease of dyeing and color range. In recent years, with the increase in environmental awareness, consumers have become concerned about synthetic dyes due to reasons such as their lack of environmental friendliness, their harmful effects on the skin, and their toxicity. Therefore, there has been an increase in research on dyeing using different dyeing processes, such as natural dyeing. In addition to conventional dyeing processes, ultrasonic dyeing and microwave dyeing are preferred methods. The use of microwave and ultrasonic energy in natural dyeing offers many benefits. Examples include reduced environmental impact, strong interaction between the dye and the fiber, and sustainability. In this study, lyocell polyester blended fabrics were mordanted with citric acid at different concentrations. The mordanted fabrics were subjected to conventional dyeing, microwave dyeing, and ultrasonic dyeing for different durations. *Hibiscus sabdariffa was used as the dye.* The CIELAB (L, a, b*, C*, h°) color parameter values and color intensity (K/S) values of the dyed fabrics were calculated. The effects of microwave, conventional, and ultrasonic dyeing on colors were investigated. PCA (principal component analysis) was performed to detail the relationships between the parameters. It is predicted that microwave energy and ultrasonic energy can be used as effective alternatives in new generation sustainable dyeing. In conclusion, it is thought that the use of *Hibiscus sabdariffa* as a dye in sustainable textile natural dyeing can provide an efficient dyeing process with different methods and durations.
Keywords: Natural Dyeıng, PCA (Principal Component Analysis), Microwave Dyeing, Ultrasonic Dyeing

DOĞAL BOYAMACILIKTA FARKLI YÖNTEMLERİN RENK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZET
Doğal boyama, tarih öncesi çağlara kadar uzanmaktadır. Doğal boyalar, bitkilerin köklerinden, saplarından ve yapraklarından elde ediliyordu. Sentetik boyaların ortaya çıkmasıyla birlikte, boyama kolaylığı ve renk yelpazesi gibi nedenlerle doğal boyama arka planda kalmıştır. Son yıllarda, çevre bilincinin artmasıyla birlikte, tüketiciler sentetik boyaların çevre dostu olmaması, cilde zararlı etkileri ve toksisitesi gibi nedenlerle bu boyalar hakkında endişelenmeye başlamıştır. Bu nedenle, doğal boyama gibi farklı boyama süreçlerini kullanan araştırmalarda artış olmuştur. Geleneksel boyama süreçlerine ek olarak, ultrasonik boyama ve mikrodalga boyama tercih edilen yöntemlerdir. Doğal boyamada mikrodalga ve ultrasonik enerjinin kullanılması birçok fayda sağlar.

Örnekler arasında çevresel etkinin azaltılması, boya ve elyaf arasında güçlü etkileşim ve sürdürülebilirlik sayılabilir. Bu çalışmada, liyosel polyester karışımlı kumaşlar farklı konsantrasyonlarda sitrik asit ile mordanlanmıştır. Mordanlanmış kumaşlar, farklı sürelerde geleneksel boyama, mikrodalga boyama ve ultrasonik boyama işlemlerine tabi tutulmuştur. *Hibiscus sabdariffa boya olarak kullanılmıştır.* Boyanan kumaşların CIELAB (L, a, b*, C*, h°) renk parametre değerleri ve renk yoğunluğu (K/S) değerleri hesaplanmıştır. Mikrodalga, geleneksel ve ultrasonik boyamanın renkler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Parametreler arasındaki ilişkileri detaylandırmak için PCA (temel bileşen analizi) yapılmıştır. Mikrodalga enerjisi ve ultrasonik enerjinin yeni nesil sürdürülebilir boyamada etkili alternatifler olarak kullanılabileceği öngörülmektedir. Sonuç olarak, sürdürülebilir tekstil doğal boyamada boya olarak Hibiscus sabdariffa'nın kullanılması, farklı yöntem ve sürelerle verimli bir boyama süreci sağlayabileceği düşünülmektedir.
Anahtar Kelimeler: Doğal Boyama, PCA (Temel Bileşen Analizi), Mikrodalga boyama, Ultrasonik boyama

INTRODUCTION

In recent years, increasing environmental concerns have led to greater interest in eco-friendly and sustainable products. The use of natural dyes to color textile materials dates back to ancient times. Natural dyes can be obtained from the roots, stems, and leaves of plants, as well as from certain insects and minerals. In natural dyeing, auxiliary substances called mordants are required to help the dye penetrate the fibres more effectively. Natural dyeing can add functional properties to textile products in addition to aesthetic value. Various phenolic compounds found in plant-based natural dyes can impart UV protection, antibacterial, and antioxidant properties to the textile products to which they are applied. Thus, textile materials dyed with natural dyes can be transformed into functional, environmentally friendly, sustainable, and non-toxic value-added products (Ado et al., 2014; Cuce et al., 2019; Kılınç et al., 2025).

Recently, dyeing applications using ultrasonic and microwave energy have been developed as alternatives to conventional dyeing methods. These innovative methods offer advantages such as shorter processing times and higher energy efficiency in dyeing processes. Ultrasonic and microwave energy enable environmentally friendly dyeing applications with high color yield, using less water and fewer chemicals (Zuber et al., 2020; Buyukakinci et al., 2021).

The literature reports that *Hibiscus sabdariffa*, which contains high levels of anthocyanin, can be used as an environmentally friendly alternative to synthetic dyes in textile dyeing, while also imparting antimicrobial and antioxidant properties to fabrics (Sankaralingam et al., 2023).

In this study, lyocell/polyester fabrics were mordanted with citric acid at different concentrations. The dyeing process was performed using *Hibiscus sabdariffa* with different dyeing methods. Dyeing applications were performed using ultrasonic energy, microwave energy, and conventional methods for various durations, and the effects of method and duration on fabric color were investigated. Principal component analysis (PCA) was conducted to interpret the parameters.

MATERIAL AND METHOD

Material

Lyocell/polyester (69/31) fabric was used in the dyeing and mordanting processes. The fabric weight used in the study is 50 g/m^2.

Mordanting Process

Pre-mordanting was applied in the study. Two concentrations of mordant were used, 10% and 20% of the fabric weight. The mordanting process was carried out at boiling temperature for 1 hour.

Dyeing Process

Dye concentrations were calculated based on fabric weight, with a 60% Hibiscus sabdariffa concentration used during the dyeing process. Dyeing was performed using ultrasonic energy at 70 °C for 10 minutes and 30 minutes, and by the conventional method at 70 °C for 10 minutes and 30 minutes. Finally, dyeing was conducted for 1 minute and 3 minutes using 800 watts of microwave energy.

Color Measurement

After the pre-mordanting and dyeing processes, color measurements were carried out using an LS175 colorimeter. Measurements were taken under a D65 light source and 10° standard observer conditions. Reflectance (R) values were obtained in the visible range (400–700 nm) and converted to color intensity (K/S) values using the Kubelka–Munk equation (Equation 1).

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R \quad (1)$$

In addition to color intensity measurements, the CIELAB color coordinates of the samples were also determined. L* (lightness: 0 = black, 100 = white), a* (positive = red, negative = green), and b* (positive = yellow, negative = blue) values were measured; the C* (chroma, 0 = dull, 100 = vivid) parameter was also used to evaluate color saturation.

RESULTS

The color measurement data for the dyed fabrics are presented in Table 1. Examination of the samples in terms of L* (lightness) values shows a decrease in lightness after the dyeing process. The lowest values are found in samples mordanted with microwave energy. The a* value is a color parameter used to determine the red and green tones of the samples. According to this parameter, an increase in red tones is observed after dyeing, with the greatest increase seen in samples dyed with microwave energy. The b* value is used to determine yellow and blue nuances. The b* value is higher in dyed samples than in raw fabric, indicating an increase in yellow nuances. The chroma value is used to determine vividness. An increase in the vividness of the samples is observed after the coloring process. The sample with the code M3 has the highest vividness value. In general, the vividness of the samples coloured with microwave energy is higher than that of the others.

Table 1. Color data for dyed lyocell/polyester fabrics

Samples	L*	a*	b*	C*	h°	Colour	λ	K/S
Standard	89.92	-0.16	0.67	0.69	104.2	Yellow	400	0.09
U10	84.71	0.42	2.97	2.99	81.9	Orange-Yellow	400	0.25
U30	81.17	1.52	6.88	7.04	77.5	Orange-Yellow	400	0.48
N10	81.64	1.58	4.58	4.84	70.9	Orange-Yellow	400	0.61
N30	80.65	2.93	2.29	3.71	38.0	Red-Orange	400	0.33
M1	77.85	3.58	4.47	5.72	51.3	Red-Orange	400	0.76
M3	72.25	6.73	2.28	7.10	18.7	Red	400	0.80
S10U10	84.13	0.17	3.41	3.41	87.1	Orange-Yellow	400	0.30
S10U30	84.21	1.45	2.06	2.51	54.8	Red-Orange	400	0.23
S10N10	85.58	1.39	1.93	2.38	54.3	Red-Orange	400	0.25
S10N30	82.38	3.74	0.75	3.81	11.3	Red	400	0.26
S10M1	78.21	2.99	4.47	5.37	56.2	Red-Orange	400	0.72
S10M3	73.84	5.87	1.10	5.97	10.6	Red	400	0.67
S20U10	85.00	0.19	2.48	2.48	85.6	Orange-Yellow	400	0.23
S20U30	82.95	0.94	4.03	4.13	76.8	Orange-Yellow	400	0.34
S20N10	86.86	0.84	1.93	2.09	66.4	Orange-Yellow	400	0.20
S20N30	80.93	3.62	1.59	3.95	23.7	Red	400	0.34
S20M1	78.41	3.04	4.30	5.26	54.7	Red-Orange	400	0.69
S20M3	73.19	5.16	1.84	5.47	19.6	Red	400	0.77
L * Lightness (0 = black. 100 = white). ; **a*** ± Red/green. ; **b*** ± Yellow/blue. **C** * To vividness-dullness (100 = vivid. 0 = dull)								
S: Citric acid, U: Ultrasonic, N: Normal, M: Mikrowave								

Figure 1 shows the color wheel of dyed fabrics. When the samples were evaluated for hue angle (hº) according to Figure 1, they were found in regions 1, 2, 3, and 4. Table 1 also presents the colors of the samples. Examination of the samples for color fastness (K/S) shows that this value increases after dyeing. The sample with the M3 code, which underwent microwave treatment, has the highest color fastness.

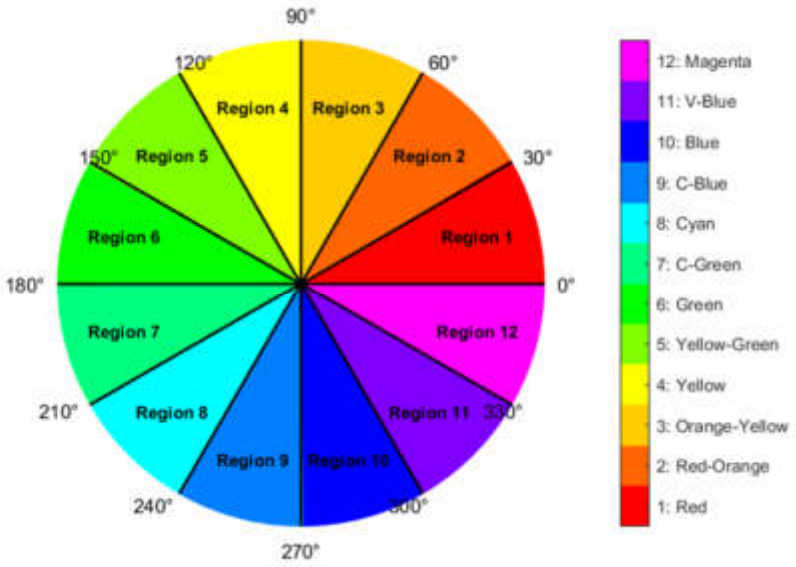


Figure 1. Color wheel

Figure 2 presents the eigenvalues graph. In this study, Principal Component Analysis (PCA) was used to investigate the effects of different dyeing methods, durations, and mordant amounts on dyeing performance. Examination of the eigenvalues in Figure 2 shows that the first two principal components (PC1: 42.95% and PC2: 23.18%) account for a significant portion (72.63%) of the total variance. When considering the relationships between variables, a positive correlation is observed between K/S and Chroma (C*) values. An angle close to 180 degrees is observed between the L* value and the K/S value, indicating a negative correlation between these two values.

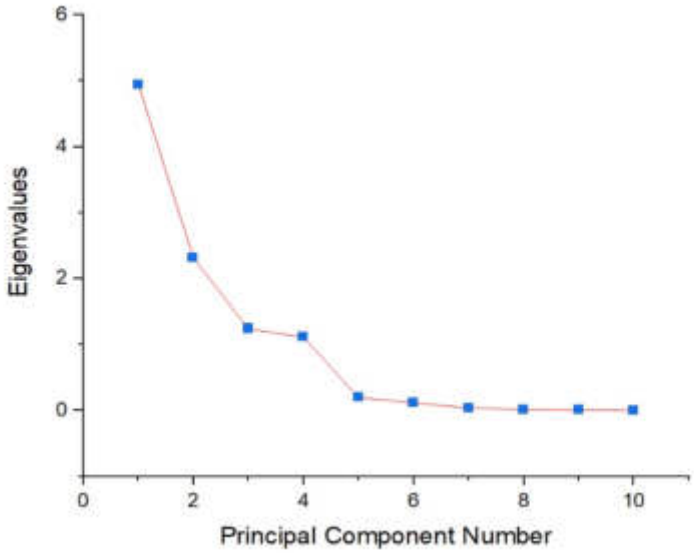


Figure 2. Eigenvalues graph

Figure 3 shows the principal component analysis (PCA) biplot graph. Upon examining Figure 3, it can be seen that the majority of samples coded “M” are clustered in the positive region of the PC1 axis, particularly in the direction of the K/S and C* vectors. This indicates that the microwave application provides high color yield. Samples coded “U” and “N” are generally clustered on the negative side of the PC1 axis and near the L value. This indicates that these methods provide lower dyeing yield compared to microwave and that the colors obtained are lighter (high L* value).

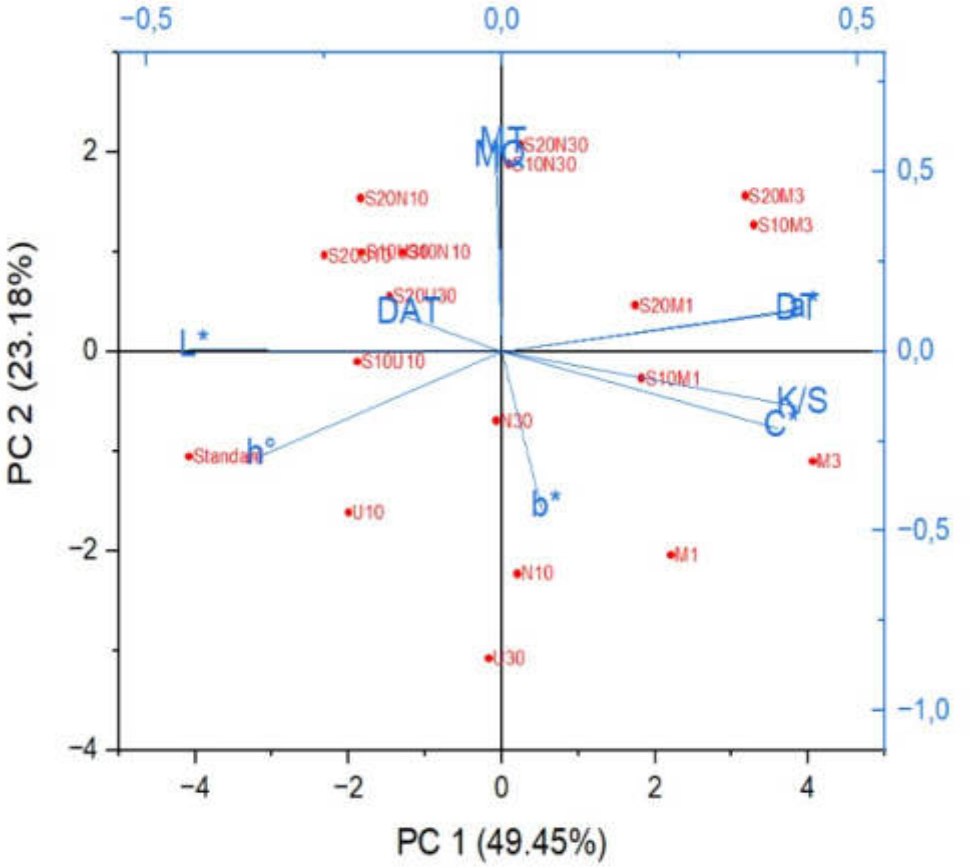


Figure 3. Principal Component Analysis (PCA) Biplot

CONCLUSİON

Research results show that the use of microwave energy in the case of Hibiscus sabdariffa dyeing, in particular, color yield (K/S), color saturation (C*), and the red tones development are all significantly increased. Furthermore, it yields a greater quantity of bright and vivid colors on lyocell/polyester fabrics when combined with pre-mordanting. PCA results also highlight that there is a very strong separation between the color coordinates of the samples that are dependent on the dyeing method, with the microwave-dyed samples exhibiting a unique color profile. In essence, the combined use of natural dyes and energy-efficient dyeing methods is a major step forward towards the realization of environmentally friendly and sustainable textile production. In fact, this solution goes a long way in cutting down the use of synthetic chemicals while at the same time facilitating the industrial implementation of sustainable natural dyeing with short processing times and low energy consumption.

REFERENCES

Sankaralingam, B., Balan, L., Chandrasekaran, S., & Muthu Selvam, A. (2023). Anthocyanin: a natural dye extracted from Hibiscus sabdariffa (L.) for textile and dye industries. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *195*(4), 2648-2663.

Ado, A., Yahaya, H., Kwalli, A. A., & Abdulkadir, R. S. (2014). Dyeing of textiles with eco-friendly natural dyes: a review. *International Journal of Environmental Monitoring and Protection*, *1*(5), 76-81.

Kılınç, M., Cüce, M., Kılınç, N., Tiritoğlu, M., & Kut, D. (2025). Comparison of Biomordant and Chemical Mordant on the Color, Fastness, and Antimicrobial Properties of Wool Fabrics Dyed with Juglans regia Waste Product. *Fibers and Polymers*, 1-17.

Buyukakinci, Y. B., Guzel, E. T., & Karadag, R. (2021). Organic cotton fabric dyed with dyer's oak and barberry dye by microwave irradiation and conventional methods. *Industria Textila*, *72*(1), 30-38.

Zuber, M., Adeel, S., Rehman, F. U., Anjum, F., Muneer, M., Abdullah, M., & Zia, K. M. (2020). Influence of microwave radiation on dyeing of bio-mordanted silk fabric using neem bark (Azadirachta indica)-based tannin natural dye. *Journal of Natural Fibers*.

Cuce, M., Kılınc, M., & Kılınc, N. (2019, May). Investıgatıon Of Color And Antımıcrobıal Properties Of Wool Fabrıcs Dyed Wıth Polygonum Cognatum Natural Dye Extracts. In *International* (Vol. 19, Pp. 1211-24).

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

SAMUEL M. ZWEMER'İN "AN UNOCCUPIED FIELD IN CENTRAL ASIA" METNİNİN TARİHSEL VE İDEOLOJİK BAĞLAMDA ANALİZİ

Öğr. Gör. Dr. Bahar KARATAŞ
Trabzon Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Tarih Bölümü
ORCID: 0000-0001-8782-6785

ÖZET

Samuel M. Zwemer'in *An Unoccupied Field in Central Asia* (1909) adlı eseri, 20. yüzyıl başlarındaki Protestan misyonerlik anlayışının Türkistan'a yönelik algı ve stratejilerini açık biçimde yansıtan önemli metinlerden biridir. Zwemer, bu çalışmasında Türkistan'ı hem fiziksel hem de ruhsal anlamda "keşfedilmemiş" ve "sahipsiz" bir alan olarak tasvir etmekte; bölgeyi Hıristiyan misyonu açısından müdahale edilmesi gereken bir boşluk olarak konumlandırmaktadır. Ancak metnin içerdiği söylem yalnızca dini bir çağrıdan ibaret değildir; aynı zamanda Batı'nın kültürel, siyasi ve epistemolojik üstünlük iddialarını taşıyan oryantalist bir dünya görüşünün ürünüdür.

Zwemer, Tibet, Afganistan, Çin Türkistanı ve Rus Türkistanı gibi bölgeleri detaylı biçimde ele alırken, bu coğrafyaların hem fiziki yapısını hem de dini-toplumsal düzenini incelemektedir. Değerlendirmelerinde öne çıkan kavramlar — "karanlık," "boşluk," "cehalet" ve "ahlaki çöküntü" — oryantalist söylemin temelini oluşturarak, bölge halklarını edilgen, geri kalmış ve kurtarılmaya muhtaç topluluklar olarak sunmaktadır. Bu retorik, Hıristiyanlığı yalnızca bir din olarak değil, aynı zamanda medeniyetin ve ilerlemenin taşıyıcısı olarak yüceltir.

Zwemer'in Türkistan tasavvuru, yalnızca bir misyon alanı değil, Batı merkezli bir medeniyet anlayışının "boşlukları" olarak şekillenir. Demiryolları, telgraf hatları ve ticaret yolları gibi modern altyapı unsurları tanrısal birer hazırlık olarak değerlendirilirken; bölge halkı ise "doğuştan zekâya sahip fakat yanlış dine inanan" kitleler olarak hedeflenir. Zwemer'e göre İslam, yalnızca bir inanç sistemi değil; dil, sanat, hukuk, toplumsal yaşam ve semboller aracılığıyla bütün bir medeniyet kuran ve şekillendiren kapsamlı bir yapıdır. Bu nedenle Zwemer'in önerdiği misyonerlik stratejileri, doğrudan dini tebliğden ziyade, dolaylı yollarla nüfuz etmeyi esas alır.

Tıbbi, eğitsel ve edebi kanallar üzerinden yürütülmesi önerilen misyon faaliyetleri, doğrudan dini müdahalenin zorluklarını kabul etmekte; ancak alternatif araçlarla Hristiyan mesajını yaymayı hedeflemektedir. *An Unoccupied Field in Central Asia*, yalnızca bir misyonerlik metni değil; aynı zamanda dönemin Batılı misyoner söylemini, ideolojik arka planıyla birlikte yansıtan tarihsel bir belgedir. Bu çalışma, söz konusu metni tarihsel bağlamı, ideolojik alt metinleri ve söylemsel yapısı üzerinden analiz etmekte; Zwemer'in dili ve temsil stratejilerini çağdaş akademik perspektifler ışığında yeniden değerlendirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Zwemer, Türkistan, misyonerlik, Protestanlık, İslam, Oryantalizm.

A HISTORICAL AND IDEOLOGICAL ANALYSIS OF SAMUEL M. ZWEMER'S "AN UNOCCUPIED FIELD IN CENTRAL ASIA"

ABSTRACT

Samuel M. Zwemer's *An Unoccupied Field in Central Asia* (1909) is one of the most significant texts reflecting the perception and strategies of early 20th-century Protestant missionary thought regarding Turkestan. In this work, Zwemer presents Turkestan not only as an uncharted and "unoccupied" physical space but also as a spiritual void in need of intervention by the Christian mission.

However, the discourse embedded in the text is not limited to a religious appeal; it also embodies the orientalist worldview that carries the West's cultural, political, and epistemological claims of superiority.
Zwemer examines regions such as Tibet, Afghanistan, Chinese Turkestan, and Russian Turkestan in detail, addressing both their geographical conditions and their religious and social structures. Key concepts that recur throughout his analysis — "darkness," "emptiness," "ignorance," and "moral decay" — form the basis of an orientalist narrative that portrays the peoples of the region as passive, backward, and in need of salvation. This rhetoric glorifies Christianity not merely as a faith, but as the bearer of civilization and progress.
Zwemer's conception of Turkestan is not just as a mission field but as a series of "voids" within a Western-centered vision of civilization. Infrastructure elements such as railways, telegraph lines, and trade routes are interpreted as divinely prepared instruments, while the people of the region are depicted as "naturally intelligent but adherents of a false religion." According to Zwemer, Islam is not merely a belief system but a comprehensive civilization that shapes language, art, law, social life, and symbolism. Hence, the missionary strategies he proposes focus not on direct religious confrontation but on indirect modes of influence.
The mission, as envisioned by Zwemer, is to be carried out through medical, educational, and literary channels. These indirect means are intended to bypass the resistance to direct evangelism while still transmitting the Christian message. *An Unoccupied Field in Central Asia* is not simply a missionary document; it also serves as a historical testimony that reflects the ideological underpinnings of Western missionary discourse in the early 20th century. This study analyzes the text through its historical context, ideological subtext, and discursive structure, offering a contemporary academic reassessment of Zwemer's language and representational strategies.
Keywords: Zwemer, Turkestan, Missionary work, Protestantism, Islam, Orientalism.

GİRİŞ

Misyonerlik, belirli bir dini inancı yayma ve bu inanç doğrultusunda hizmet sunma amacı güden bireylerin veya grupların gerçekleştirdiği faaliyetler bütünüdür. Latince missiodan gelen misyon sözlükte "görev ve yetki", misyoner ise "görevli olan kişi" anlamına gelmektedir (Gündüz, 2020, 193). Misyonerlik faaliyetleri, tarih boyunca birçok dinin yayılmasında önemli rol oynamıştır. Ancak Hıristiyan misyonerliği, özellikle 19. ve 20. yüzyıllarda dikkat çekici bir yayılım göstermiştir. Hıristiyan misyonerliği, dini referansını öncelikle Yeni Ahit metinlerindeki İsa'nın talebelerine yönelik çeşitli sözlerine dayanmış, İsa'nın, talebelerini gönderirken onlara "gidin" ve "deyin ki" ifadeleriyle başlayan sözleri bu misyonerliğin temel referansı olarak kabul edilmiştir (Gündüz, 2020).
19. ve 20. yüzyıl dönümü, Batılı misyoner örgütlerinin İslam dünyasını yeniden tanımladığı, Müslüman toplumlara yönelik yoğun bir söylem üretiminin gerçekleştiği bir dönemdir. Bu söylemin en etkili figürlerinden biri, Reform Kilisesi'ne bağlı Amerikalı misyoner, seyyah ve yazar Samuel Marinus Zwemer (1867–1952) olmuştur. Zwemer, yalnızca "İslam'ın Havarisi" olarak nitelenen misyoner kimliğiyle değil, aynı zamanda Müslüman toplumların inanç yapısı, kültürü ve zihniyet dünyasına dair kapsamlı gözlemler içeren yarım yüzyılı aşan eserleriyle öne çıkmaktadır. Tarihçi Kenneth Scott Latourette'in ifadesiyle, "yüzyıllar boyunca Müslümanlara yönelik gerçekleştirilen Hıristiyan misyonları arasında, İslam'ın Havarîsi" unvanını Dr. Zwemer kadar hak eden bir isim daha yoktur. (Wilson, 1996, 165) Müslüman topluluklara ulaşma arzusu, Samuel M. Zwemer'i yalnızca belirli bölgelerle sınırlı kalmadan, Afrika'dan Orta Doğu'ya, Türkistan'dan Güneydoğu Asya'ya kadar dünyanın dört bir yanına seyahat etmeye sevk etmiştir.

Bu yolculukları sırasında farklı İslam kültürleriyle birebir temas kurarak saha gözlemleri gerçekleştirmiş ve bu gözlemleri derinlemesine analizlerle zenginleştirmiştir. Zwemer, yalnızca bir misyoner değil, aynı zamanda üretken bir yazar olarak da öne çıkmış; İslam dini, Müslüman toplumların yapısı, Hıristiyan misyonunun rolü ve teolojik tartışmalar üzerine elliden fazla eser kaleme almıştır.

Zwemer, Reform Kilisesi'ne bağlı bir Evanjelik olarak, tüm hizmet yaşamı boyunca İslam'a yönelik tutarlı ve eleştirel bir yaklaşım sergilemiştir. Ona göre İslam, kendi mensuplarına nihai kurtuluş sağlayamayacak kusurlu bir dindir. Bu bakış açısı, yalnızca bireysel inanç düzeyinde değil, aynı zamanda İslam dünyasının bütününe dair bir teşhisle de ilişkilidir. Zwemer, Müslüman dünyasının derin bir kültürel ve manevi kriz içinde bulunduğuna, bu nedenle Hıristiyan tanıklığının ve mesajının her zamankinden daha gerekli olduğuna inanmıştır (Kidd, 2009, 58). 1907'de yayımlanan *Islam: A Challenge to Faith* adlı eserinde Samuel M. Zwemer, İslam'ın kökenlerini ilahî değil beşerî bir olgu olarak değerlendirmiş ve bu nedenle modern çağın gerekliliklerine uyum sağlayamayacak "gerilemiş bir din" olarak nitelendirmiştir (Sharkey, 2008, 110). Zwemer'e göre İslam, insanlığın ilerlemesi, medeniyetin gelişmesi ve Aydınlanma değerlerinin yayılması karşısında kaçınılmaz biçimde zayıflayarak tarih sahnesinden çekilecektir. Bu iddiasını, çağdaş Müslüman toplumların entelektüel, sosyal ve ahlaki koşullarındaki yetersizliklere dayandırmış, özellikle Arap Yarımadası'nı İslam'ın yapısal eksikliklerinin en görünür olduğu bir örnek olarak sunmuştur (Sharkey, 2008, 111). Bununla birlikte, Zwemer'in yaklaşımı tek boyutlu bir reddiye ile sınırlı kalmamıştır. Zaman içerisinde Müslümanların entelektüel ve ruhsal hayatının bazı yönlerine daha derin bir saygı geliştirmiş, İslam'ın güçlü teolojik geleneğini, Müslüman toplumların ibadet disiplinini ve maneviyatını gözlemledikçe, bunların Hıristiyan misyonunun muhataplarını anlamak açısından dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır (Kidd, 2009, 59).

Zwemer'in Türkistan anlatısını tarihsel ve söylemsel olarak konumlandırırken, dönemin Protestan misyon hareketinin genel zihniyetini yansıtan temel eserlerden biri olan Robert H. Glover'ın *The Progress of World-Wide Missions* (1924) adlı çalışması dikkat çekicidir. Glover, küresel misyon hareketinin teolojik dayanaklarını, metodolojik çerçevesini ve coğrafi yayılımını sistemleştiren figürlerden biridir. On sekiz yıl Çin'de misyonerlik yapan Glover'ın eseri, yalnızca tarih yazımı açısından değil, aynı zamanda Zwemer'in entelektüel ve ruhsal atmosferini anlamak için de birincil kaynak niteliğindedir. Glover'ın değerlendirmeleri incelendiğinde, Amerikan Evangelik misyon söyleminin 20. yüzyıl başında nasıl bir "dünya vizyonu" ürettiği açık biçimde görülmektedir. Ona göre dünya, henüz Hristiyan mesajının ulaşmadığı geniş "ruhsal boşluklardan" oluşmakta; bu boşlukların doldurulması hem teolojik bir görev hem de medeniyetin ilerlemesiyle bağlantılı bir zorunluluktur (Glover, 1924). Glover'ın "world-wide missions" kavramsallaştırması, Zwemer'in "unoccupied field" yaklaşımıyla tam bir paralellik taşır. Bu bağlamda Zwemer'in Türkistan'ı bir "fethedilmemiş manevi alan" olarak sunması, yalnızca bireysel bir gözlem değil, Amerikan misyoner çevrelerinde kolektif olarak üretilen küresel misyon tahayyülünün bir devamıdır.

Samuel M. Zwemer her ne kadar eserinin başlığında "Orta Asya" terimini kullanmış olsa da bu çalışmada —Zwemer'in doğrudan alıntıları dışında— bölge Türkistan olarak adlandırılmıştır. Bu tercih, yalnızca terminolojik bir farklılığa değil, bölgenin tarihsel ve kültürel bütünlüğünü daha doğru yansıtan bir kavramsallaştırmaya dayanmaktadır. "Orta Asya" modern coğrafya literatüründe 19. yüzyıldan itibaren yaygınlaşan daha nötr bir bölge adlandırmasıyken, Türkistan, tarihsel kaynaklarda Türk boylarının yerleştiği, kültürel ve siyasal etkileşim içinde olduğu sahayı ifade eder. Her ne kadar tarih boyunca "Türkistan" adıyla kurulmuş merkezi bir devlet bulunmasa da bölge hem İslam öncesi hem İslam sonrası dönemlerde Türk topluluklarının kimlik, dil, kültür ve medeniyet üretiminin ana coğrafyası olarak kabul edilmiştir (Yalçınkaya, 1994, 12).

Bu nedenle çalışmada, Zwemer'in kendi ifadeleri dışındaki kısımlarda "Türkistan" kavramının kullanılması hem tarihsel bağlama hem de bölgenin kültürel sürekliliğine daha uygun bir terminolojik tercih olarak benimsenmiştir.

YÖNTEM

Bu çalışmada Zwemer'in dili, ideolojik alt metinleri ve tarihsel bağlamı analiz edilerek, çağdaş perspektiflerle yorumlanmaktadır. Samuel M. Zwemer'in İslam'a ve Müslüman toplumlara dair söylemini tarihsel, teolojik ve ideolojik yönleriyle ele almak üzere nitel bir araştırma yöntemini benimsemektedir. İnceleme kapsamında öncelikle metin merkezli çözümleme yoluyla Zwemer'in temel eserleri –özellikle *Across the World of Islam* (1907) ve *An Unoccupied Field in Central Asia* (1909) incelenmiştir. Bu metinler, yazarın İslam'a yönelik eleştirilerini, misyonerlik vizyonunu ve Protestan teolojisiyle kurduğu ilişkiyi anlamaya yönelik olarak analiz edilmiştir.

Metin çözümlemesine ek olarak, tarihsel bağlamlandırma yöntemi kullanılmış; Zwemer'in görüşleri, 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başındaki Amerikan Evanjelik düşüncesi, misyonerlik stratejileri ve emperyal söylemler çerçevesinde konumlandırılmıştır. Ayrıca çalışmada, söylem analizi yöntemiyle Zwemer'in dilindeki ideolojik yapılar, "öteki" olarak kurgulanan İslam dünyası temsilleri ve Protestan misyonuna yüklenen anlamlar çözümlenmiştir. Bu analiz, sadece Zwemer'in bireysel bakışını değil, aynı zamanda Batılı misyoner söyleminin genel eğilimlerini ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu çerçevede, Türkistan'ın "fethedilmemiş alan" olarak sunulması, dinî tebliğ ile kültürel emperyalizm arasındaki sınırların bulanıklaştığı alanlar olarak değerlendirilmiştir.

ZWEMER'İN GÖZÜNDEN TÜRKİSTAN

Türkistan kelimesi, "Türk" ve "-istan" (yer) kelimelerinin birleşiminden oluşmuş olup, Fars kaynaklarında Orta Asya'yı tanımlamak için kullanılmıştır (Taşağıl, 2017, 165). Türkistan, Horasan'dan başlayıp Kuzey Afganistan, Pamir ve Hindukuş-Kunlun dağlarının kuzey eteklerinden Çin'in Tun-huang bölgesine, oradan Mançurya ve Güney Sibirya'ya, batıda ise Ural dağları ve Volga'nın Hazar'a ulaştığı noktaya kadar uzanan geniş coğrafyadır (Taşağıl, 2012, 557). Başlangıçta Sır Derya'nın doğusunu ifade etse de zamanla tüm Orta Asya'yı kapsayacak şekilde genişlemiştir. 19. yüzyılın ikinci yarısında Rusların bölgeyi işgal etmeye başlamasıyla bu ad daha yaygın hâle gelmiştir. İngilizler de Hindistan üzerinden Türkistan'a yönelirken bu ismi benimsemiştir. Sonuç olarak, Rusların hâkim olduğu bölgeye Batı Türkistan, Çin'in kontrolündeki kısımlara ise Doğu Türkistan denmiştir (Taşağıl, 2017, 165).

8. yüzyılın ortalarına gelindiğinde, Arap-İslam ordularının Mâverâünnehir bölgesini fethetmeleri ve eş zamanlı olarak Çin'in Türkistan'daki siyasi ve askeri etkisinin zayıflamaya başlaması, bölgedeki güç dengelerinde köklü bir değişime yol açmıştır. Bu süreç, özellikle Seyhun (Sır Derya) nehrinin kuzey ve doğusundaki bozkırlarda yaşayan çeşitli Türk boylarının ve onların yöneticilerinin İslam diniyle daha yakından temas kurmalarını sağlamış, böylece İslamiyet'in bölgeye nüfuz etme süreci hız kazanmıştır (Hunkan, 2012, 1616). İslam ordularının Türkistan'daki ilk yayılmaları başlangıçta askeri nitelik taşısa da zamanla bu etki kültürel, ticari ve dini düzeyde de derinleşmiş ve İslam, sadece bir inanç sistemi olarak değil, aynı zamanda siyasi bir aidiyetin ve medeniyet projesinin parçası olarak kabul görmeye başlamıştır.

Öte yandan, Hıristiyanlık inancı Türkistan coğrafyasına daha erken bir dönemde ulaşmış olmakla birlikte, bu yayılma oldukça sınırlı ve parçalı bir şekilde gerçekleşmiştir. Dinler tarihi kaynaklarına göre Hıristiyanlık, büyük olasılıkla 4. yüzyıldan itibaren Türkistanda bilinmeye başlanmış ve esasen Mezopotamya, İran Platosu ve Suriye gibi erken Hıristiyan merkezlerinden gelen misyonerler aracılığıyla Türkistan içlerine kadar taşınmıştır (Hizmetli, 2012, 1484). 19.yüzyılın ilk çeyreğinde Rusya yönetimi, özellikle Çar I. Aleksandr döneminde, Protestan misyonerlik faaliyetlerini desteklemiş ve Kırım–Kafkasya hattı yoğun bir misyonerlik alanına dönüşmüştür (Turan, 2000).

Samuel Zwemer, Türkistan'ı yalnızca fiziksel bir coğrafya olarak değil, aynı zamanda dinî misyonerlik stratejileri açısından analiz edilmesi gereken bir *medeniyet laboratuvarı* olarak konumlandırır. Bu yaklaşım, mekânı teolojik ve kültürel anlamlarla yükleyen bir bakış açısının ürünüdür. Özellikle Tibet ve Afganistan örnekleri, onun coğrafi tasavvurunun dinî ve ideolojik boyutlarını açığa çıkarmada işlevseldir. Zwemer'e göre Tibet, içe kapalı yapısıyla dış dünyaya direnç gösteren Budist bir evrendir. Yüksek rakımlı dağları, daimî karla örtülü zirveleri ve kurak iklimiyle izole edilmiş bu bölge, misyoner faaliyetler açısından erişilmesi güç bir alan olarak tanımlanır. Kendisinin ifadesiyle: "Tibet, hâlâ geniş ölçüde keşfedilmemiş bölgeleri barındırır. Yüksek rakımlı, daimî karla kaplı dağlar ve kurak hava ile izole edilmiş bir coğrafyadır" (Zwemer, 1910, 585).

Bu fiziksel engellerin yanı sıra, Lhasa'nın yalnızca Çin ve Hindistan'la sınırlı ticaret ilişkileri, bölgeyi Hıristiyan misyonları açısından "kapalı bir alan" hâline getirir. Ancak Zwemer bu izolasyonu mutlak değil, aşılabilir bir sınır olarak değerlendirir. Nitekim İngiliz gezginlerin Lhasa'ya ulaşabilmiş olması, ileride Protestan misyonları için bir tür "öncül umut" olarak yorumlanır (Zwemer, 1910, 585). Afganistan ise Zwemer'in tahayyülünde sadece bir ülke değil, kültürel ve ticari geçişin düğüm noktası olan bir kavşak bölgesidir. Kandahar, Herat ve Balkh gibi kentler hem tarihi hem stratejik öneme sahip merkezler olarak öne çıkar. Bu şehirlerin birbirine karavan yollarıyla bağlanmış olması, bölgenin Batı ile Doğu arasında bir ara yüz işlevi gördüğünü düşündürür.

Zwemer'in coğrafi-dini analizinde en dikkat çekici benzetmelerinden biri Nil-Oxus-Sir Derya ekseninde ortaya çıkar: "Eğer Mısır Nil'in hediyesi ise, Buhara Oxus'un, Türkistan Sir Derya'nın hediyesidir" (Zwemer, 1910, 586). Bu söylem yalnızca yerleşim biçimleri ya da tarımsal üretimi değil, aynı zamanda inanç sistemlerinin oluşumunu da doğal su kaynaklarıyla ilişkilendirir. Nehir kenarlarında şekillenen medeniyetler, Zwemer'in gözünde aynı zamanda Protestan misyonerliği için potansiyel taşıyan *verimli alanlar* olarak sunulur. Çin Türkistanı (Sin-Kiang) ise Zwemer'in anlatısında hem sert coğrafi koşulları hem de derin dinî pratikleriyle dikkat çeker. Özellikle Karakurum Geçidi üzerinden Mekke'ye gitmek üzere yola çıkan Çinli Müslüman hacıların zorlayıcı yolculukları, bu coğrafyanın aynı anda hem ulaşılmazlığını hem de dinî sadakati temsil ettiğini düşündürür.

Misyonere göre Çin Türkistanı'ndaki şehirler –özellikle Kaşgar ve Yarkand– hem ticaret hem de inanç açısından önemli merkezlerdir. Ancak sulamaya dayalı tarım, sert iklim koşulları, ani sıcaklık değişimleri ve çöl fırtınaları bu coğrafyada yaşamı güçleştirir. Bu zorluklar, Zwemer'in zihninde bölgeyi hem ruhsal bir mücadele hem de "fethedilecek bir alan" olarak kurgulamasına neden olur. Böylece coğrafya yalnızca mekân değil, aynı zamanda misyonerlik için bir *iman sınavı* hâline gelir. Zwemer'in yaklaşımında en dikkat çeken unsur, altyapı unsurlarını (demiryolları, buharlı gemi hatları, telgraf sistemleri vb.) yalnızca modernitenin teknik tezahürleri olarak değil, aynı zamanda Tanrı'nın ilahi planına hizmet eden araçlar olarak konumlandırmasıdır. Özellikle Rusya'nın Orta Asya'da inşa ettiği demiryolu hatları, Protestan misyonunun yayılması için adeta "hazırlanmış yollar" olarak tasvir edilir. Onun ifadesiyle: "3.202 mil uzunluğundaki demiryolları, bu geniş sahipsiz alanın ekonomik, politik ve misyonerlik geleceği için büyük önem taşır" (Zwemer, 1910, 587).

Bu altyapı ağının haritası, St. Petersburg'dan Orenburg'a, oradan Taşkent ve Merv üzerinden Kuşkinski askeri karakoluna dek uzanır ve Hindistan sınırına yaklaşır. Bu gelişmeler, Zwemer'e göre yalnızca Rus emperyalizminin bir göstergesi değil, aynı zamanda Tanrısal kaderin bir tezahürüdür. Metaforik düzlemde, Eski Ahit'te geçen "Yolu hazırla" (Zwemer, 1910, 588) öğretisine atıfla, Hıristiyanlığın yayılmasına açılan kapıların artık hazır olduğu ima edilir. Bu noktada, Zwemer'in alt metni, misyoner faaliyetlerin emperyal genişleme ile senkronize yürütülebileceği bir zemini kurar. Demiryollarının ve nehir ulaşımlarının sunduğu bu fiziksel erişilebilirlik, aynı zamanda Türkistan' daki halkların medeniyet potansiyelleriyle ilişkilendirilir. Zwemer'e göre Türkistan toplumu üç katmandan oluşur: %65 yerleşik, %15 yarı-göçebe ve %20 göçebe. Bu dağılım, misyon stratejileri açısından belirleyicidir. Yerleşik halklar "uygarlaştırılabilir", göçebeler ise ulaşılması güç, ancak ihmal edilmemesi gereken "vahşi kitleler" olarak kodlanır. Bu kategorileştirme, oryantalist söylemin klasik bir tezahürü olarak karşımıza çıkar. Yerleşik tarım kültürü, özellikle pamuk, tütün ve altın gibi ürünler, hem ekonomik kalkınma için potansiyel sunar hem de misyon faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından "doğal destek kaynakları" olarak değerlendirilir.

Zwemer'in metinlerinde en güçlü temalardan biri de *etnolojik tasvir* ile *misyonerlik hedef kitlesi* arasındaki nedensel bağlantıdır. Türkistan halkları—Afgan, Moğol, Türkmen, Tacik, Kırgız, Özbek, Tibetli ve Chanto'lar—etnik olarak çeşitlilik arz etse de Zwemer'e göre ortak çevresel koşullar, İslam'ın bölgesel etkisi ve kültürel örtüşmeler bu halkları tek bir stratejik bütün haline getirir. Bu halklar, Zwemer tarafından zeki, siyasal analiz yeteneğine sahip ama doğru inançtan yoksun "potansiyel müminler" (Zwemer, 1910, 590) olarak sunulur. Oryantalist bakış açısının tipik bir örneği olan bu anlatım, Batı'nın "rehberlik" rolünü meşrulaştırmak için kullanılır. Halkların sahip olduğu doğal zekâ ve kültürel derinlik, Hıristiyan Batı'nın rehberliğinde "hakikate" ulaşabilecek bir kapasiteye dönüştürülür. Bu bağlamda Zwemer'in İslam tasavvuru oldukça çarpıcıdır. Ona göre İslam, yalnızca bir inanç sistemi değil; edebiyat, sanat, hukuk, mimari ve gündelik yaşamı kuşatan bir medeniyet sistemidir. Bu yönüyle rakip değil, tam teşekküllü bir zemin olarak görülür. Örneğin: "Orta Asya'daki tüm edebiyat, sanat, mimari ve günlük konuşmalar İslam'ın damgasını taşır. Cebinizdeki küçük bir pusula bile 'Kâbe Gösterici' olarak anılır" (Zwemer, 1910, 591).

Ancak Zwemer'in bu kabulü, İslam'ın entelektüel ve sosyo-kültürel gücünü tanımasına rağmen, dinî anlamda yetersiz ve yozlaşmış bir yapı olarak sunulmasıyla birlikte gelir. Buhara, 10.000 öğrencili ve 364 camili yapısıyla "Asya'nın Kahire'si" olarak tanımlanırken, aynı zamanda "ahlaki yozlaşma, kadınların köleleştirilmesi ve dinî fanatizm"in sembolü hâline getirilir. Bu çelişkili söylem, Protestan misyoner söyleminin hem takdir hem tahakküm üretme kapasitesini gözler önüne serer. Tibet ve Afganistan örnekleri, bu söylemin sınırlarını daha da belirgin kılar. Tibet; "gururlu ama boş", "felsefi ama yozlaşmış" bir teokrasi olarak betimlenir. Afganistan ise camilerde namaz kılmayanların kırbaçlandığı, kadınların "köle" konumunda olduğu bir yer olarak sunulur. Bu tür tasvirler, Hristiyan misyonunun yalnızca dinî değil, aynı zamanda ahlaki ve medeni bir kurtarıcı olarak işlev görmesini meşrulaştırır. Zwemer'in ve çağdaş misyonerlerinin İslam'a yönelik söylemlerinde sıkça görülen bu çelişki, Edward Said'in "Oryantalizm" kavramıyla uyumludur. Said'e göre Batı, Doğu'yu hem "hayranlık duyulacak bir uygarlık" olarak yüceltir, hem de "medenileştirilmesi gereken geri kalmışlık" olarak sunar (Said, 2010). Kadınların köleleştirilmesi vurgusu da bu söylemin vazgeçilmezidir. "Kadınları kurtarmak", genellikle onların hayatlarını daha iyi anlamak yerine, Batılı değerlerin üstünlüğünü pekiştiren bir stratejidir. (Lughod, 2002, 789)

Bu çağrının zirve noktası, Zwemer'in "An Unoccupied Field" kavramsallaştırmasında somutlaşır. 2,7 milyon mil karelik bir coğrafya, 23 milyon nüfus ve yalnızca iki misyon merkezi—bu durum, Protestan misyonerliği için hem trajik hem de stratejik bir veri olarak sunulur.

Zwemer'in ifadesiyle: "Bu topraklar Fransa'nın on üç katı, Mississippi'nin doğusundaki tüm Amerika'dan iki kat büyük. Ama sadece iki misyon merkezi var" (Zwemer, 1910, 591). Zwemer'in bildirisi yalnızca bir analiz değil, aynı zamanda bir acil eylem çağrısı gibidir. Misyonerler için üç ana stratejik alan tanımlanır: (1) Tıbbi ve eğitimsel hizmetler, (2) yerel dillerde yayıncılık ve (3) yerli iş gücünün eğitimi. (Zwemer, 1910, 592). Özellikle kadınlara yönelik misyon faaliyetlerinde kadın misyonerlerin önemi vurgulanır; çünkü yerel patriyarkal yapılarda erkek misyonerlerin etkisi sınırlıdır.

Dil meselesi de büyük bir önem taşır. Zwemer, Turki dilinde süreli yayınların başlatılmasını, İncil'in yerel lehçelere çevrilmesini ve eğitim kurumlarıyla okuryazarlığın artırılmasını önerir (Zwemer, 1910, 591). Bu, yalnızca dinî yayılmayı değil, aynı zamanda epistemolojik bir dönüşümü hedefler. Ona göre yazılı kültürün yaygınlaştırılması, yerel halkların bilişsel dünyasını yeniden şekillendirecek; sözlü geleneklere dayalı bilgi aktarımının yerini metinsel bir otorite alacaktır. Dolayısıyla dil, yalnızca iletişim aracı değil, aynı zamanda zihniyet dönüşümünün temel aracıdır.

Metnin sonunda, Zwemer yalnızca teknik çözümler sunmaz; aynı zamanda ruhani bir çağrı yapar. Cesur, bekâr, siyaseten kuşku uyandırmayan ve güçlü eğitimle donatılmış misyonerlere ihtiyaç vardır. Devlet güvenceleri ve diplomatik izinlere dayalı bir misyonerlik anlayışı reddedilir (Zwemer, 1910, 592). Ona göre gerçek misyoner, imparatorluklar arasındaki güç dengelerine yaslanmayan, bireysel iman ve fedakârlık güdüsüyle hareket eden kişidir. Bu vurgu, Amerikan Protestan misyoner söyleminde sıkça rastlanan "devletten bağımsız manevî otorite" fikrinin Türkistan sahasındaki yansımasıdır. Son satırlarda yer alan bu tür anlatılar, yalnızca misyon stratejisi değil, aynı zamanda ruhsal bir motivasyon ve duygu yükü taşır. Zwemer'in vizyonu, başarısızlıklardan yılmayan, zorlukları bahane saymayan ve boşluğu bir görev alanı olarak gören bir Protestan maneviyatının ifadesidir. Daha da önemlisi, bu yaklaşım Türkistan'ı yalnızca coğrafi bir bölge olarak değil, eskatolojik bir görev alanı olarak konumlandırır. Ona göre Türkistan'ın "boşluğu", kısmen misyoner sayısının azlığından, kısmen de yerel halkın İslamî birikiminin "yüzeysel" oluşundan kaynaklanmaktadır — ki bu değerlendirme, dönemin oryantalist hiyerarşilerini doğrudan yansıtır.

Zwemer'in satır aralarında beliren bu ton, misyonerliği bir meslek ya da diplomatik görev değil, neredeyse kutsal bir sefer olarak tanımlar. Coğrafyanın zorluğu, iklimin sertliği, dil engelleri veya siyasi riskler onun için birer engel değil, ruhani olgunlaşmanın aşamalarıdır. Bu nedenle metin, rasyonel planlamayla mistik fedakârlık idealinin birleştiği bir zihniyet dünyasını açığa çıkarır. Ona göre gerçek misyoner, yalnızca bilgi taşıyan değil, aynı zamanda kendisini "boş ve karanlık bir alana ışık götürmekle" yükümlü hisseden bir tanıklık figürüdür.

Tablo 1 : Zwemer – Kitap Dağıtımı ve Misyonerlik Altyapısı

Misyon Merkezi	Kuruluş / Başlangıç	Personel Sayısı	Faaliyetler	Yorum / Durum
Tiflis (Kafkasya)	–	4 kolportör, 2 yardımcı	1909'da 15.529 Kitabı Mukaddes dağıtıldı; çoğu Rus askerlerine ulaştı	Müslüman Türklere ulaşım yeni başlıyor
Taşkent	–	1 kolportör	1.705 satış; şehir nüfusuna kıyasla sembolik	Etkisi düşük, sembolik düzeyde
Kaşgar	İsveç Misyonu (1894)	1 Müslüman, 2 Çinli misyoner	7–8 bin hastaya hizmet; İncil Kaşgar Türkçesine çevrildi ve dağıtıldı	Faaliyetler etkili ancak sınırlı
Yarkand	İsveç Misyonu (1894)	5 misyoner	Odak: Müslüman halk; yerli işçilerle çalışma (1 düzenli vaiz)	Sınırlı kapasiteyle yerel halka ulaşım
Urumçi	Çin İç Misyonu	1 misyoner	Henüz dil öğrenme aşamasında	Başlangıç aşamasında

Samuel M. Zwemer'in 1909 tarihli değerlendirmelerine dayanan bu tablo (Zwemer, 1910, 592), Türkistan'daki Hıristiyan misyoner faaliyetlerinin mekânsal dağılımı, insan kaynağı durumu, etki kapasitesi ve stratejik başlangıç noktaları hakkında çarpıcı bir görünüm sunmaktadır. Beş ayrı merkezde yürütülen faaliyetler, genel olarak sembolik düzeyde etki yaratmış, ancak stratejik anlamda zemin oluşturma potansiyeline sahip girişimler olarak öne çıkmaktadır. Bu tablo, Zwemer'in döneminde Türkistan'daki Hıristiyan misyon faaliyetlerinin coğrafi olarak sınırlı, personel açısından yetersiz ve etki bakımından başlangıç düzeyinde olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bölgesel dağılım göz önüne alındığında, faaliyetlerin daha çok Çin Türkistanı'na odaklandığı görülmektedir. Tıbbi yardım, en etkili misyon stratejisi olarak öne çıkmakta; doğrudan tebliğ yerine hizmet aracılığıyla etki yaratma yoluna gidildiği anlaşılmaktadır.

Zwemer'in ruhsal çağrısı yalnızca duygusal bir vaaz niteliğinde değildir; aynı zamanda İslam toplumlarında din değiştirenlerin karşı karşıya kaldığı ağır yaptırımlara dair gözlemlerle desteklenir. Örneğin Afganistan'da İslam'dan Hristiyanlığa geçen bir bireyin ölüm cezasına çarptırılması hem devlet otoritesi hem de toplumsal mutabakat tarafından onaylanan bir uygulama olarak sunulur: "Ameer'in topraklarında İslam'dan dönen biri idam edilir ve hem yasa hem halk bunu onaylar" (Zwemer, 1910, 594). Bu tespit, Zwemer'in gözünde Müjde'nin yayılmasını engelleyen sistemik ve hukuki bariyerlerin varlığını gösterse de aynı zamanda bu engeller karşısında misyonerlik görevinin ertelenemeyeceği mesajını içerir. Nitekim Zwemer, Rusya Türkistanı ve Çin Türkistanı gibi daha marjinal bölgelerde—örneğin Chanto halkının yaşadığı bölgelerde—dinî baskının görece daha esnek olduğuna işaret eder ve bu alanları misyonerlik için "başlangıç noktaları" olarak değerlendirir. Ona göre, bu coğrafyalarda en işlevsel geçiş aracı tıbbi misyonerliktir, çünkü sağlık hizmetleri yalnızca yerel halkın güvenini kazanmayı kolaylaştırmaz, aynı zamanda dini söylemin toplumsal bir girişle bütünleştirilmesine imkân tanır. Bu yaklaşım, yalnızca Zwemer'in değil, dönemin İngiliz askeri gözlemcilerinin de paylaştığı bir stratejidir: "Hastane ve dispanserler, sınır kabilelerinin pasifleştirilmesinde büyük rol oynar" (Zwemer, 1910, 594).

Dolayısıyla misyonerlik, Zwemer'in tahayyülünde yalnızca teolojik bir faaliyet değil, aynı zamanda toplumsal mühendislik ve siyasal nüfuz stratejisidir. Bu durum, misyoner söyleminin dini hedeflerle birlikte kolonyal çıkarlarla da eklemlendiğini ortaya koymaktadır.
Zwemer, bu noktada Rusya'nın 1864 tarihli resmi bildirgesine (Gortchakoff'un beyanı) atıfta bulunur ve Rus politikalarının da "uygarlık, ticaret ve organizasyon" getirmeyi hedeflediğini hatırlatır. Ona göre bu söylem samimiyet taşıyorsa, Hristiyan misyonerliği de bu hedeflerle tutarlı, hatta onları tamamlayıcı bir müttefik olarak görülmelidir (Zwemer, 1910, 596). Bu argümanın ardından Zwemer'in teolojik retoriği doruk noktasına ulaşır. Özellikle şu cümle, onun tarihsel gözlemlerini ruhsal bir sembole dönüştürür: "Afganistan'a piyanolar, motorlar, gramofonlar giriyor; ama Müjde giremiyor." (Zwemer, 1910, 596). Bu ifade, maddi uygarlığın engel tanımaz ilerleyişine karşın ruhsal mesajların siyasi sınırlarla bastırıldığını ve dışlandığını vurgular. Avrupa mühendisleri ve doktorları sınırları aşabilirken, misyonerlerin dışarıda tutulması, Tanrı'nın mesajının önündeki yapısal bir adaletsizliğin göstergesi olarak yorumlanır.
Bununla birlikte Zwemer umutludur: "Orta Asya'nın evanjelizasyonu, 'imkânsızın ihtişamını' taşır.". Bu perspektif, Batılı misyonerlerin önlerindeki her türlü zorluğu aşabilecek kudretle donatıldığını varsayar (Hollinger, 2017, 5). Misyonerlik, yalnızca bir faaliyet değil, aynı zamanda bir iman sınavıdır. Aynı zamanda Zwemer, İslam dünyasındaki içsel dönüşümleri dikkatle takip eder. Özellikle 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başında belirginleşen Pan-İslamizm hareketini hem tehdit hem de fırsat olarak görür. Ona göre reformist İslam düşüncesi, Müslüman basında yer alan modernleşme tartışmaları ve halk düzeyinde artan dinî bilinç, Hristiyan misyonu için ikili bir anlam taşır: Bir yandan Müjde'nin yayılmasını zorlaştıran bir direniş formu üretir; öte yandan bu dini canlılık, Hristiyan mesajının da toplumsal dönüşümle birlikte yankı bulabileceği bir zemin oluşturur. Zwemer'in şu sorusu bu bakışı özetler: "Eğer derviş vaizler halkı uyarırsa ne olur, kim bilebilir? Ama neden bu uyanış Müjde ile olmasın?" (Zwemer, 1910, 596). Böylece misyonerlik, yalnızca dışsal bir müdahale değil, aynı zamanda İslam toplumlarının içsel yenilenme süreçleriyle paralel ilerleyebilecek bir ruhsal dönüşüm projesi olarak sunulur.
Zwemer'in kapanış mesajı, iman ile eylem arasındaki ayrılmaz ilişkiyi vurgular. Onun zihninde coğrafya artık yalnızca fiziki bir mekân değil, ruhsal bir harita hâline dönüşmüştür. Gobi Çölü'nde dua eden bir Moğol ya da dağ zirvesinde "Allah" diye haykıran bir Hunzalı, Zwemer'e göre yalnızca İslam'a bağlılık değil, aynı zamanda Tanrı'ya yönelen derin bir ruhsal özlemi temsil eder. Bu gözlem, onun misyonerlik tahayyülünü belirleyen temel soruyu gündeme getirir: "Bilim, ticaret ve keşif için bu topraklara girilebiliyorsa, biz neden haçın elçileri olarak geri duralım?" (Zwemer, 1910, 597). Bu soru, Protestan misyonerlik açısından yalnızca stratejik bir açılım değil, aynı zamanda vicdani bir muhasebe işlevi görür. Zwemer, bu muhasebeyi mantıksal gerekçelerle değil, iman dolu bir kesinlikle noktalar: "Orta Asya, birkaç imanlı Hristiyan'ın dualarında yer almaya başladıysa, bu onun mutlaka fethedileceğinin işaretidir." Bu cümle, yalnızca bir temenniden ibaret değildir; aksine, onun tüm anlatısı boyunca ördüğü tarihsel, coğrafi ve teolojik dokunun özlü bir sentezidir. Zwemer, Türkistan'ı bir "medeniyet boşluğu" olarak değil, ruhsal bir potansiyelin sahnesi olarak görür. Böylece inanan bireylerin duası, bu potansiyeli görünür kılan ve coğrafyayı ruhsal bir haritaya dönüştüren kurucu bir eylem hâline gelir.
Samuel M. Zwemer'in *Across the World of Islam* adlı eserinde yer alan "Islam in Russia" bölümü (1929, 297–313), onun İslam dünyasına dair zihinsel haritasını, teolojik yaklaşımını ve misyonerlik stratejisini en açık biçimde yansıtan metinlerden biridir. Zwemer, bu bölümün başlangıcında Kur'an'daki Zülkarneyn–Ye'cûc–Me'cûc anlatısını kullanarak İslam'ın coğrafya tasavvurunun "bilim dışı" olduğunu ileri sürer ve böylece İslam'ı daha en baştan mitolojik bir yapı üzerine kurulu bir din olarak çerçeveler.

Bu tercih, onun *Islam: A Challenge to Faith* adlı eserindeki genel yaklaşımıyla tutarlıdır (Zwemer, 1907). İslam'ın bilgi üretme kapasitesini sorgulayan bu söylem, Rusya'daki Müslüman topluluklara dair yapacağı tüm kültürel ve sosyolojik değerlendirmelerin arka planını oluşturur.

Zwemer, Rusya coğrafyasındaki Müslüman nüfusu "Mısır, Arabistan ve İran'dan fazla" olduğu vurgusuyla sunar (Zwemer, 1929, 299). Bu veri, onun için yalnızca demografik bir gerçeklik değil, aynı zamanda Protestan misyonerliği açısından ihmal edilmiş geniş bir hedef alanıdır. Müslüman toplulukların etnik dağılımını ayrıntılı biçimde sıralaması, yüzeyde etnografik bir çalışma izlenimi verse de gerçekte misyonerlik coğrafyasını belirleyen stratejik bir haritalamadır. Zwemer'in "unoccupied field" (işlenmemiş alan) kavramsallaştırması bu bağlamda anlam kazanır; nitekim 1909 tarihli *An Unoccupied Field in Central Asia* adlı eserinde Türkistan'ı benzer biçimde "fethedilmemiş alan" olarak tanımlar (Zwemer, 1909). Zwemer'in Rusya Müslümanları tasviri tarihsel-toplumsal bir değerlendirmeden çok, İslam'ın bölgedeki köklenmesini zayıflatma amacı taşıyan bir retorik içerir. Kuteybe döneminin fetihlerini aktarırken İslam'ın kılıç ve baskı yoluyla yayıldığını, camiye gelenlere para verildiğini, putların yakılarak halkın dönüştürüldüğünü vurgular (Zwemer, 1929, 300–301). Bu anlatı, Zwemer'in İslam'ın yayılışını "dışsal zorlama"ya bağlayan apologetik çabasının bir parçasıdır ve aynı iddialar *Islam: A Challenge to Faith*'te de görülür. Ona göre Orta Asya'daki İslamlaşma rasyonel bir tercih değil, zorunluluk ve korkunun ürettiği bir süreçtir.

Bu metindeki en dikkat çekici unsurlardan biri, Zwemer'in Türkistan Müslüman toplumlarını ahlaki çöküş üzerinden tanımlama eğilimidir. Kadınların konumu, çok eşlilik, "üç peniyle boşanma", hurafeler ve gündelik pratiklerdeki dinsel katılık, İslam toplumunun geri kalmışlığının kanıtı olarak sunulur (Zwemer, 1929, 304–305). Özellikle Fraser ve Schuyler gibi seyyahlardan yaptığı alıntılar, Müslüman toplumun kadın merkezli bir ahlaki bozulma içinde olduğunu göstermek için kullanılır. Bu yaklaşım, Edward Said'in belirttiği "oryantalist kadın imgesi"yle büyük ölçüde örtüşür; Batı'nın kurtarıcı rolünü meşrulaştıran bir temsil üretir (Said, 2010). Aynı zamanda Lila Abu-Lughod'un eleştirdiği "Müslüman kadınları kurtarma söylemi"nin erken bir misyonerik örneğidir (Abu-Lughod, 2002).

Zwemer, Rusya'daki Cedidcilik hareketi, Gaspıralı İsmail Bey'in reformist çağrıları ve kadınların Duma'ya sunduğu dilekçeleri hem bir zihinsel uyanış hem de Protestan misyonerliği için bir tehdit olarak değerlendirmiştir (Zwemer, 1929, 307–308). Modernleşme eğilimlerini İslam'ın kendisini yenileme potansiyelinin göstergesi değil, Hristiyan misyonunun önünü kapatan bir direnç formu olarak yorumlar. Bu tutum, Zwemer'in Pan-İslamizm'e yönelik genel yaklaşımıyla tutarlıdır. Rusya Müslümanlarını ilgilendiren en önemli siyasal gelişme olan Sovyet Devrimi hakkında Zwemer'in değerlendirmesi iki katmanlıdır. Bir yandan Bolşeviklerin İslam'ı kendi siyasal hedefleri için kullandığını iddia eder; diğer yandan Sovyet kontrolündeki Tatarca, Özbekçe, Kazakça gazeteleri "Komünizmi İslam aracılığıyla yayma girişimi" olarak niteler (Zwemer, 1929, 309–310).

Bölümün sonunda Zwemer, Rusya Müslümanlarını "dünyanın en ihmal edilmiş topluluğu" olarak tanımlar ve misyonerlik için acil bir çağrıda bulunur (Zwemer, 1929, 311–313). Sart ve Türkî lehçelere İncil çevirilerinin yapılmasını, sağlık hizmetlerinin kullanılmasını ve bölgeye Batılı misyonerlerin gönderilmesini önerir. Ona göre Türkistan'ın mistik yapısı, halkın Mekke'ye büyük fedakârlıklarla gitmesi ve derviş gelenekleri, derin bir "ruhsal susuzluğun" göstergesidir; bu susuzluk ancak Hristiyanlıkla giderilebilir. Bu görüş, Zwemer'in tüm kariyerinin özeti niteliğindedir: İslam coğrafyası, teolojik olarak boş; misyonerlik açısından bereketli bir alan olarak sunulur.

SONUÇ

Samuel M. Zwemer'in *An Unoccupied Field in Central Asia* adlı eseri, yalnızca Protestan misyonerliğinin Türkistan'a yönelik tarihsel ilgisini yansıtan bir çalışma değil; aynı zamanda Batı'nın 20. yüzyıl başındaki dinî, kültürel ve epistemolojik tahayyüllerinin yoğunlaştığı bir ideolojik metindir. Zwemer'in Türkistan'ı "boş", "karanlık" ve "keşfedilmemiş" bir alan olarak resmetmesi, bölgeyi hem dinî hem de kültürel açıdan müdahaleye açık bir sahaya dönüştüren oryantalist bir çerçeve sunar. Bu söylem, Batı'nın kendisini ilerlemenin, medeniyetin ve hakikatin temsilcisi; İslam dünyasını ise dönüşmesi gereken bir "diğer" olarak konumlandırma stratejisinin tipik bir tezahürüdür.

Zwemer'in metninin en dikkat çekici yönlerinden biri, İslam'ın güçlü bir medeniyet sistemi olduğunu fark ederek bunu misyonerlik açısından hem bir engel hem de dönüştürülmesi gereken bütünsel bir yapı olarak değerlendirmesidir. İslam'ı hukuk, sanat, günlük yaşam ve semboller üzerinden şekillenen geniş bir uygarlık dairesi olarak okuyan Zwemer, doğrudan tebliğin sınırlı kaldığı bu alanlarda dolaylı nüfuz araçlarını—tıbbi yardım, eğitim faaliyetleri, yerel dillerde yayıncılık—öncelikli misyon stratejileri olarak belirler. Böylece misyonerliği yalnızca ruhsal bir girişim değil, aynı zamanda kültürel mühendislik ve toplumsal dönüşüm projesi olarak kurgular.

Metnin bir diğer boyutu, Protestan teolojisinin iç dinamiklerinin Zwemer'in retoriğine yön vermesidir. "İmanla imkânsızı mümkün kılma" anlayışı, coğrafyanın fiziksel ve siyasal sınırlarını aşılabilir kılarak Türkistan'ı Tanrısal bir çağrının yeryüzündeki karşılığına dönüştürür. Zwemer'in sıkça başvurduğu metaforlar ve ruhsallaştırılmış coğrafya tasviri, bölgeyi yalnızca siyasi rekabet alanı değil, aynı zamanda ilahi iradenin tecelli edebileceği bir misyonerlik sahnesi olarak kurar.

Sonuç olarak *An Unoccupied Field in Central Asia*, Protestan misyonerlik söyleminin teolojik hedeflerini, oryantalist temsil biçimlerini ve Batılı medeniyet iddialarını iç içe geçiren çok katmanlı bir metindir. Zwemer'in Türkistan anlatısı, misyoner ideolojisinin yalnızca dini hedeflere değil, aynı zamanda modernleşme, kültürel dönüşüm ve siyasal nüfuz arayışlarına eklemlendiğini gösterir. Bu yönüyle eser, misyonerlik-oryantalizm-emperyalizm üçgeninin nasıl işlediğini, hangi semboller ve hangi stratejilerle yeniden üretildiğini anlamak açısından özgün ve önemli bir tarihsel kaynak niteliği taşır.

KAYNAKÇA

Abu-Lughod, L. (2002). "Do Muslim Women Really Need Saving?" *American Anthropologist*, 104(3), 783–790.

Glover, H. Robert. (1924). *The progress of world-wide missions*. New York: George H. Doran Company.

Gündüz, Ş. (2020). "Misyonerlik", Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, *TDV Yayınları,* C 30, 193-199.

Hizmetli, S. (2012). "Orta Asya'da Misyonerlik Faaliyetleri ve Zararlı Dinî Akımlar." M. S. Kafkasyalı (Ed.), *Orta Asya'da İslam: Temsilden Fobiye*, Cilt 3, 1242–1481. Ankara: Türkistan Yayınları.

Hollinger, D. (2017). *Protestants Abroad: How Missionaries Tried to Change the World but Changed America.* Princeton University Press.

Hollinger, D. (2017). *Protestants Abroad: How Missionaries Tried to Change the World but Changed America*. Princeton University Press.

Hunkan, Ö.S. (2012). "X–XIII. Yüzyıllarda Orta Asya'da Türkler ve İslam (Nümizmatik Veriler ve İslam Kaynaklarına Göre)." *38. ICANAS Bildirileri,* Cilt IV, 1615–1629.

Kidd, T. S. (2009). *American Christians and Islam: Evangelical Culture and Muslims from the Colonial Period to the Age of Terrorism.* Princeton University Press.

Said, E. (2010). *Şarkiyatçılık: Batı'nın Şark Anlayışları.* 10. Baskı. İstanbul: Metis Yayınları.

Sharkey, H. J. (2008). *American Evangelicals in Egypt: Missionary Encounters in an Age of Empire*. Princeton University Press.

Taşağıl, A. (2012). "Türkistan." *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi,* Cilt 41, 556–560. İstanbul: TDV Yayınları.

Taşağıl, A. (2017*). Gökbörü'nün İzinde: Kadim Türklerin Topraklarında*. İstanbul: Kronik Kitap.

Turan, Ö. (2000). XIX. yüzyılda Kırım, Kafkasya ve civarında misyonerlik faaliyetleri. *Belleten*, 64(241), 921–948. https://doi.org/10.37879/belleten.2000.921

Wilson, J. C. (1996). "The Apostle to Islam: The Legacy of Samuel Zwemer." *International Journal of Frontier Missions*, 13(4), 165–170.

Yalçınkaya, A. (1994). Pan-Islamizm Tartışmaları Işığında Türkistan (1864–1922) (Doktora tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Zwemer, S. M. (1907). *Islam: A challenge to faith*. New York: Student Volunteer Movement.

Zwemer, S. M. (1910). "An Unoccupied Field in Central Asia." *The Missionary Review of the World, New Series,* Cilt XXXIII (Old Series XXIII), 585–598.

Zwemer, S. M. (1929). *Across the world of Islam*. New York: Fleming H. Revell. (297–313).

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

BAZI BİTKİ EKSTRAKLARININ *Aphis gossypii* GLOVER (HEMIPTERA: APHIDIDAE)'NİN DOĞURĞANLIĞINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI[1]

Şevin ATMACA
Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı
ORCID: 0000-0002-9100-8862

Prof. Dr. Erol BAYHAN
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ORCID: 0000-0002-7579-586X

ÖZET

Pamuk yaprakbiti, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) dünyanın çeşitli alanlarına yayılmış, birçok konukçu bitkide bulunan polifag bir zararlıdır. Pamuk yaprakbiti emgi yaparak doğrudan, ballı madde salgılayarak fumajin oluşturması ve birçok virüs ve virüs benzeri hastalık etmenlerini taşıması nedeniyle de dolaylı olarak zarara neden olmaktadır.

Bu çalışma ile, *A. gossypii*'nin Melia ekstraktı, Neem, Soğan ekstraktı ve Sütleğen bitkisel ekstraktının daldırma ve püskürtme metotlarıyla uygulama yapılmış bireylerde bazı biyolojik parametreler kontrollü laboratuvar koşullarında saptanmıştır. Pamuk yaprakbitinin preadult, Prereproduction time, Reproduction time, Postrereproduction time ve ergin yaşam süreleri, bir dişi bireye ait ortalama yavru sayıları, uygulanan ekstrakların etkileri belirlenmiştir.

Daldırma ve püskürtme metodu kullanılarak uygulama yapılmış Pamuk yaprakbitinin ergin öncesi toplam gelişme süresi sırasıyla, en uzun 6.16 gün ve 6.20 gün ile Soğan ekstraktı uygulamasında, en kısa ise 3.46 gün ve 3.52 gün ile Neem uygulamasında saptanmıştır. Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin Net üreme gücü (R_o) sırasıyla en düşük 0.28 ve 0.28 nimf/dişi değeriyle Neem uygulamasında, en yüksek ise 32.63 ve 33.78 nimf/dişi değeriyle Sütleğen ekstraktı uygulamasında tespit edilmiştir. Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin Ortalama döl süresi (T_o) sırasıyla en uzun 14.48 gün ve 13.99 gün ile Soğan ekstrak uygulamasında, en kısa süreyi ise 8.41 ve 8.24 gün ile Neem uygulamasında tamamlamıştır. Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış A. gossypii bireylerinin Kalıtsal üreme yeteneği (r_m) değeri sırasıyla en yüksek Sütleğen ekstraktı uygulamasında 0.309136 ve 0.314678 değeri tespit edilmiş, en düşük ise Neem uygulamasında -0.146208 ve -0.148943 olarak bulunmuştur. Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin Yavru sayısı en çok 1958 ve 2003 adet ile Sütleğen ekstraktı uygulamasında, en az yavru sayısı ise Neem uygulamasında 17 ve 23 adet olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış *A. gossypii* bireylerinden elde edilen sonuçlar (T_o, r_m, R_o ve üreme süresi vb. parametreler) incelendiğinde en etkili uygulama sonucunun Neem uygulamalarında elde edildiği belirlenmiştir. Bu sonucu takip eden bitkisel uygulamanın Melia ekstrakt uygulamasında görüldüğü tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Aphis gossypii*, Pamuk, Bitki ekstraktı, Doğurganlık, Yaşam çizelgesi.

[1] Bu çalışma, ''Bazı Bitki Ekstraklarının Aphis gossypii Glover (Hemiptera: Aphididae)'nin Doğurğanlığına Etkisinin Araştırılması'' adlı Yüksek Lisans tezinden üretilmiş olup, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü'nce (Proje Numarası: FBE.21.020) desteklenmiştir.

EFFECT OF SOME PLANT EXTRACTS ON FECUNDITY OF *Aphis gossypii* GLOVER (HEMIPTERA: APHIDIDAE)

ABSTRACT

Cotton aphid is a polyphagous pest found on many host plants, distributed in various areas of the world. *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) causes damage directly by sucking, and indirectly because it produces fumagin by secreting honeyed substances and carries many viruses and virus-like disease factors.

In this study, some biological parameters were determined under controlled laboratory conditions in individuals treated with Melia extract, Neem, Onion extract and Euphorbia herbal extract of *A. gossypii* by dipping and spraying methods. Preadult, Prereproduction time, Reproduction time, Postreproduction time and adult life span of cotton aphid, average number of offspring of a female individual, the effects of applied extracts were determined.

Total pre-adult development time of the cotton aphid, which was applied using dipping and spraying methods, was determined as the longest 6.16 days and 6.20 days in Onion extract application, and the shortest in Neem application with 3.46 days and 3.52 days. Net reproductive power (R_o) of *A. gossypii* individuals applied by immersion and spraying method was determined the lowest in Neem application with 0.28 and 0.28 nymph/female values, respectively, and the highest in Euphorbia extract application with 32.63 and 33.78 nymph/female values. Mean reproductive period (T_o) of *A. gossypii* individuals who were applied dipping and spraying method, completed the longest with 14.48 days and 13.99 days, respectively, in Onion extract application, and the shortest time in Neem application with 8.41 and 8.24 days. Intrinsic rate of natural increase (r_m) values of *A. gossypii* individuals were applied dipping and spraying method were found to be 0.309136 and 0.314678 in Euphorbia extract application, respectively, and the lowest values were found as -0.146208 and -0.148943 in Neem application. The number of offspring of *A. gossypii* individuals who were applied dipping and spraying method was calculated as 1958 and 2003 with the highest number of offspring in Euphorbia extract application, while the minimum number of offspring was calculated as 17 and 23 in Neem application.

In this study, when the results (T_o, r_m, R_o and reproduction time, etc. parameters) obtained from *A. gossypii* individuals with dipping and spraying method were examined, it was determined that the most effective application result was obtained in Neem applications. It was determined that the herbal application following this result was observed in the Melia extract application.

Keywords: *Aphis gossypii*, Cotton, Plant extract, Fecundity, Life table

GİRİŞ

Pamuk dünyada ve ülkemizde önemli bir kültür bitkisi olup, endüstride çok farklı şekillerde değerlendirilmektedir. Pamuk, tekstil sanayinin önemli bir hammaddesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte çekirdeği yağ sanayisinde ve küspesi de yem sanayinde kullanılmakta olan önemli bir endüstri bitkisidir. Ayrıca ithalat ve ihracatta önemli bir yere sahip olup, oldukça büyük istihdam olanağı da sunmaktadır. Ülkemizde yetiştirilen pamuğun yaklaşık % 56'sı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilmektedir. Son yıllarda Bölgede önemli bir gelir kaynağı olan pamuğun yetiştirme sezonunda ortaya çıkan Bitki Koruma sorunlarından (Zararlı, hastalık ve yabancı ot gibi faktörler) dolayı ciddi oranlarda pestisit kullanımı söz konusudur (Bayhan ve Ölmez Bayhan, 2022; Bayhan ve Ölmez Bayhan, 2023a; Bayhan ve Ceylan, 2024). Bölgedeki ilaç bayileriyle yapılan bir anket çalışmasında insektisit kullanımının ilk sırada yer aldığı görülmektedir (Bayhan ve Kaplan, 2016; Bayhan ve Kaplan, 2017).

Pamukta birim alandan elde edilecek ürün ne kadar artırılırsa artırılsın bilinçli bir mücadele yapılmadığı sürece hastalık, zararlı ve yabancı otlar nedeniyle ürünün önemli bir bölümü kayba uğramaktadır (Bayhan ve Ölmez Bayhan, 2022). Pamuk üretim sezonunda birçok bitki koruma sorunlarıyla karşılaşılmaktadır. Özellikle bazı zararlı etmenler ekonomik anlamda pamuk veriminde önemli kayıpların ortaya çıkmasına neden olmaktadırlar. Bu zararlı olan etmenlerden biri de Pamuk yaprakbiti, *Aphis gossypii* Glover'dir. Pamuk yaprakbiti dünyanın çeşitli alanlarına yayılmış, birçok konukçu bitkide bulunan polifag bir zararlıdır (Blackman ve Eastop, 1985). *A. gossypii* emgi yaparak doğrudan, ballı madde salgılayarak fumajin oluşturması ve birçok virüs ve virüs benzeri hastalık etmenlerini taşıması nedeniyle de dolaylı olarak zarara neden olmaktadır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde son yıllarda bilinçsizce kullanılan kimyasalların kalıntı sorunu, insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir (Bayhan ve Ceylan, 2024). Diyarbakır, Mardin ve Şanlıurfa illerinin büyük oranda pamuk ekimi yapılan alanlarda zararlılara karşı pestisit kullanımı oldukça fazladır. Ayrıca pestisit kullanılan pestisitlerin büyük bir kımının bilinçsiz ve gereksiz kullanıldığı bilinmektedir. Bilinçsiz ve gereksiz kullanılan pestisitler çevre ve insan sağlığını tehdit etmektedir (Kurt ve Bayhan, 2019; Bayhan ve Ölmez Bayhan, 2022; Bayhan ve Ölmez Bayhan, 2023a; Bayhan ve Ceylan, 2024). Sentetik kimyasal mücadele yöntemlerine çeşitli alternatif yöntemler bulunmaktadır (Bayhan, 2021; Bayhan ve Ölmez Bayhan, 2021; Bayhan ve Ölmez Bayhan, 2023b). Günümüzde tarımsal zararlılar ile mücadelede tarımsal ekosistem içerisinde yer alan türleri elemine etmeden, zararlı etmen popülasyonunu ekonomik zarar düzeyinin altında tutmayı ve çevre kirlenmesini en aza düşürmeyi amaçlayan tüm tarımsal mücadele programlarının geliştirilmesi üzerinde çalışmalar sürmektedir (Schmutterer, 1990; Bollhalder ve ark., 1997; Gopal ve Senguttuvan, 1997; Kulat ve ark., 1997; Losch ve ark., 1998; Upadhyay ve ark., 1999; Dos Santos ve ark., 2004; Ölmez-Bayhan ve ark., 2006; Bahar ve ark., 2007; Hafız, 2008; Pavela ve ark., 2009; González ve ark., 2011; Andrade ve ark., 2012; Yi ve ark., 2012; Salaria ve ark., 2012; Mohamad ve ark., 2013; Özçelik ve ark., 2013; Pinto ve ark., 2013; Souza ve ark., 2015; Nia ve ark., 2015; Ulusoy ve ark., 2019; Hossain ve ark., 2021). *A. gossypii* gibi zararlıların bitkilerde birçok yönden zararlı olmaları ve kısa zamanda koloniler oluşturması nedeniyle bunlara karsı mücadelede alternatif mücadele yöntemlerinin araştırılması son derece önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı; *A. gossypii* mücadelesinde kimyasal maddelere alternatif yöntemler içerisinde yer alan bitki ektraktrakların etkisinin araştırılması ve ayrıca doğa dostu bu tür ümitvar olabilecek bitkisel ekstrakların ortaya çıkartılması amacıyla yürütülmüştür.

YÖNTEM

Laboratuvar ortamında yürütülen bütün çalışmaların ortam sıcaklığı 25±1 °C, ortam orantılı nem oranı ise % 65±5 ve ışıklandırma ise 16:8 saat A:K şeklinde ayarlanmış kontrollü koşullarda yapılmıştır. Pamuk yaprakbiti ve bitki üretimi aynı sabit koşullarda ayrı ayrı olarak üretim kafeslerinde yapılmıştır.

Aphis gossypii Üretimi

Çalışmada kullanılan *A. gossypii* bireyleri Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisindeki bulaşık pamuk bitkilerinden toplanmıştır. Laboratuvara getirilen Pamuk yaprakbiti bireyleri kontrollü laboratuvar koşullarında (25±1 °C sabit sıcaklık, ortam % 65 ± 5 nispi nem ve 16:8 saat ışıklandırma ortamında) üretimin yapılabilmesi için steroskobik binoküler mikroskop altında incelenerek parazitoidli olan ve şüphelenilen bireyler ayıklanmıştır. Daha önce iki ayrı kafeslerde (55x55x60 cm boyutlarında) üretimi yapılan pamuk fidelerine (MAY ST 468 pamuk çeşidi) yaprakbiti bireylerin salımı yapılmıştır. Kafeslere salınan bu bireyler günlük olarak kontrol edilmiştir.

Ayrıca iki haftada bir kafes içerisine 2-3 adet pamuk fidelerinin ekili olduğu saksılar bulaşma olması amacıyla eski saksılara yanına yerleştirilmiştir. Bu işlemler aksatılmadan ve günlük gözlemler yapılarak yaprakbiti üretimi bir döl verdikten sonra kafesteki bireyler denemelerde kullanılmıştır.

Bitki Üretimi

Laboratuvar şartlarında (% 65±5 orantılı nem, 25±1 °C sıcaklık ve 16:8 saat A:K) yürütülen denemede MAY ST 468 pamuk çeşidi kullanılmıştır. Tohumlar saksılara 2-3 adet olacak şekilde ekilmiştir. Çimlenen pamuk fidelerin bakım işleri (Sulama vb) işlemleri yapılmıştır. Pamuk ekimleri 2 hafta aralılarla yapılmıştır.

Bitki Ekstraklarının Hazırlanması

Denemelerde kullanılan bitki ekstrakları aşağıda belirtilen şekillerde elde edilmiştir.

Soğan Ekstraktının Hazırlanması: Sarı renkteki soğandan 50 gr tartıldıktan sonra bıçak yardımıyla çok küçük parçalara ayrılmıştır. Daha sonra soğan parçaları 2.5 L hacmindeki plastik kavanozlara yerleştirilmiş ve üzerine 1 litre saf su ilave edilmiştir. Plastik pet kavanozun ağzı kapatıldıktan sonra iki gün karaklık oda koşullarında iki gün bekletilmiştir. Tülbet ile süzülen iki gün bekletilmiş karışım buzdolabında (+4 °C'de) saklanmıştır. Uygulama yapılacağı zaman buzdolabından çıkartılan ekstrakt 1/10 oranında saf su ile karıştırılıp çözelti haline getirilmiştir. Daha sonra bu karışım daldırma ve püskürtme metotlarına göre kullanılmıştır.

Zamzalak (Tesbih ağacı) Ekstraktının Hazırlanması: Dicle Üniversitesi kampüsündeki Zamzalak (Tespih ağacı) yaprakları 100 gr olarak tartıldıktan sonra keskin bir bıçak kullanılarak çok küçük parçalara ayrılmıştır. Bu parçalanmış yapraklar plastik bir pet şişeye bırakıldıktan sonra üzerine 1 litre saf su eklenmiştir. Plastik pet kavanozun ağzı kapatıldıktan sonra iki gün karaklık oda koşullarında iki gün bekletilmiştir. Tülbet ile süzülen iki gün bekletilmiş karışım buzdolabında (+4 °C'de) saklanmıştır. Uygulama yapılacağı zaman buzdolabından çıkartılan ekstrakt 1/10 oranında saf su ile karıştırılıp çözelti haline getirilmiştir. Daha sonra bu karışım daldırma ve püskürtme metotlarına göre kullanılmıştır.

Sütleğen (Euphorbia peplis L.) Ekstraktının Hazırlanması: Dicle Üniversitesi Kampüs alanlarındaki sütleğen (Euphorbia peplis) bitkileri kökleriyle birlikte toplanmış ve kesekâğıtlarına konulmuştur. Laboratuvara getirilen sütleğen bitkileri Hassas terazixde 100 gr olarak hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra keskin bir bıçak kullanılarak sütleğenler küçük parçalara ayrılmış ve bu parçalar 2.5 litre kapasiteli plastik pet şişelere yerleştirilmiştir. Bu pet şişeye 1 litre saf su ilave edilmiş ve iki gün boyunca karanlık bir odada bekletilmiştir. Daha sonra tülbet ile süzülen bu ekstrak uygulama yapılıncaya kadar buzdolabında (+4 °C'de) saklanmıştır. Uygulama yapılacağı zaman buzdolabından çıkartılan ekstrakt 1/10 oranında saf su ile karıştırılıp çözelti haline getirilmiştir. Daha sonra bu karışım daldırma ve püskürtme metotlarına göre kullanılmıştır.

Azadiracthin etkili maddeli ilaç: *Azadirachta indica* ağacından elde edilen Azadirachtin etkili madde ticari olarak çeşitli isimler altında satılmaktadır. Bu etkili madde içeren ticari preparatlardan biri de Neemazal isimli ticari preparattır. Bu ilaçtan 100 litre suya 150 ml doz önerisinde hazırlanmıştır. Daha sonra bu karışım daldırma ve püskürtme metotlarına göre kullanılmıştır.

Püskürtme ve Daldırma Metodu Uygulanan *Aphis gossypii*'nin Bazı Biyolojik Parametrelerinin Belirlenmesi

Laboratuvar koşullarında (25±1 ºC sabitsıcaklık, % 65±5 nispinem ortamı ve ortam aydınlatmasının 16:8 saat A:K) MAY ST 468 pamuk çeşidi üzerinde *A. gossypii*'nin biyolojik parametreleri iklim dolaplarında yürütülmüştür. Bu amaç ile Alt Bölüm 3.1'de bahsedildiği gibi Pamuk yaprakbitinin F1 bireyleri elde edilmiştir. F_1 bireylerden de F_2 bireylerin dölüne ait bireyler laboratuvar koşullarında yürütülen tüm denemlerde kullanılmıştır. F_2 dölüne ait yeni doğmuş bir günlük her bir yavru tek tek 1.5 cm yükseklik ve 9 cm çapındaki petri çerisine daha önceden bitki ekstraktı el spreyi püskürtme cihazıyla (kontrol muamelesinde saf su uygulanmıştır) 20 saniye süreyle petrilere alt yüzü üstte olacak şekilde petrilere yerleştirilen pamuk yapraklarına 000 numaralı samur fırça kullanılarak bırakılmış bireye püskürtülmüştür. Petri kutularının alt kısmına önceden kurutma kâğıdı bırakılmıştır. Petri kapağı kapatılmadan önce de pisset yardımıyla saf su ile kurutma kağı ıslatılmıştır. Petri nemi günlük olarak sayım yapıldığında kontrol edilmiş ve gerek duyulduğunda da pisset ile kurutma kâğıdı ıslatılmıştır. Petri kapağı kapatıldıktan sonra kontrollü koşullarda çalışan (25±1 ºC sabitsıcaklık, % 65±5 nispinem ortamı ve ortam aydınlatmasının 16:8 saat A:K) bitki büyütme kabinine yerleştirilmiştir. Çalışma boyunca denemede kullanılan petriler günde bir kez kontrol edilmiştir. Bu kontrollerde eğer nimfler gömlek değiştirmişse gömlekler samur fırça yardımıyla petrilerden uzaklaştırılmıştır. Gömlek değiştiren bireyler bir sonraki döneme geçmiş olarak kaydedilmiş ve ve diğer dönemdeki bireyler ise aynı dönem olarak kayıt alınmıştır. Birey ergin olduktan sonra da günlük gözlemlerde petride yeni doğmuş yavrular varsa samur fırça kullanılarak petrilerden uzaklaştırılmıştır. Yavru sayıları ilgili petri verilerine yazılıp kayıt altına alınmıştır. Ergin ölünceye kadar günlük kontroller devam etmiştir. Deneme 4 muamele, her bir muamele 20 petridenoluşmuş ve 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Kontrol uygulamalarında ise sadece saf su uygulanmıştır. Tüm sayımlar steroskobik binoküler mikroskop altında yapılmıştır. Günlük yapılan sayımlardan elde edilen verilerden ergin yaşam ömrü, nimf dönemi, döl süresi, kalıtsal üreme yeteneği, ergin öncesi toplam süre, net üreme gücü, yavru sayısı, üreme öncesi dönem, üreme dönemi, üreme sonrası dönemler gibi çeşitli biyolojik parametreler ortaya çıkartılmıştır.

Daldırma metodu kullanılarak yapılan çalışmalarda kullanılan Pamuk yaprakbiti bireyleri laboratuvarda üretilen yaprakbiti bireylerinden alınmıştır. Çalışmada ele alınan herbir bitki ekstraktı belirtilen şekilde dozlar hazırlanmıştır. Pamuk yaprakları herbir muamele için hazırlanmış dozlar içeren ortama 20 saniye süreyle daldırılmıştır. Daha sonra pamuk yaprakları kurutma kâğıtları üzerine serilmiş ve yaklaşık 10 dakika kurutulmaya bırkılmıştır. Bu yapraklar alt kısmına kurutma kâğıdı bırakılmış petrilere yerleştirilmiştir. Her bir petriye F_2 dölüne ait 1 adet bir günlük birey bırakılmıştır. Her bir muamele için 20 adet birey ve 3 tekerrürlü olacak şekilde toplam 60 adet birey kullanılmıştır. Yapraklarda deformasyonlar gözlenince aynı şekilde muamele edilmiş yeni pamuk yapraklarıyla değiştirilmiştir. Petri nemi günlük olarak kontrol edilmiş ve gerek duyulduğunda da pisset ile kurutma kâğıdı ıslatılmıştır. Daldırma denemelerinde 4 muamele (Soğan, Tespih ağacı, sütleğen Azadirachtin ve Kontrol muamelesi), her bir muamele 20 adet bireye uygulanmış ve 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Günlük yapılan gözlem ve sayımlarla ölen bireyler ve gömlek değiştiren yaprakbiti bireyleri kaydedildikten sonra ölen birey ve gömlek ortamdan uzaklaştırılmıştır. Kontrol uygulamalarında ise sadece saf su uygulanmıştır. Tüm sayımlar steroskobik binoküler mikroskop altında yapılmıştır.

Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmalardan elde edilen günlük sayımlara dayalı veriler bigisayarda Excel programı kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Aynı program ile eldeki veriler düzenlenmiştir. Daha sonra hazır istatistiksel paket program olan SPSS 17.0 version kullanılmış ve veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. İstatiksel açıdan ortalamalar arasında bir fark belirlendiğinde çoklu karşılaştırma testleriyle de bu karşılaştırmalar yapılmıştır. Analiz işlemleri sonucunda ulaşılan değerler tek yönlü varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Yaşam çizelgeleri parametrelerini elde etmek amacıyla; Birch (1948)'ün önerdiği, Howe (1953) ve Watson (1964)'ın geliştirdiği formüle göre oluşturulmuştur. Yaşam çizelgesindeki verilerden, temel ekolojik parametre olan kalıtsal üreme yeteneği, r_m; $\Sigma e\text{-}r_m.x.l_x.m_x=1$ eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Formülde (e), doğal logaritma tabanını; (x), dişi bireylerin gün olarak yaşını; (l_x), x yaştaki bireylerin 1'e göre canlılık oranını, (mx) ise günlük dişi başına bırakılan dişi yavru sayısını göstermiştir. Diğer parametre olan Ro ise, (lx) ve (mx) değerlerinin günlük çarpımlarının toplamı ile oluşturulmuştur. Bu çalışmalardan elde edilen veriler ortalama döl süresi Laing (1968) eşitliğinden To = loge Ro/rm elde edilmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri uygun programlarla (Twosex programı) analiz edilmiştir (Chi, 1997).

BULGULAR

Bazı Bitkisel Ekstraktların Pamukta Beslenen Aphis gossypii'nin Ergin Ömrü ve Ergin Öncesi Gelişme Dönemlerine Olan Etkisi

Doğada yaşayan canlıların çeşitli biyolojik dönemlerine ve biyolojik parametrelerine birçok faktör etki yapmaktadır. Bu faktörler cansız ve ve canlı faktörler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hayvanlar âleminde önemli yer tutan böceklerin de biyolojik parametrelerine (Canlılık oranı, döl sayısı, üreme süresi, gelişme süreleri, yavru sayısı ve doğurganlık oranı, yavru sayıları vb.) canlı ve cansız faktörlerin etki ettiği yapılan birçok bilimsel araştırma ile ortaya konulmuştur. Fitofag bir böceğin özellikle döl sayısı ve doğurganlığı konukçu bitkide yapacağı zarar açısından çok önemli olduğu bilinmektedir. Özellikle fitofag bir böceğe ait biyolojik parametrelerin bilinmesi konukçu bitkide oluşturacağı zarar konusunda önemli bilgiler içermektedir. Dolayısıyla böceğe ait biyolojik parametreler aynı zamanda mücadele konusunda da önemli olduğunu belirtmek gerekir.

Bu çalışmada daldırma ve püskürtme uygulamasına göre *Aphis gossypii*'nin pamukta ergin öncesi ve ergin yaşam süreleri Tablo 1 ve 2'de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

Çalışmada iki farklı uygulamadan biri olan daldırma metoduna göre bazı bitkisel ekstraklar uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin ergin ve ergin öncesi gelişme dönemlerine ait elde edilmiş veriler Tablo 1'de belirtilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde daldırma metodu esas alınıp Melia, Neem, Soğan, Sütleğen ekstrakları uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin birinci larva gelişme süreleri sırasıyla 2.06, 1.8, 2.16 ve 1.90 günde tamamlamışlardır. Birinci larva döneminin 1.88 gün ile Neem uygulanan bireylerde en kısa sürede tamamladıkları, en uzun süre ise 2.06 gün ile Melia ekstraktı uygulananlarda saptanmıştır (Tablo 1). İkinci larva süreleri Tablo 1'de görüldüğü gibi aralarında istatistiksel açıdan farklılıkların olduğu görülmektedir. İkinci larva gelişme süreleri sırasıyla 1.50, 1.25, 1.76 ve 1.65 gün olarak tamamladıkları tespit edilmiştir. İkinci nimf dönemini en kısa 1.25 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 1.71 gün ile Soğan ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 1). Üçüncü larva gelişme süreleri sırasıyla 0.90, 0.26, 1.20 ve 1.26 gün olarak tamamladıkları tespit edilmiştir. Üçüncü nimf dönemini en kısa 0.26 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 1.26 gün ile Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 1). Dördüncü larva gelişme süreleri sırasıyla 0.71, 0.06, 1.08 ve 1.16 gün olarak tamamladıkları tespit edilmiştir.

Dördüncü nimf dönemini en kısa 0.06 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 1.16 gün ile Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 1). Ergin öncesi toplam gelişme süreleri sırasıyla 5.18, 3.46, 6.16 ve 5.98 gün olarak tamamlamışlardır. Ergin öncesi toplam gelişme dönemini en kısa 3.46 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 6.16 gün ile Soğan ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 1). Ergin yaşam süreleri sırasıyla 9.53, 0.25, 18.20 ve 16.85 gün olarak tamamlamışlardır. Ergin yaşam süresini en kısa 0.25 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 18.20 gün ile Soğan ekstraktı uygulanan bireylerde tespiti yapılmıştır.(Tablo 1).

Tablo 1. **Daldırma Metodu Uygulaması esasına göre *Aphis gossypii*'nin pamukta Ergin Öncesi ve Ergin Ömrü (Gün)***

	Melia Ekstraktı	**Neem (1.5ml)**	**Soğan Ekstraktı**	**Sütleğen Ekstraktı**	**Kontrol**
I. nimf	2.066 ± 0.081 ab	1.883 ±0.098 a	2.166 ± 0.081 b	1.900 ±0.065 a	2.033 ±0.088 ab
II. nimf	1.500±0.145 ab	1.25 ± 0.139 a	1.716 ±0.103 b	1.650 ±0.081 b	1.8 ±0.088 b
III. nimf	0.900 ± 0.102 b	0.266±0.088 a	1.200±0.097 c	1.266 ±0.078 c	1.583±0.072 d
IV. nimf	0.716 ± 0.089 b	0.066±0.032 a	1.083 ±0.086 c	1.166 ±0.075 c	1.616±0.086 d
Ergin Ön. Top. Gelişme Süresi	5.1833±0.249 b	3.466± 0.186 a	6.166±0.207 c	5.983 ± 0.141 c	7.033 ± 0.174 d
Ergin Yaşam Süresi	9.533±1.367 b	0.25±0.143 a	18.2±1.241 c	16.85±1.124 c	20.766±0.789 d

* Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan testine göre istatistikî olarak önemlidir (p< 0.05).

Çalışmada iki farklı uygulamadan biri olan püskürtme metoduna göre bazı bitkisel ekstraklar uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin ergin ve ergin öncesi gelişme dönemlerine ait elde edilmiş olup Tablo 4.2'de belirtilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde püskürtme metoduna göre Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen ekstrakları uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin birinci larva gelişme süreleri sırasıyla 2.03, 1.85, 2.13 ve 1.91 günde tamamlamışlardır. Birinci larva döneminin 1.85 gün ile Neem uygulanan bireylerde en kısa sürede tamamladıkları, en uzun süre ise 2.13 gün ile Soğan ekstraktı uygulananlarda saptanmıştır (Tablo 2). İkinci larva süreleri Tablo 2'de görüldüğü gibi aralarında istatistiksel açıdan farklılıkların olduğu görülmektedir. İkinci larva gelişme süreleri sırasıyla 1.49, 1.26, 1.72 ve 1.68 gün olarak tamamladıkları tespit edilmiştir. İkinci nimf dönemini en kısa 1.26 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 1.72 gün ile Soğan ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 2). Üçüncü larva gelişme süreleri sırasıyla 1.02, 0.32, 1.23 ve 1.24 gün olarak tamamladıkları tespit edilmiştir. Üçüncü nimf dönemini en kısa 0.32 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 1.24 gün ile Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 2). Dördüncü larva gelişme süreleri sırasıyla 0.68, 0.09, 1.00 ve 1.10 gün olarak tamamladıkları tespit edilmiştir. Dördüncü nimf dönemini en kısa 0.09 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 1.10 gün ile Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 2). Ergin öncesindeki toplam gelişim süreleri sırasıyla 5.16, 3.52, 6.20 ve 5.89 gün olarak tamamlamışlardır. Ergin öncesi toplam gelişme dönemini en kısa 3.52 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 6.20 gün ile Soğan ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 2). Ergin yaşam süreleri sırasıyla 9.60, 0.27, 18.18 ve 16.89 gün olarak tamamlamışlardır. Ergin yaşam süresini en kısa 0.27 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 18.18 gün ile Soğan ekstraktı uygulanan bireylerde olduğu gözlemlenmiştir.(Tablo 2).

Tablo 2. Püskürtme Metodu Uygulamasına göre *Aphis gossypii*'nin pamukta Ergin Öncesi ve Ergin Ömrü (Gün)*

	Melia Ekstraktı	**Neem (1.5ml)**	**Soğan Ekstraktı**	**Sütleğen Ekstraktı**	**Kontrol**
I. nimf	2.03 ± 0.065 ab	1.857±0.079 a	2.134± 0.035 b	1.911 ±0.058 a	2.086 ±0.061 ab
II. nimf	1.499±0.204 ab	1.26 ± 0.854 a	1.723±0.864 b	1.681 ±0.091 b	1.870 ±0.068 b
III. nimf	1.021 ± 0.211 b	0.325±0.075 a	1.232±0.086 c	1.243±0.074 c	1.566±0.072 d
IV. nimf	0.686 ± 0.078 b	0.092±0.067 a	1.003 ±0.072 c	1.108 ±0.055 c	1.687±0.084 d
Ergin Ön. Top. Gelişme Süresi	5.168±0.324 b	3.521± 0.214 a	6.204±0.198 c	5.897 ± 0.151 c	7.042 ± 0.168 d
Ergin Yaşam Süresi	9.604±1.674 b	0.27±0.245 a	18.187±1.312 c	16.89±1.204 c	20.853±0.845 d

* Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan testine göre istatistikî olarak önemlidir ($p< 0.05$).

Çalışmada bazı bitkisel ekstrakların iki farklı uygulama (daldırma ve püskürtme yöntemi) yöntemlerin *A. gossypii* bireylerinin ergin ve ergin öncesi gelişme dönemlerine uygulanmıştır. Bu iki yöntem uygulamalarından elde edilen veriler incelendiğinde *A. gossypii*'nin her bir biyolojik dönemine etkisinin olduğu görülmektedir (Tablo 1 ve 2).

Bazı Bitkisel Ekstrakların *Aphis gossypii*'nin Yaşam Çizelgesi Parametrelerine Etkisi

Böceklerin aşırı çoğalmasını etkileyen canlı faktörler önemli olduğu kadar cansız faktörlerin de önemli olduğu bilinmektedir. Konukçu bitkinin dokusu, konukçu bitkinin rengi, konukçu bitkinin besin kalitesi, konukçu bitkinin biyokimyasal yapısı konukçu bitkiden bitkiye değişiklik göstermektedir. Bu durumda özellikle fitofag böceklerin biyolojik parametrelerine olumlu veya olumsuz etki yaptığı bilinmektedir. Yaşam çizelgesi parametreleri uygulamalı entomolojide önemli verileri içermektedir.

Bu çalışmada bitkisel ekstrak uygulanmış *A. gossypii* bireylerinden elde edilen bazı biyolojik parametreler (R_0, T_0, r_m) hesaplanmış ve Tablo 3 ve 4'te belirtilmiştir.

Daldırma metoduna göre Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen ekstrakları uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin Ortalama döl süresi T_0 değerleri sırasıyla 14.49, 8.41, 14.12 ve 13.35 gün olarak hesaplanmıştır. T_0 değeri en kısa 8.41 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 14.49 gün ile Melia ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 3). Net Üreme Oranı R_0 değerleri sırasıyla 16.15, 0.28, 29.52 ve 32.63 olarak hesaplanmıştır. R_0 değeri en kısa 0.28 olarak Neem uygulamasında, en uzun ise 32.63 olarak Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde olduğu gözlemlenmiştir. (Tablo 3). r_m değerleri 0.240527, -0.146208, 0.287929 ve 0.309106 olarak hesaplanmıştır. r_m değeri en kısa -0.146208 ile Neem uygulamasında, en uzun ise 0.309106 olarak Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Daldırma Metodu Uygulanan *Aphis gossypii*'nin pamukta Bazı Biyolojik Parametreleri*

Biyolojik Parametreler	Melia Ekstraktı	Neem (1.5ml)	Soğan Ekstraktı	Sütleğen Ekstraktı	Kontrol
Ort. Döl Süresi (T_o)	14.49	8.41	14.12	13.35	16.19
Net Üreme Oranı (R_o)	16.15	0.28	29.52	32.63	50.23
Kalıtsal Üreme Yeteneği (r_m)	0.240527	-0.146208	0.287929	0.309106	0.305075

* * Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan testine göre istatistikî olarak önemlidir (P< 0.05).

Püskürtme metoduna göre Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen ekstrakları uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin Ortalama döl süresi T_0 değerleri sırasıyla 13.92, 8.24, 13.99 ve 13.27 gün olarak hesaplanmıştır. T_0 değeri en kısa 8.24 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 13.99 gün ile Soğan ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 4). Net Üreme Oranı R_0 değerleri sırasıyla 14.68, 0.28, 30.77 ve 33.78 olarak hesaplanmıştır. R_0 değeri en kısa 0.28 olarak Neem uygulamasında, en uzun ise 33.78 olarak Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 3). r_m değerleri 0.235056, -0.148943, 0.293828 ve 0.314678 olarak hesaplanmıştır. r_m değeri en kısa -0.148943 olarak Neem uygulamasında, en uzun ise 0.314678 değeri olarak Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde saptanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Püskürtme Metodu Uygulanan *Aphis gossypii*'nin pamukta Bazı Biyolojik Parametreleri*

Biyolojik Parametreler	Melia Ekstraktı	Neem (1.5ml)	Soğan Ekstraktı	Sütleğen Ekstraktı	Kontrol
Ort. Döl Süresi (T_o)	13.92	8.24	13.99	13.27	16.11
Net Üreme Oranı (R_o)	14.68	0.28	30.77	33.78	51.43
Kalıtsal Üreme Yeteneği (r_m)	0.235056	-0.148943	0.293828	0.314678	0.308529

* * Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan testine göre istatistikî olarak önemlidir (P< 0.05).

Bazı Bitkisel Ekstrakların *Aphis gossypii*'nin Üreme Öncesi Süresine Olan Etkisi

Daldırma metoduna göre Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen ekstrakları uygulanmış bireylerinin sırasıyla üreme öncesi süreleri 0.65, 0.0, 0.86 ve 0.91 gün olarak tamamlamışlardır. Üreme öncesi süre en kısa 0.0 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 0.91 gün ile Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 5). Püskürtme metoduna göre Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen ekstrakları uygulanmış bireylerin sırasıyla üreme öncesi süreleri 0.72, 0.0, 0.91 ve 0.98 gün olarak tamamlamışlardır. Üreme öncesi süre en kısa 0.0 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 0.98 gün ile Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 6).

Bazı Bitkisel Ekstrakların *Aphis gossypii*'nin Üreme Süresine Olan Etkisi

Daldırma metoduna göre Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen ekstrakları uygulanmış bireylerin üreme süreleri sırasıyla 1.93, 0.05, 3.61 ve 3.46 gün olarak tamamlamışlardır. Üreme süresi en kısa 0.05 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 3.61 gün ile Soğan ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 5). Püskürtme metoduna göre Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen ekstrakları uygulanmış bireylerin üreme öncesi süreleri sırasıyla 1.98, 0.06, 3.78 ve 3.54 gün olarak tamamlamışlardır. Üreme süresi en kısa 0.06 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 3.78 gün ile Soğan ekstraktı uygulanan bireylerde tespit edilmiştir (Tablo 6).

Bazı Bitkisel Ekstrakların *Aphis gossypii*'nin Üreme Sonrası Süresine Olan Etkisi

Daldırma metoduna göre Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen ekstrakları uygulanmış bireylerin sırasıyla üreme sonrası süreleri 0.65, 0.0, 0.86 ve 0.91 gün olarak tamamlamışlardır. Üreme öncesi süre en kısa 0.0 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 0.91 gün ile Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde saptanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Daldırma Metodu Uygulanan *Aphis gossypii*'nin pamukta Doğurganlık Parametreleri*

Biyolojik Parametreler	Melia Ekstraktı	Neem (1.5ml)	Soğan Ekstraktı	Sütleğen Ekstraktı	Kontrol
Üreme Öncesi	0.65±0.341 ab	0 ±0 a	0.866 ±0.407 ab	0.916 ±0.333 b	0.816 ±0.131 ab
Üreme	1.93±0.33 b	0.05 ±0.0283 a	3.616±0.423 c	3.4667±0.455 c	2.7±0.404 bc
Üreme Sonrası	9.533±1.367 b	0.2±0.115 a	13.700±1.071 c	16.85±1.124 d	17.266±0.761 d
Yavru Sayısı	720	17	1771	1958	2999

* * Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan testine göre istatistikî olarak önemlidir (P< 0.05).

Püskürtme metoduna göre Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen ekstrakları uygulanmış bireylerin üreme öncesi süreleri sırasıyla 9.53, 0.2, 13.70 ve 16.85 gün olarak tamamlamışlardır. Üreme sonrası süre en kısa 0.2 gün Neem uygulamasında, en uzun ise 16.85 gün ile Sütleğen ekstraktı uygulanan bireylerde hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Püskürtme Metodu Uygulanan *Aphis gossypii*'nin pamukta Doğurganlık Parametreleri*

Biyolojik Parametreler	Melia Ekstraktı	Neem (1.5ml)	Soğan Ekstraktı	Sütleğen Ekstraktı	Kontrol
Üreme Öncesi	0.72±0.278 ab	0 ±0 a	0.917 ±0.632 ab	0.983 ±0.451 b	0.934 ±0.217 ab
Üreme	1.98±0.47 b	0.06 ±0.037 a	3.782±0.621 c	3.546±0.374 c	2.68±0.364 bc
Üreme Sonrası	9.487±1.675 b	0.28±0.257 a	13.967±1.546 c	17.241±1.316 d	18.149±0.854 d
Yavru Sayısı	754	23	1864	2003	3118

* * Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan testine göre istatistikî olarak önemlidir (P< 0.05).

SONUÇ

Bu çalışmada, pamuk ekim alanlarında ekonomik yönden ana bir zararlı olan *Aphis gossypii*'nin Melia, Neem, Soğan ve Sütleğen bitkisel ekstraktların daldırma ve püskürtme metotlarıyla uygulama yapılmış bireylerde bazı biyolojik parametreleri ortaya çıkarılmıştır.

Bu araştırmadan elde edilmiş verilere göre aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır. Bunları şöyle özetleyebiliriz;

-Daldırma ve püskürtme metodu kullanılarak uygulama yapılmış Pamuk yaprakbiti`nin ergin öncesindeki toplam gelişmesüresi sırasıyla, en uzun 6.16 gün ve 6.20 gün ile Soğan ekstraktı uygulamasında, en kısa ise 3.46 gün ve 3.52 gün ile Neem uygulamasında saptanmıştır.

-Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin Net üreme gücü (R_0) sırasıyla en düşük 0.28 ve 0.28 nimf/dişi değeriyle Neem uygulamasında, en yüksek ise 32.63 ve 33.78 nimf/dişi değeriyle Sütleğen ekstraktı uygulamasında tespit edilmiştir.

-Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin Ortalama döl süresi (T_0) sırasıyla en uzun 14.48 gün ve 13.99 gün ile Soğan ekstrak uygulamasında, en kısa süreyi ise 8.41 ve 8.24 gün ile Neem uygulamasında tamamlamıştır.

-Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin r_m değeri sırasıyla en yüksek Sütleğen ekstraktı uygulamasında 0.309136 ve 0.314678 değeri tespit edilmiş, en düşük ise Neem uygulamasında -0.146208 ve -0.148943 olarak bulunmuştur.

-Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış *A. gossypii* bireylerinin yavru sayısı en çok 1958 ve 2003 adet ile Sütleğen ekstraktı uygulamasında, en az yavru sayısı ise Neem uygulamasında 17 ve 23 adet olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, Daldırma ve püskürtme metodu uygulanmış *A. gossypii* bireylerinden elde edilen sonuçlar (T_0, r_m, R_0 ve üreme süresi vb. parametreler) incelendiğinde en etkili uygulama sonucunun Neem uygulamalarında elde edildiği belirlenmiştir. Bu sonucu takip eden bitkisel uygulamanın Melia ekstrakt uygulamasında görüldüğü tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar kontrollü laboratuvar koşullarında yürütüldüğü için çalışmada kullanılan bitkisel ekstraklar hakkında önemli bilgiler vermektedir. Mutlaka bu çalışmada elde edilen ümitvar sonuçların arazi koşullarında da denenmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bazı Bitki Ekstraklarının *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)'nin Doğurganlığına Etkisinin Araştırılması adlı Yüksek Lisans tezinden üretilmiş olan bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde maddi destek sağlayan Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü'ne (Proje Numarası: FBE.21.020) bu çalışmaya yaptığı maddi desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Andrade L. H., Oliveira J.V., Breda M.O., Marques E.J., Lima I.M.M., 2012. Effects of botanical insecticides on the instantaneous population growth rate of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) in cotton. Acta Scientiarum Agronomy. 2012; 34: 119–124. doi:10.4025/actasciagron.v34i2.10863

Bahar, M. H., Islam, M. A., Mannan, M. A. And Uddin, M. J., 2007, Effectiveness of some botanical extracts on bean aphids attacking yard long beans. J. Entomol., 4: 136-142.

Bayhan E. & Ceylan A. (2024). "Pesticides in Agricultural Products and Heath Effect" Food Safety, Editör: Arıcan Yağmur Emre, Osmanoğlu Emir Hasan, Yayın Yeri: Nobel, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:340, ISBN:2024-01-16.

Bayhan, E. & Ölmez Bayhan S. (2021). "Tarımsal Zararlılara Karşı Biyolojik Mücadele Yöntemi" Çocuk Kronik Hastalıklarında Beslenme 4 Çocuk Nöroloji ve Psikiatri hastalıklarında Beslenme Halk Sağlığı ve Beslenme. Editör: Prof. Dr. Yusuf Kenan Haspolat Prof. Dr. Coşkun Çeltik Prof. Dr. Kürşat Bora Çarman Doç. Dr. Ulaş Emre Akbulut Uzm. Dr. Taşkın Taş, Yayın Yeri: Orient, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:658, ISBN:978-975-6124-85-7 (Tk) 978-975-6124-89-5 (4.c), Bölüm Sayfaları:645 -650.

Bayhan, E. & Ölmez Bayhan S. (2023a). ”New Approaches in Chemical Pest Control against Insects**”** New Horizons in Agriculture- Part 1. Editör: Hakan Çetinkaya İsmail Gül Dilek Şentürk Demirel İsmail Gül Yusuf Kenan Haspolat, Yayın Yeri: Orient Yayınları, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:165, ISBN:978-625-6598-48-5, Bölüm Sayfaları:155 -161.

Bayhan, E. (2021). “Organik Tarım ve Bitkisel Kökenli Biyopestisitler**”,** Çocuk Kronik Hastalıklarında Beslenme 4. Çocuk Nöroloji ve Psikiatri hastalıklarında Beslenme Halk Sağlığı ve Beslenme. Editör: Prof. Dr. Yusuf Kenan Haspolat Prof. Dr. Coşkun Çeltik Prof. Dr. Kürşat Bora Çarman Doç. Dr. Ulaş Emre Akbulut Uzm. Dr. Taşkın TAŞ, Yayın Yeri: orient, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:658, ISBN:978-975-6124-85-7 (Tk) 978-975-6124-89-5 (4.c), Bölüm Sayfaları:629 -644.

Bayhan, E. and E. Kaplan, 2017. Şanlıurfa’daki İlaç Bayilerine Göre Bitki Koruma Uygulamalarına Ait Sorunların Belirlenmesi, 1. Tarım ve Gıda Etiği Kongresi (Uluslararası Katılımlı) Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 10-11 Mart ANKARA. (Poster Bildiri).

Bayhan, E. ve E. Kaplan, 2016. Diyarbakırdaki İlaç Bayilerine Göre Bitki Koruma Uygulamalarına Ait Sorunların Belirlenmesi. Uluslararası Diyarbakır Sempozyumu. Sözlü Bildiri.

Bayhan, E., & Ölmez Bayhan S. (2022). “Güneydoğu Anadolu Bölgesi Pamuk Alanlarındaki Entomolojik Sorunlar”, İstilacı Zararlı Türler ve Mücadelesinde Yeni Yaklaşımlar. Eds. Gülay Kaçar, Paradigma Akademi Yayınevi, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:1, ISBN:678.

Bayhan, E., & Ölmez Bayhan S. (2023b). “New Developments in Biotechnical control Methods Against Insects” New Horizons in Agriculture:Part 1 Ecological Farming And Sustainability. Editör: Hakan Çetinkaya İsmail Gül Dilek Şentürk Demirel İsmail Gül Yusuf Kenan Haspolat, Yayın Yeri:Orient Yayınları, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:165, ISBN:978-625-6598-48-5.

Birch, L. C. (1948). The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17: 15-26.

Blackman R L and Eastop V F 1985 Aphids on the world’s crops: Anidenitfication guide. Wiley, New York.

Bollhalder, F.; Zuber, M.; Kleeberg, H. and Zebitz, C.P.W. 1997. Neemazal-T/S against *Myzus persicae*. Practice oriented results on use and production of neem-ingredients and pheromones. Proceedings 5th Workshop Wetzlar, Germany, 22-25 January, 1996, pp. 141-145.

Chi H (1997) Age-stage, two-sex life table analysis. http://140.120.197.173 /Ecology /Download/Twosex.zip.

Dos Santos, T. S. Costa N. P. Torres A. L. Boiça Júnio, A.L. 2004. Effect of neem extract on the cotton aphid. Pesq. agropec. bras., Brasília, 39(11), 1071-1076.

González, L.C., Valero, A.F., Meseguer, I.O., Guerra De León, J.O., 2011. Effectiveness of *Furcraea hexapetala* (Jacq.) Urban extract on *Myzus persicae* Zulzer. Journal of Animal & Plant Sciences, 10(2): 1300-1305.

Gopal, S. and Senguttuvan, T. 1997. Effect of insecticides and neem products on cotton aphids in watermelon. Madras Agric. J., 84(2): 111-112.

Hafiz, N.A., 2008. Resistance of certain Cucumber cultivars to the melon aphid *Aphis gossypii* (Glover). Zemdirbyste- Ariculture, vol. 95, 3-2008, p. 293-297. UDK 632.51: 633.15.

Hossain, M. A., Yasmin, M.S., Bachchu, M. A. A. ve Alim, M. A., 2021. Potency of three botanical oils against the Aphis craccivora Koch (Homoptera: Aphididae) nymphs under laboratory conditions. SAARC J. Agric., 19(1): 139-154.

Howe R.W. (1953) The rapid determination of intrinsic rate increase of an insect population. Annals of Applied Biology 40: 134 –155.

Kulat, S.S.; Nimbalkar, S.A. and Hiwase, B.J. 1997. Relative efficacy of some plant extracts against Aphis gossypii Glover and Amrasca devastans (Distant) on okra. PKV. Res. J., 21(2): 146-148.

Kurt, A. ve E. Bayhan, 2019. Pamukta Erken Dönem Zararlı Böceklere Karşı Kullanılan İnsektistlerin Faydalı Böceklere Olan Etkilerinin Araştırılması. 3. Anadolu Uluslararası Uygulamalı Bilimleri Kongresi, Sözlü sunu, Tam Bildiri, 28-29 Aralık 2019, Diyarbakır, 258-276.

Laing, J.E., 1968. Life history and life table of Phytoseiulus persimilis AthiasHenriot. Acarologia, 10: 578-588.

Losch, R.; Kelderer, M. and Meyer, E. 1998. Control of rosy apple aphid with neem products. Obstbau-Wein bau., 35(9): 282-283.

Mohamad, S.F.Sy., Mohamad, S. and Aziz, A.A., 2013. The Susceptibility of Aphids, *Aphis gossypii* Glover to Lauric Acid based Natural Pesticide. Procedia Engineering 53 (2013) 20–28.

Nia, B., Frah, N., Azoui, I., 2015. Insecticidal activity of three plants extracts against Myzus persicae (Sulzer, 1776) and their phytochemical screening. Acta Agriculturae Slovenica, 105-2: 261-267.

Ölmez-Bayhan, S., M. R. Ulusoy, and E. Bayhan, 2006. Impact of neem and extracts of some plants on development and fecundity of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 12 (6): 781-788.

Özçelik, N., Bal, N., Demirci, F., Muştu, M., 2013. *Isaria farinosa* ve *Purpureocillium lilacinum*'un yeşil şeftali yaprakbiti, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) üzerine etkileri. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 4(1): 23-29.

Pavela, R., Vrchotová, N., Šerá, B., 2009. Repellency and toxicity of three Impatiens species (Balsaminaceae) extracts on *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae). Journal of Biopesticides, 2(1): 48-51.

Pinto, E. S., E. M. Barros, J. B. Torres & R. C. S. Neves, 2013. The control and protection of cotton plants using natural insecticides against the colonization by *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). Acta Scientiarum Agronomy, 35 (2): 169-174.

Salaria, E., Ahmadi, K., Dehyaghobi, R.Z., Purhematy, A., Takalloozadeh, H.M., 2012. Toxic and repellent effect of harmal (*Peganum harmala* L.) acetonic extract on several aphids and *Tribolium castaneum* (Herbst). Chilean Journal of Agricultural Research, 72(1): 147-152.

Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from *Azadiracta indica*. Ann. Rev. Entomol. 35: 271-297.

Souza, C.R., Sarmento, R.A, Venzon, M., dos Santos, G.R, da Silveira, M.C.A.C. and Tschoeke, P.H., 2015. Lethal and sublethal effects of neem on *Aphis gossypii* and *Cycloneda sanguinea* in watermelon. Acta Scientiarum. Agronomy, vol. 37, núm. 2, abril-junio, 2015, pp. 233-239 Universidade Estadual de Maringá Maringá, Brasil.

Ulusoy S., Özgür, O., Alpkent Y.N., 2019. Toxic and in vitro anti-acetylcholinesterase and anti-carboxylesterase effects of various plant extracts on *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae). Türk. entomol. derg., 2019, 43 (3): 339-346 DOI: http://dx.doi.org/10.16970/entoted.506727.

Upadhyay, S. and Mishra, R.C. 1999. Efficacy and economics of insecticides and neem (Azadirachta indica) based products on incidence of aphid (*Aphis gossypii*) on isabgol (*Plantago ovata*). Indian J. Agric. Sci., 69(2) : 161-162.

Watson, T.F., 1964. Influence of host plant condition on population increase of *Tetranychus telarius* (Linnaeus) (Acarina: Tetranychidae). Hilgardia, 35: 273-322.

Yi, F., Zou, C., Hu, Q. and Hu, M., 2012. The joint action of destruxins and botanical insecticides (rotenone, azadirachtin and paeonolum) against the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. Molecules, 17(6):7533-42.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

DOĞAL AYDINLATMA PERFORMANSI BAĞLAMINDA AÇILI TAVAN PENCERELERİNİN MEKANSAL ETKİSİ: DÜZCE SABİHA ULUSOY KÜTÜPHANESİ

Derya BAŞ
Düzce Üniversitesi, Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0009-0006-9881-0096

Ruşen DURAN
Düzce Üniversitesi, Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0009-0000-8290-2742

Miray Dizem YILMAZ
Düzce Üniversitesi, Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0000-0002-6542-1653

ÖZET
Gün ışığı yalnızca mekanın fiziksel özelliklerini belirleyen bir unsur değil aynı zamanda onun anlam dünyasını şekillendiren temel bir bileşendir. Bu doğrultuda ışığın şiddeti, rengi, yönü ve geliş açısı mekanın algısal karakterini biçimlendirerek kullanıcı deneyimini doğrudan etkiler. Kütüphane gibi odaklanma, öğrenme ve zihinsel üretkenliğin ön planda olduğu yapılarda gün ışığının doğru yönlendirilmesi kullanıcıların görsel konforunu artırmakta; aynı zamanda sağlıklı, dingin ve üretken bir mekansal atmosfer oluşturarak mekanın işlevsel performansını ve kullanıcı verimliliğini desteklemektedir. Bu çalışma, Düzce Sabiha Ulusoy Kütüphanesi'nde yer alan açılı tavan pencerelerinin doğal aydınlatma performansını fiziksel, duyusal ve anlamsal ilişkiler bağlamında değerlendirmektedir. Çalışmanın temel amacı doğal ışığın mekan deneyimi üzerindeki etkilerini incelemek, eksik aydınlatılan bölümleri belirlemek ve bu noktalara yönelik mekansal tasarım önerileri geliştirmektir. Araştırma kapsamında yerinde gözlem, anket çalışması, luxmetre ile yapılan ışık ölçümleri **ve** VELUX Daylight Visualizer yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen gün ışığı analizlerinden elde edilen veriler; kullanıcıların mekanı fiziksel (ışık yoğunluğu, yönlenme, mekan ölçeği), duyusal (konfor, sıcaklık, ses, malzeme hissi) ve anlamsal (duygusal bağ, özgürlük ve aidiyet hissi) boyutlarda nasıl deneyimlediklerini ortaya koymaktadır. Aydınlatma düzeyi, homojenlik oranı, ışık dağılımı ve görsel konfor gibi parametreler dikkate alınarak mekansal aydınlatma performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, açılı tavan pencerelerinin iç mekanlarda görsel konforu artırırken bazı bölgelerde ışık yetersizliğinin sürdüğünü göstermektedir. Bu sonuçlara dayanarak, yetersiz aydınlatılan alanlara yönelik ışık rafı, yansıtıcı yüzey uygulamaları ve gün ışığı sensörlü hibrit aydınlatma sistemleri gibi tasarım önerileri geliştirilmiştir. Çalışma, kütüphane yapılarında doğal ışığın sürdürülebilir biçimde kullanılmasına ve kullanıcı odaklı mekansal iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesine katkı sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Doğal Aydınlatma, Açılı Tavan Penceresi, Mekansal Algı, Gün Işığı, VELUX Daylight Visualizer, Sabiha Ulusoy Kütüphanesi

THE SPATIAL IMPACT OF ANGLED ROOF WINDOWS IN THE CONTEXT OF NATURAL LIGHTING PERFORMANCE: DÜZCE SABİHA ULUSOY LIBRARY

ABSTRACT

Daylight is not only an element that defines the physical characteristics of a space but also a fundamental component that shapes its world of meaning. Accordingly, the intensity, color, direction, and angle of light configure the perceptual character of a space, directly influencing user experience. In buildings such as libraries—where concentration, learning, and intellectual productivity are prioritized—the proper orientation of daylight enhances users' visual comfort while creating a healthy, calm, and productive spatial atmosphere that supports both the functional performance of the space and user efficiency. This study evaluates the natural lighting performance of the angled roof windows in Düzce Sabiha Ulusoy Library within the context of physical, sensory, and semantic relationships. The main objective of the research is to examine the effects of natural light on spatial experience, to identify under-illuminated areas, and to develop spatial design proposals for these specific zones. Within the scope of the study, data obtained through on-site observation, survey studies**,** light measurements conducted with a luxmeter**,** and daylight analyses performed using the VELUX Daylight Visualizer software reveal how users experience the space on physical (light intensity, orientation, spatial scale), sensory (comfort, temperature, acoustics, material texture), and semantic (emotional connection, sense of freedom and belonging) levels. Spatial lighting performance was assessed by considering parameters such as illuminance level, uniformity ratio, light distribution, and visual comfort. The findings indicate that while angled roof windows enhance visual comfort in interior spaces, certain areas still experience insufficient daylight. Based on these results, design proposals such as light shelves, reflective surface applications, and daylight sensor-controlled hybrid lighting systems have been developed for these underlit regions. The study contributes to the sustainable use of natural light in library buildings and to the development of user-oriented spatial improvement strategies.

Keywords: Natural Lighting, Angled Roof Window, Spatial Perception, Daylight, VELUX Daylight Visualizer, Sabiha Ulusoy Library

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THE ROLE OF TAX AUDIT IN ENHANCING TAXPAYER COMPLIANCE AND REVENUE PERFORMANCE IN THE DIGITAL ECONOMY ERA

Imane TESSE
Laboratory for Studies and Research in Economics and Management (LERSEM), ENCG, Chouaib Doukkali University

Zakariae BELMKADDEM
Laboratory for Studies and Research in Economics and Management (LERSEM), ENCG, Chouaib Doukkali University

Abstract
This article aims to conduct a systematic literature review to examine the role of tax audits in enhancing taxpayer compliance and revenue performance in the digital economy era. As the digital economy continues to evolve, traditional tax administration faces significant challenges in monitoring electronic transactions and digital business models. The integration of digital technologies such as e-invoicing, big data, and artificial intelligence (AI) has shown promising results in improving tax compliance and audit effectiveness. Through the use of these technologies, tax authorities can perform real-time transaction monitoring, enhance fraud detection, and streamline risk management processes. Additionally, the implementation of risk-based audits and e-audits has proven to increase audit efficiency and taxpayer responsiveness. However, the review also identifies challenges, particularly in developing countries, including limited technological infrastructure, data integration issues, and difficulties in tracking taxable income in the gig economy. The study concludes that a combination of technology adoption, regulatory innovation, and improved digital literacy is essential to strengthen tax compliance in the digital era. It also emphasizes the need for further empirical research to better understand the effectiveness of digital audit systems and to guide the development of more effective tax policies. This review highlights the importance of adopting flexible and adaptive audit systems that leverage digital technologies to ensure fair, transparent, and efficient tax administration in the digital economy.
Keywords: Tax Audit, Digital Economy, Tax compliance, Tax revenue, Digital technologies, Artificial Intelligence

DIGITAL TRANSFORMATION AND THE PRODUCTIVITY OF SMALL ENTERPRISES: A PERSPECTIVE FROM CROATIA

Ivana Miklošević
University of Slavonski Brod

Abstract
Digital transformation is increasingly recognized as a key driver of competitiveness and long-term sustainability for small and medium-sized enterprises (SMEs), particularly in the context of rapidly evolving markets and growing demands of the digital economy. This paper provides a qualitative overview of how digitalization affects SME productivity in Croatia, drawing on relevant literature, institutional reports, and selected case studies. Particular attention is given to the use of digital tools such as e-invoicing, ERP systems, digital marketing, and flexible work arrangements. The analysis highlights the benefits SMEs experience in terms of operational efficiency, innovation, and resilience, while also identifying key challenges—including limited digital skills, insufficient financial resources, and regulatory constraints. The paper emphasizes the importance of institutional support through training programs, advisory services, and incentive schemes. Digital transformation of SMEs is viewed as a strategic pillar for the future development of the Croatian economy. The paper concludes with practical recommendations for implementing digital initiatives within small business environments.
Keywords: e-invoicing, digital transformation, small enterprises, Croatia, innovation, flexibility

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

POST-CRISIS FISCAL POLICY IN EMERGING ECONOMIES: LESSONS FROM ALBANIA'S RESPONSE TO FINANCIAL AND PANDEMIC SHOCKS

Ardita Hykaj
The Mediterranean University of Albania

Abstract
Fiscal policy is one of the most important tools governments use to help the economy recover during and after major crises. This is especially true in developing countries, where institutions may be weak and the public budget is limited. This study looks at how Albania responded through fiscal policy during two major crises of the 21st century: the global financial crisis of 2008–2009 and the COVID-19 pandemic. It compares the main measures taken by the Albanian government in both periods, such as investments in public projects, tax reductions, and financial aid for people and businesses. The focus is on how these measures were planned, carried out, and coordinated with other institutions.
The analysis shows that Albania's approach changed over time. After the financial crisis, the government focused more on long-term public investment to boost the economy and create jobs. During the COVID-19 crisis, the focus shifted to short-term measures like tax breaks, wage subsidies, and urgent spending on health services and social support. These differences show how important it is for fiscal policy to be flexible and able to adapt quickly in times of uncertainty. The success of these fiscal policies depended on how strong the country's finances were before each crisis, how well public funds were managed, and how much help came from international partners.
The study also highlights the importance of linking fiscal measures with broader development goals—like reducing inequality, improving institutions, and moving closer to EU standards. Albania's experience offers important lessons for other developing countries. It shows that for fiscal policy to be truly effective after a crisis, it must go beyond quick fixes and be part of a wider plan that includes reforms, transparency, and inclusive growth.
Keywords: Fiscal policy, Financial Crisis, Covid-19 Pandemic, Economic Recovery.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

RISK MANAGEMENT AND SUPPLY CHAIN RESILIENCE OF OLAM FEED MILL, LAGOS, NIGERIA

Omojaro, A. O.
Department of Business Administration and Management, The Federal Polytechnic

Taiwo, A. A.
Department of Business Administration and Management, The Federal Polytechnic

Taiwo, F. R.
Department of Public Administration, The Federal Polytechnic Ilaro

Babayemi, D. I.
Department of Business Administration and Management, The Federal Polytechnic

Abstract
This descriptive survey study considers the impact of risk management practice—proxied by price-hedging, diversified sourcing, and digital traceability—on supply chain resilience. The population of the study comprises employees of Olam Feed Mill, Lagos, Nigeria with a population of 227 staff. A sample size of 145 respondents was determined using Taro Yamane sample determination formula. Primary data was collected using a structured questionnaire. The collected data were analysed using correlation and multiple regression with the aid of SPSS version 25. Results indicate that all three proxies are positively and statistically significantly correlated with supply chain resilience. That is, price-hedging ($\beta = 0.45$, $p < 0.002$), diversified sourcing ($\beta = 0.52$, $p < 0.001$), and digital traceability ($\beta = 0.48$, $p < 0.001$) all contribute significantly to resilience outcomes. Regression analysis also confirms that cumulatively these variables explain a great deal of variance in resilience ($R^2 = 0.58$, $F(3, 141) = X$, $p < 0.001$). These findings validate the hypothesis that robust risk-management practice promotes supply chain resilience. The study infers that agribusiness companies, particularly in developing economies, integrate financial hedging, sourcing diversification, and digital traceability into business strategy. With the provision of quantifiable benefits, this research validates theory and practice in supply-chain management, guiding firms towards greater agility and resilience in turbulent markets.
Keywords: Digital Traceability, Diversified Sourcing, Price-Hedging, Risk Management, Supply Chain Resilience

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs) AND BAPTIST MISSION'S HEALTH FINANCING (HF) MODELS IN YORUBALAND, 1907-1986

Olufemi Timothy Ogunbode
Department of History, Faculty of Arts and Social Sciences, Ladoke Akintola University of Technology

Charles Adedeji Ogidan
Department of History, Faculty of Arts, Obafemi Awolowo University

Saheed Balogun Amusa
Department of History, Faculty of Arts, Obafemi Awolowo University

Abstract
Sustainable Development Goals (SDGs) are concepts targeted at resolving human challenges as proposed by the United Nations (UN) at birth in 2012 at Brazil and September, 2015 when it was adopted by the leaders of member states at the New York City. Its official operation started in January, 2016 and it hopes to end by 2030. Sustainability of man and his environment is an encompassing phenomenon since 2012. With this understanding of the challenge in the health system. This paper explores an aspect of health and well-being which is Health Financing (HF). The issue of HF in the developing world has for ages being a major challenge to the government. However, the Baptist Mission a faith-based organisation in Nigeria has shown a dimension and sample in tackling the health financing problems in selected communities in Yorubaland between 1907 and 1986. This idea of HF in this paper has created a gap as it is captured in SDG 3. This SDG 3 explains the conscious of good health and well-being of man in his environment. Baptist Mission's medical services activities and its contributions in selected communities in Yorubaland between 1907 and 1986 has helped identify four (4) of the models of HF as practiced by the Baptist Mission in the period under review. This paper adopted the use of both the primary and secondary sources in the analysis of Baptist Mission and the SDG 3 within a historical framework in Yorubaland.
Keywords: Sustainable Development Goals (SDGs), Baptist Mission, Health Financing (HF) and Yorubaland

Introduction

The Sustainable Development Goals (SDGs), introduced by the United Nations in 2012 at Rio de Janeiro and formally adopted in September 2015 in New York, represent a global commitment to addressing the most pressing challenges of humanity (Sachs, 2015; WHO, 2019). Officially launched in January 2016 with a target horizon of 2030, the SDGs encompass a wide range of objectives, from poverty reduction and environmental sustainability to education and health. Among these, SDG 3: Good Health and Wellbeing stands out as a cornerstone, emphasizing universal health coverage, financial risk protection, and equitable access to essential healthcare services (WHO, 2019). The pursuit of SDG 3 reflects the recognition that health is not only a fundamental human right but also a prerequisite for sustainable development (Xu et al., 2007).

Health financing has long been a critical challenge in the developing world, where governments often struggle to mobilize sufficient resources to provide equitable and sustainable healthcare (Elemile, 2023; Gbadero, 2023; Ladeji, 2024; Sabi, 2024). In Nigeria, this challenge has historically been compounded by rapid population growth, limited state capacity, and widespread poverty (Onwujekwe et al., 2010; Onwujekwe, nd.).

Yet, faith-based organisations (FBOs) such as the Baptist Mission played a pivotal role in filling these gaps, particularly in underserved communities of Yorubaland. Between 1907 and 1986, the Baptist Mission pioneered innovative healthcare financing models that expanded access, reduced financial barriers, and introduced orthodox medicine to populations that had previously relied on traditional healing systems (Elemile, 2023; Gbadero, 2023; Popoola, 2024). These initiatives not only addressed immediate health needs but also anticipated principles later articulated in SDG 3, decades before the UN formally codified them (Harveston, 2022; Chung, 2017; Physiopedia, 2022).

This paper situates the Baptist Mission's healthcare financing models within a historical framework, examining how they contributed to the wellbeing of communities in Yorubaland while foreshadowing global debates on universal health coverage. Specifically, it identifies and analyses four distinct models: the Green Baptist Healthcare Scheme (GBHS, 1907–1950s), which offered donor-funded free care; the Social Retainership Healthcare Scheme (SRHS, 1953–1986), which relied on employer and community contributions; the Subsidised Healthcare Scheme (SHS, 1950s–1986), which blended patient payments with Mission subsidies; and the Out-of-Pocket model (1973–1986), which reflected market-driven financing (Anaemene, 2016; Matheson, 2016; Elemile, 2023; Gbadero, 2023). Each of these models embodied different logics of resource mobilisation and risk-sharing, collectively demonstrating how local innovations aligned with global health financing archetypes such as the Beveridge, Bismarck, National Health Insurance, and Out-of-Pocket systems (Chung, 2017; Harveston, 2022; Physiopedia, 2022).

By exploring these models, the study highlights the Baptist Mission's dual role as both a healthcare provider and a social reformer. Its interventions were not merely technical solutions to health financing problems but also expressions of theological conviction, community solidarity, and institutional resilience (Adeniji, 2024; Olumakinde, 2024; Ilugbaro, 2024). In doing so, the Mission offered practical lessons on how non-state actors can complement government efforts in achieving universal health coverage. This historical analysis therefore contributes to contemporary discourse on SDG 3 by showing how faith-based healthcare financing in Yorubaland anticipated modern strategies for balancing access, affordability, and sustainability (Adeyanju and Adeyanju, 2024; Njoku, Njoku and Asoronye, 2023).

Research Questions

1. How have persistent health financing challenges in Nigeria such as limited resources, poverty, and rapid population growth affected the achievement of universal health coverage as envisioned in SDG 3?
2. In what ways did the Baptist Mission's four health financing models (GBHS, SRHS, SHS, and Out-of-Pocket) between 1907 and 1986 expand access to healthcare in Yorubaland, and why have their contributions remained under-documented in scholarship and policy?
3. How can the historical legacies of Baptist Mission health financing models be systematically integrated into Nigeria's contemporary health policy discourse, particularly in relation to the National Health Insurance Scheme (NHIS) and strategies for achieving SDG 3?

Objectives

1. To reconstruct the historical development and implementation of the Baptist Mission's four health financing models (GBHS, SRHS, SHS, and Out-of-Pocket) in Yorubaland between 1907 and 1986, and to evaluate their impact on healthcare accessibility, delivery, and community wellbeing.

2. To analyse the relationship between Baptist Mission health financing practices and the principles of Sustainable Development Goal 3 (Good Health and Wellbeing), highlighting points of convergence such as universal access, financial risk protection, and equity, as well as areas of divergence shaped by local realities.
3. To explore strategies for preserving and integrating the historical legacies of Baptist Mission healthcare contributions into contemporary health policy discourse, with emphasis on modern archival methods, documentation practices, and their relevance for ongoing debates on universal health coverage in Nigeria.

Literature Review

Global scholarship identifies four dominant health financing models that shape health systems worldwide; the Beveridge model**,** tax-funded and government-managed; the Bismarck model**,** based on employer and employee social insurance contributions; National Health Insurance (NHI)**,** a single-payer system blending public financing with private provision; and Out-of-Pocket (OOP) financing, where patients pay directly at the point of service (Chung, 2017; Harveston, 2022; Physiopedia, 2022). High-income countries rely heavily on Beveridge and Bismarck systems, which emphasize risk pooling and universalism, while low- and middle-income countries (LMICs) often adopt hybrid approaches that combine government subsidies, donor support, and community-based financing. OOP financing remains widespread in LMICs but is widely criticized for exposing households to catastrophic health expenditures and deepening inequities (Xu et al., 2007).

Within Nigeria, faith-based organisations (FBOs) have historically played a pivotal role in healthcare delivery, particularly in underserved rural areas where state provision was limited. Mission hospitals established by Christian organisations introduced orthodox medicine, trained indigenous staff, and promoted community health education (Amao, 2024; Olumakinde, 2024; Onwujekwe et al., 2010). Financing strategies included donor funding, community retainerships, and subsidised pricing, which balanced affordability with sustainability (Omoruan, Bamidele and Philips, 2009). While these contributions reduced geographic inequities, challenges persisted around financial sustainability, integration into national health insurance frameworks, and dependence on external donors (Amao, 2024; Olumakinde, 2024).

Community-based health financing (CBHF) schemes have been widely studied in Nigeria and other LMICs as mechanisms to pool risks and mobilize local resources. Evidence suggests that CBHF improves healthcare utilization where trust, transparency, and affordability are strong (Dror and Preker, 2002). Employer-supported retainership schemes adopted by banks, schools, and seminaries in Yorubaland provided structured access to healthcare for employees and dependents. These schemes paralleled the Bismarckian model of social insurance but with localized adaptations (Omoruan et al., 2009). However, their reach was limited, as informal workers, who constitute the majority of Nigeria's labor force, were often excluded, highlighting equity gaps in employer-based financing.

The Alma Ata Declaration of 1978 positioned primary healthcare (PHC) as a universal right, emphasizing community participation, preventive care, and equity. Nigeria adopted PHC in the late 1970s, with FBOs such as the Baptist Mission aligning their services with this global vision **(**Liu, et al, 2021; WHO, 2019; 2015). Contemporary literature on SDG 3 underscores the importance of financing reforms to achieve universal health coverage, financial risk protection, and equity (WHO, 2019; Sachs, 2015). Scholars argue that blended financing models combining government budgets, insurance pools, subsidies, and limited OOP payments are essential for sustainable progress toward SDG 3 in LMICs.

Historical accounts of the Baptist Mission in Yorubaland reveal four distinct financing models that evolved over time: GBHS (1907–1950s), donor-funded free care used to introduce orthodox medicine and build trust; SRHS (1953–1986), employer and community retainerships reflecting localized adaptations of Bismarckian principles; SHS (1950s–1986), combining patient contributions with Mission support to offer risk-sharing and affordability; and OOP financing (1973–1986), introducing market-driven payments as population growth and rising costs strained donor and community models (Anaemene, 2016; Matheson, 2016; Elemile, 2023; Gbadero, 2023). These models mirror global financing archetypes while anticipating later Nigerian health financing reforms, including the National Health Insurance Scheme (NHIS).

The literature converges on the importance of risk pooling, subsidies, and community participation in achieving equitable healthcare. The Baptist Mission's models exemplify these principles, showing how faith-based organisations contributed to healthcare financing decades before SDG 3 was articulated. Yet, significant gaps remain: limited quantitative evaluation of mission-led schemes' long-term sustainability, insufficient evidence on patient outcomes and equity impacts, and weak documentation of how FBO models were integrated or sidelined within national health systems. Addressing these gaps is essential to situating the Baptist Mission's historical models within the broader discourse on SDG 3 and universal health coverage.

Methodology

This study employs a historical-analytical qualitative design to investigate the Baptist Mission's health financing models in Yorubaland between 1907 and 1986. The approach is grounded in the recognition that health financing systems are socially constructed and historically contingent, requiring both contextual interpretation and comparative analysis. By situating the Mission's practices within broader global health financing paradigms, the study seeks to illuminate how localized innovations anticipated or paralleled international models.

Data sources were drawn from both primary and secondary materials. Primary data included archival records from the Baptist Mission, hospital reports, government policy documents, and oral interviews with retired staff, community members, and local leaders who had direct or indirect experience with Mission healthcare services. These sources provided firsthand insights into financing mechanisms, community perceptions, and institutional challenges. Secondary sources comprised scholarly works on healthcare financing, faith-based healthcare delivery, and global health policy, particularly literature on universal health coverage and SDG 3. These materials offered theoretical grounding and comparative perspectives.

Data collection involved three complementary strategies. First, archival research was conducted in mission repositories and government archives to retrieve historical records, correspondence, and policy documents. Second, oral histories were gathered through semi-structured interviews with retired staff, patients, and community stakeholders, enabling the study to capture lived experiences and collective memory. Third, documentary review of published and unpublished reports, including missionary publications and academic studies, provided additional triangulation. This multi-source approach enhanced the reliability and richness of the dataset.

Data analysis was carried out using thematic coding and comparative historical methods. Thematic coding allowed for the identification of recurring patterns in financing strategies, such as donor reliance, community retainerships, subsidies, and out-of-pocket payments.

Comparative historical analysis enabled the alignment of Baptist Mission models GBHS, SRHS, SHS, and Out-of-Pocket with global healthcare financing systems, highlighting both convergences and divergences. This dual analytical lens ensured that findings were both contextually grounded and globally relevant.

Ethical considerations guided the research process. Informed consent was obtained from interview participants, with assurances of confidentiality and respect for their narratives. Proper attribution was maintained in the use of archival and published sources, and sensitivity was exercised in interpreting historical accounts to avoid misrepresentation of communities or institutions.

The scope of the study was limited to selected Yoruba communities where Baptist Mission hospitals and health services were historically active. While this focus allows for in-depth analysis, it also means that findings may not fully represent other regions of Nigeria or other faith-based organisations. The study acknowledges this limitation and positions its conclusions as illustrative rather than universally generalizable.

By integrating archival evidence, oral testimony, and scholarly literature, this methodology provides a robust framework for examining the evolution of Baptist Mission health financing models. It not only reconstructs historical practices but also situates them within the broader discourse on universal health coverage and sustainable development, thereby bridging local histories with global health policy debates.

Conceptual and theoretical framework

The conceptual and theoretical framework of this study is anchored on the understanding of health financing as a critical determinant of access to healthcare and overall wellbeing. Financing mechanisms shape not only the availability of services but also the equity of distribution, the sustainability of institutions, and the resilience of communities in the face of health challenges. Within this study, the Baptist Mission's four distinct models in Yorubaland the Green Baptist Healthcare Scheme (GBHS), the Social Retainership Healthcare Scheme (SRHS), the Subsidised Healthcare Scheme (SHS), and the Out-of-Pocket approach are examined as historical case studies that embody different financing logics. Each of these models is linked to the principles of Sustainable Development Goal 3 (Good Health and Wellbeing), which emphasizes universal health coverage, financial risk protection, and equitable access to essential services.

Theoretically, the study draws on Health Systems Theory, which provides a lens for understanding how financing structures influence service delivery, staffing, and institutional capacity. By situating the Baptist Mission's schemes within this framework, the analysis highlights the ways in which resource mobilization and allocation determined the reach and quality of healthcare in Yoruba communities. Financing is thus not treated as a neutral mechanism but as a structural force that shaped the trajectory of mission hospitals and their integration into broader health systems.

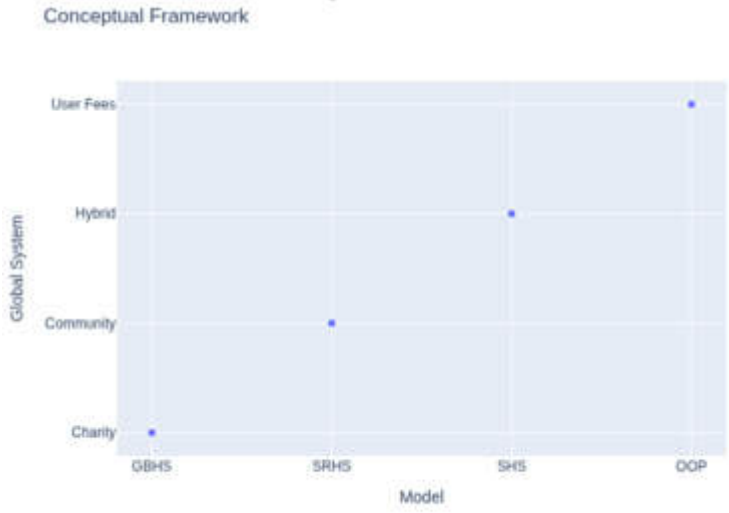
In addition, the study employs Social Capital Theory to explain the role of community solidarity, trust, and collective responsibility in sustaining healthcare initiatives. The reliance on community retainerships and subsidised contributions reflects the importance of social networks and communal values in enabling risk pooling and affordability. This perspective underscores how faith-based healthcare was not merely a technical intervention but also a social enterprise rooted in shared norms and collective identity.

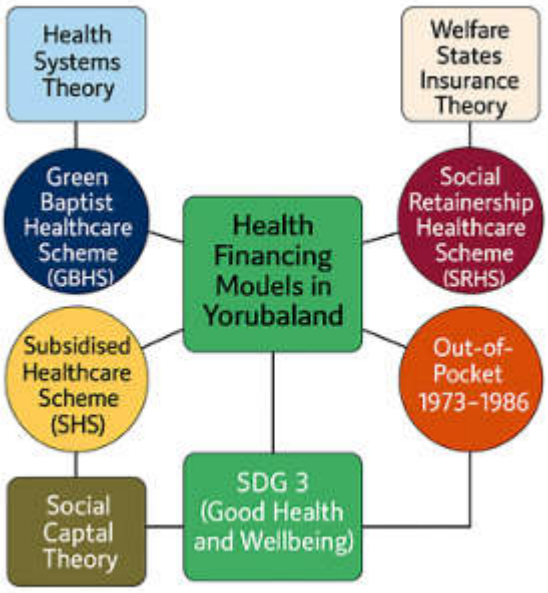
Furthermore, Welfare State and Insurance Theory, particularly the Bismarckian tradition, is applied to interpret the SRHS as a localized adaptation of global insurance concepts within the Nigerian context.

Employer-supported retainerships mirrored the principles of social insurance, albeit in a more limited and informal form, demonstrating how global financing ideas were translated into local realities. This theoretical lens allows the study to situate the Baptist Mission's innovations within the broader genealogy of health insurance systems, showing both their convergence with and divergence from international models.

Taken together, these frameworks highlight the interplay of faith, community, and institutional structures in shaping healthcare financing. They demonstrate that the Baptist Mission's models were not isolated experiments but part of a wider historical process in which local actors engaged with global ideas to address pressing health needs. By linking historical financing schemes to contemporary debates on universal health coverage, the study shows how past experiences can inform present strategies for achieving SDG 3. Ultimately, this framework underscores the enduring relevance of faith-based and community-driven approaches in the preservation of healthcare legacies and the pursuit of equitable health systems in the twenty-first century.

See figure 1 and 2





Figures 1 and 2 illustrate the conceptual and theoretical framework of Baptist Mission's health financing in Yorubaland. Figure 1 links each model—GBHS, SRHS, SHS, and OOP—to global theories: Health Systems, Welfare Insurance, and Social Capital, showing their alignment with SDG 3. Figure 2 maps these models to global systems: Charity (GBHS), Community (SRHS), Hybrid (SHS), and User Fees (OOP), highlighting their structural logic. Together, the visuals demonstrate how faith-based healthcare adapted global financing ideas to local realities, emphasizing equity, sustainability, and community resilience while anticipating modern debates on universal health coverage and health system design.

Historical Pathways to SDG 3: Baptist Mission Healthcare Models, 1907–1986

The evolution of healthcare financing in Yorubaland between 1907 and 1986 offers a compelling case study of how faith-based initiatives anticipated global health goals long before they were formally articulated. The Baptist Mission pioneered a series of healthcare financing models that not only responded to local realities but also laid the groundwork for principles later enshrined in Sustainable Development Goal 3 (Good Health and Wellbeing)**.** From donor-funded free care to community-based retainerships, subsidised contributions, and eventually out-of-pocket payments, these models reveal a trajectory of adaptation, resilience, and innovation.

The journey began in 1907 with the establishment of the Baptist Hospital in Ogbomoso, inaugurating the Green Baptist Healthcare Scheme (GBHS)**.** This single-payer system offered free medical services to all, regardless of social status, ethnicity, or religion (Elemile, 2023; Sabi, 2024). Its success led to replication in towns such as Oyo, Saki, Iwo, Iree, Okeho, Okaka, Okuta, and Ilero (Gbadero, 2023). By removing financial barriers, the Mission encouraged communities to embrace modern medicine, which was initially unfamiliar and sometimes viewed with suspicion (Elemile, 2023; Sabi, 2024). Staffed by both foreign missionaries and indigenous personnel, the scheme embodied inclusivity and reinforced the Mission's philosophy of healthcare as a universal right **(**Iyanda, and Akinyemi, 2014). Yet, despite its strengths, GBHS faced challenges: long waiting lists, lack of patient protection, and rising costs that strained donor resources. These limitations underscored the need for more sustainable models **(**Elemile, 2023; Gbadero, 2023; History of Baptist Medical Ministry in Nigeria, 2021**).**

In 1953, the Mission introduced the Social Retainership Healthcare Scheme (SRHS)**,** inspired by Germany's Bismarck Model of social health insurance (Harveston, 2022; Omoruan, Bamidele and Philips, 2009). This marked a shift from donor dependency to community-based financing. Supported by policies such as the Africanisation Agenda (1950) and the Baptist Mission Condition of Service for Health Workers (1953), the SRHS reflected the broader political climate of decolonisation (Recommendation for Qualification and Condition of Service for Baptist Health Workers, 1953). Organisations including the Nigerian Baptist Theological Seminary, Union Bank, First Bank, and Federal Government College, Ogbomoso adopted the scheme for their staff and families (Elemile, 2023; Gbadero, 2023). Financing was decentralised, with contributions from individuals, families, and employers (Adeniji, 2024; Olumakinde, 2024; Ilugbaro, 2023). Although universal in principle, it was most accessible to working-class individuals, students, and families with sponsors. Nevertheless, the SRHS strengthened community solidarity, promoted indigenous participation, and reduced reliance on foreign donors. In many ways, it anticipated Nigeria's later National Health Insurance Scheme by demonstrating the feasibility of collective responsibility for health (Omoruan, Bamidele and Philips, 2009; Dosher, 1959).

Alongside the SRHS, the Mission developed the Subsidised Healthcare Scheme (SHS) in the 1950s. This dual-payer model blended elements of GBHS and SRHS, requiring patients to contribute a token premium while the Mission subsidised the remainder (Amao, 2024; Gbadero, 2023). By distributing financial responsibility, the SHS reduced the risk of catastrophic health expenditures and encouraged patients to value medical services (Elemile, 2023). It expanded access to low-income families, safeguarded the continuity of Baptist healthcare institutions, and introduced the principle of patient choice (Amao, 2024; Dosher, 1959). The SHS reflected broader global trends toward universal health coverage, combining community participation with institutional subsidies in a way that anticipated later national efforts.

The final stage of this evolution was the Out-of-Pocket model**,** which emerged in the 1970s. This approach was the most market-driven, requiring patients to pay directly for services at the point of delivery (Ilugbaro, 2023; Chung, 2017). It was particularly common in rural areas where institutional or community-based financing mechanisms were limited. The model gained traction during a period of rapid population growth and rising healthcare costs, and it aligned with global developments such as the 1978 Alma Ata Declaration of "Health for All" (Harveston, 2022). Between 1979 and 1986, the Baptist Mission collaborated with the Oyo State Government under Governor Bola Ige to promote out-of-pocket payments as a complementary financing mechanism (Elemile, 2023; Gbadero, 2023). While this expanded access to healthcare facilities, affordability became a major barrier for poorer households, highlighting the inequalities inherent in market-driven systems. Nevertheless, the model encouraged personal responsibility, reflected a cultural shift toward self-reliance, and foreshadowed later debates in Nigeria about user fees, insurance, and universal coverage.

Taken together, these four models: GBHS, SRHS, SHS, and the Out-of-Pocket system illustrate the progressive adaptation of healthcare financing in Yorubaland. Each scheme responded to the demographic, political, and economic realities of its time, while collectively shaping the trajectory of Baptist Mission hospitals as trusted centres of care. The GBHS eliminated financial barriers and introduced modern medicine; the SRHS fostered community solidarity and indigenous participation; the SHS balanced affordability with sustainability; and the Out-of-Pocket model underscored the importance of individual responsibility while exposing systemic inequalities. In retrospect, these initiatives not only influenced Baptist Mission healthcare but also anticipated national debates on universal health coverage and the achievement of SDG 3: Good Health and Wellbeing decades before the United Nations formally articulated it (Adeyanju and Adeyanju, 2024; Njoku, Njoku and Asoronye, 2023).

See figure 3 and 4

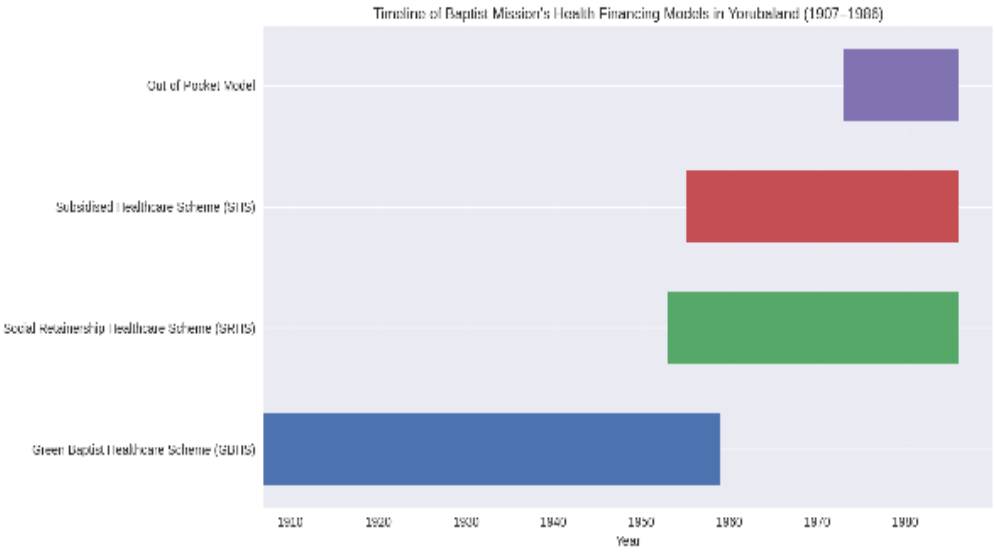




Figure 3 and 4: Figures 3 and 4 illustrate the evolution of Baptist Mission's healthcare financing in Yorubaland (1907–1986). Figure 3, the bar chart, highlights the duration and overlap of four models: the Green Baptist Healthcare Scheme (GBHS, 1910–1955), Social Retainership Healthcare Scheme (SRHS, 1955–1985), Subsidized Healthcare Scheme (SHS, 1955–1985), and Out-of-Pocket (OOP, 1975–1985). It shows how SRHS and SHS operated simultaneously, diversifying financing strategies. Figure 4, the line graph, emphasizes the chronological progression: GBHS, SRHS, SHS, then OOP. Together, they reveal a trajectory from donor-funded free care to community-based and market-driven systems, anticipating universal health coverage debates.

Linking Baptist Mission Models to Nigeria's National Health Insurance Scheme (NHIS)

The historical trajectory of Baptist Mission healthcare financing in Yorubaland provides a crucial backdrop for understanding the eventual establishment of Nigeria's National Health Insurance Scheme (NHIS). Officially launched in 1999 and operational from 2005, the NHIS was designed to achieve Universal Health Coverage (UHC) by pooling resources and reducing the financial burden of healthcare on households (Adeyanju and Adeyanju, 2024; Njoku, Njoku and Asoronye, 2023). Its conceptual foundations resonate strongly with earlier Baptist Mission experiments, which had already tested models of donor-funded care, community pooling, subsidised contributions, and direct payments.

The Social Retainership Healthcare Scheme (SRHS), introduced in 1953, anticipated the NHIS by demonstrating the feasibility of community-based and employer-supported healthcare financing. Much like the NHIS, SRHS relied on contributions from organisations, families, and employers to secure access to medical services (Omoruan, Bamidele and Philips, 2009; Elemile, 2023). This collective responsibility model foreshadowed the NHIS's emphasis on risk pooling and solidarity.

Similarly, the Subsidised Healthcare Scheme (SHS) of the 1950s reflected the NHIS's hybrid approach of combining patient contributions with institutional subsidies. By requiring token payments while covering the remainder through Mission support, SHS balanced affordability with sustainability an approach later mirrored in NHIS's structure of premiums and government subsidies (Amao, 2024; Gbadero, 2023).

Even the Out-of-Pocket model, though inequitable, highlighted the dangers of leaving healthcare financing entirely to individuals. This experience underscored the need for a national insurance system that could protect households from catastrophic health expenditures, a central rationale for NHIS's creation (Ilugbaro, 2023; Chung, 2017).

In essence, the Baptist Mission's financing models served as historical prototypes for the NHIS. They demonstrated the strengths and weaknesses of donor-funded care, community pooling, subsidised contributions, and direct payments. By experimenting with these models decades earlier, the Mission provided Nigeria with practical lessons that informed the design of its national health insurance framework. The NHIS thus represents not a radical departure, but rather the institutionalisation of principles first tested in Yorubaland's faith-based healthcare systems (Adeyanju and Adeyanju, 2024; Njoku, Njoku and Asoronye, 2023).

Baptist Mission Health Financing Models in Yorubaland and Their Relevance to SDG 3

The findings of this study demonstrate that the Baptist Mission's health financing models in Yorubaland between 1907 and 1986 anticipated many of the principles later codified in Sustainable Development Goal 3 (Good Health and Wellbeing). By experimenting with donor-funded care, community retainerships, subsidised contributions, and out-of-pocket payments, the Mission provided practical solutions to the persistent challenge of healthcare financing in Nigeria. These models not only expanded access to medical services but also reflected broader themes of solidarity, equity, and institutional resilience.

A key insight is the Mission's ability to adapt financing strategies to shifting demographic, political, and economic realities. The Green Baptist Healthcare Scheme (GBHS) eliminated financial barriers and introduced modern medicine, but its reliance on donor funding proved unsustainable. The Social Retainership Healthcare Scheme (SRHS) localized Bismarckian principles of social insurance, fostering community solidarity and employer participation, yet excluded informal workers who formed the majority of Nigeria's labor force. The Subsidised Healthcare Scheme (SHS) balanced affordability with sustainability, offering risk-sharing mechanisms that anticipated later hybrid financing approaches.

Finally, the Out-of-Pocket model underscored the dangers of market-driven healthcare, exposing poorer households to inequities while reinforcing debates about universal coverage.
These findings align with global scholarship that emphasizes risk pooling, subsidies, and community participation as essential for equitable healthcare financing. They also highlight the enduring relevance of faith-based organisations as non-state actors capable of complementing government efforts. The Baptist Mission's models foreshadowed Nigeria's National Health Insurance Scheme (NHIS), which institutionalized many of the principles first tested in Yorubaland. However, the historical record also reveals limitations: dependence on external donors, exclusion of vulnerable groups, and weak integration into national policy frameworks.
The discussion therefore underscores two major contributions. First, it situates Baptist Mission healthcare financing as part of a wider genealogy of health systems that bridges local innovation with global paradigms. Second, it demonstrates how historical legacies can inform contemporary debates on universal health coverage in Nigeria. By revisiting these models, policymakers can draw lessons on balancing access, affordability, and sustainability, while avoiding the pitfalls of donor dependency and inequitable out-of-pocket financing.
The Baptist Mission's experience illustrates that achieving SDG 3 requires not only technical reforms but also social and institutional innovations rooted in community solidarity. The historical trajectory of Yorubaland's faith-based healthcare financing provides a valuable lens for rethinking Nigeria's path toward universal health coverage in the twenty-first century.

Conclusion

This study has examined the interplay between the Sustainable Development Goals (SDGs) and the Baptist Mission's health financing models in Yorubaland between 1907 and 1986. Through four distinct approaches the Green Baptist Healthcare Scheme (GBHS), Social Retainership Healthcare Scheme (SRHS), Subsidised Healthcare Scheme (SHS), and the Out-of-Pocket model the Mission expanded access to healthcare, reduced financial barriers, and introduced orthodox medicine to communities that had previously relied on traditional systems. Collectively, these models anticipated the principles later codified in SDG 3: Good Health and Wellbeing, decades before the United Nations formally articulated them.
Beyond their immediate impact, the Baptist Mission's models embody a historical legacy of innovation and resilience. They demonstrated the feasibility of donor-funded care, community retainerships, subsidised contributions, and market-driven financing, each reflecting different logics of resource mobilisation and risk-sharing. Importantly, they foreshadowed Nigeria's later National Health Insurance Scheme (NHIS), showing how faith-based organisations provided prototypes for national health financing reforms.
The conclusion that emerges is twofold: first, that faith-based organisations were central actors in advancing healthcare access and equity in Nigeria's history, and second, that their experiences remain relevant for contemporary policy discourse. Preserving and integrating these legacies into modern health financing debates can enrich strategies for achieving universal health coverage and sustaining progress toward SDG 3. In this way, the Baptist Mission's contributions are not merely historical footnotes but enduring lessons for building equitable and resilient health systems in the twenty-first century.

Recommendations

The Baptist Mission's health financing models should be systematically documented and analysed as prototypes for universal health coverage (UHC). Policymakers in Nigeria can draw on these historical experiences to design more inclusive and resilient health financing systems.

By recognizing the Mission's innovations such as donor-funded care, community retainerships, and subsidised contributions contemporary reforms can avoid repeating past mistakes and instead build upon proven strategies. This integration would also highlight the role of non-state actors in shaping Nigeria's health system, ensuring that policy debates reflect both governmental and faith-based contributions.

The Social Retainership Healthcare Scheme (SRHS) demonstrated the feasibility of employer-supported and community-based financing. However, its reach was limited to formal institutions such as banks, schools, and seminaries, leaving out the majority of Nigeria's workforce in the informal sector. Modern reforms should expand community-based health financing to include informal workers, artisans, and small-scale traders. This would address equity gaps and ensure that risk pooling mechanisms benefit all segments of society. By leveraging cooperative societies, trade unions, and local associations, Nigeria can broaden the inclusivity of health financing and move closer to achieving SDG 3.

The Subsidised Healthcare Scheme (SHS) showed that combining patient contributions with institutional subsidies can reduce catastrophic health expenditures while maintaining financial sustainability. Contemporary health reforms should adopt similar blended models, where government subsidies, donor support, and community contributions are pooled together to reduce the burden on households. Such strategies would balance affordability with sustainability, ensuring that healthcare remains accessible to low-income families while protecting institutions from financial collapse. This approach aligns with global best practices for universal health coverage in low- and middle-income countries.

Archival materials, oral histories, and missionary reports documenting Baptist Mission healthcare financing should be digitized and integrated into national health archives. Preserving these records will ensure that the contributions of faith-based organisations are not lost to history but remain accessible to researchers, policymakers, and future generations. Digitization also enhances transparency and allows comparative studies across different regions and time periods. By institutionalizing the preservation of these legacies, Nigeria can enrich its health policy discourse with historical evidence and strengthen the continuity between past innovations and present reforms.

The Baptist Mission's success underscores the importance of collaboration between faith-based organisations and government. Contemporary health reforms should strengthen such partnerships, particularly in rural and underserved areas where state provision remains weak. Faith-based organisations bring community trust, local knowledge, and institutional resilience, while government provides regulatory frameworks and financial support. Together, they can expand healthcare access, reduce inequities, and accelerate progress toward SDG 3. Formalizing these partnerships through policy frameworks and joint initiatives would ensure that both actors complement each other in achieving universal health coverage.

References

1. Adeniji, A. O. (2024, February 16). *Interview at Bowen University Teaching Hospital, Ogbomoso, Oyo State*.

2. Adeoti Ladeji, G. (2024, January 7). *Interview at her residence around Abepe, Ogbomoso, Oyo State*.

3. Adeyanju, S. A., & Adeyanju, B. D. (2024). Examining healthcare financing in Nigeria: Implications for attaining universal health coverage. *IOSR Journal of Economics and Finance, 15*(3), 19–23.

4. Amao. (2024, June 10). *Interview at Shalom Medical Centre, Sabo Starlight Area, Ogbomoso, Oyo State*.

5. Anaemene, B. U. (2016). Democratic governance and health care delivery in Nigeria 1999–2007. In S. Matheson (Ed.), *The Quint: An Interdisciplinary Quarterly from the North, 8*(4).

6. Chung, M. (2017, December 2). National healthcare reform: Learning from other major healthcare systems. *Princeton Public Health Review*. Retrieved February 14, 2022, from www.pphr.princeton.edu/2017/12/02/unhe

7. Daniel, A. G. (2023, December 10). *Interview at Paediatric Department, Bowen University Teaching Hospital, Ogbomoso, Oyo State*.

8. Dosher, E. P. (1959). Baptist medical work, 1958. *Nigerian Baptist*, May–June, 31. Also in *Our Baptist Witness* VF 2123C.

9. Dror, D. M., & Preker, A. S. (Eds.). (2002). *Social reinsurance: A new approach to sustainable community health financing*. Washington, DC: World Bank.

10. Elemile, P. O. (2023, December 2). *Interview at Cornerstone Medical Centre, Osogbo, Osun State*.

11. Harveston, K. (2018, May 21). 4 types of healthcare system. Retrieved February 14, 2022.

12. History of Baptist Medical Ministry in Nigeria, 1907–2019. (2021). Ibadan: Baptist Press.

13. Ilugbaro, O. D. (2023, January 9). *Interview via WhatsApp chat, Nurse, LAUTECH Teaching Hospital, Ogbomoso, Oyo State*.

14. Iyanda, O. F., & Akinyemi, O. O. (2014). Our chairman is very efficient: Community participation in the delivery of primary healthcare in Ibadan, Southwest Nigeria. *The Pan African Medical Journal*.

15. Liu, X., Lin, Z., Huang, J., Gao, H., & Shi, W. (2021). Evaluating the inequality of medical service accessibility using smart card data. In S. Gilmour (Ed.), *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*.

16. Matheson, S. (Ed.). (2016). *The Quint: An Interdisciplinary Quarterly from the North, 8*(4), 195.

17. Njoku, F. U., Njoku, I. A., & Asoronye, C. A. (2023). Historical development, legal framework, and institutional structure of NHIS in Nigeria. *Ekete International Journal of Advanced Research, 1*(2).

18. Omoruan, A., Bamidele, A., & Philips, O. (2009). Community-based health financing schemes in Nigeria: A review. *Research Journal of Medical Sciences, 3*(2), 73–78. https://doi.org/10.3923/rjms.2009.73.78

19. Olumakinde, E. A. O. (2023, November 22). *Interview at Baptist Building, GORAHP, Ibadan, Oyo State*.

20. Onwujekwe, O. (n.d.). Moving Nigeria from low coverage to universal health coverage: Health system challenges, equity and the evidence-base (Inaugural lecture).

21. Onwujekwe, O., & Uzochukwu, B. (2010). Health insurance and health financing in Nigeria: Challenges and opportunities. *Health Policy and Planning*.

22. Physiopedia. (2022.). Online course: Understanding rehabilitation as a health strategy programme. Retrieved February 15, 2022, from www.physiopedia.com/Health_Care_System

23. Popoola, O. (2024, January 12). *Interview at Jerico, Ibadan, Oyo State*.

24. Recommendation for Qualification and Condition of Service for Baptist Health Workers. (1953). Baptist Manuscript, J. C. Pool Library, Nigerian Baptist Theological Seminary, Ogbomoso.

25. Sabi, J. B. (2024, March 13 & 16). *Interview via WhatsApp chat, Chief Lecturer, Kwara State College of Education, Oro, Kwara State*.

26. Sachs, J. D. (2015). *The age of sustainable development*. New York: Columbia University Press.

27. World Health Organization. (2019). *Global monitoring report: Primary healthcare on the road to universal health coverage*. Geneva: WHO Press.

28. Xu, K., Evans, D. B., Carrin, G., Aguilar-Rivera, A. M., Musgrove, P., & Evans, T. (2007). Protecting households from catastrophic health expenditures. *Health Affairs, 26*(4), 972–983. https://doi.org/10.1377/hlthaff.26.4.972

ON THE UNIFORM ASYMPTOTIC STABILITY OF SOLUTIONS FOR A CERTAIN NON-AUTONOMOUS THIRD-ORDER DELAY DIFFERENTIAL EQUATION

Oudjedi Damerdji Linda Fatima
Laboratory of Research in Analytical and Operational Methodological Applications in Economics, Oran Graduate School of Economics

Chellali Cherifa
Laboratory of Research in Analytical and Operational Methodological Applications in Economics, Oran Graduate School of Economics

Abstract
In this work, we consider a class of third-order nonlinear non-autonomous delay differential equations. Using the direct Lyapunov method as the main analytical tool, we construct a complete Lyapunov functional to obtain sufficient conditions that guarantee the existence of solutions that are uniformly asymptotically stable and bounded, as well as to analyse the behavior of solutions at infinity.
Keywords: Stability; Lyapunov functional; boundedness; third-order delay differential equation.

FUGLEDE'S THEOREM FOR (N,M) POWER-NORMAL OPERATORS

CHERIFA CHELLALI
The Higher School of Economics

Oudjedi Damerdji Linda Fatima
The Higher School of Economics

Abstract
In this paper, we extend the classical Fuglede–Putnam theorem to the framework of n,m)-power-normal operators on a complex Hilbert space H. We begin by introducing the class of (n,m)-power-normal operators and establishing their basic properties, assuming throughout that all operators are bounded.
A significant part of our work is devoted to the analysis of algebraic operations on these operators. We investigate sufficient conditions under which the sum or the product of two (n,m)-power-normal operators remains, (n,m)-power-normal. Furthermore, we study the behavior of such operators under direct sums and tensor products, and prove that the class of (n,m)-power-normal operators is stable under these constructions.
We also explore the concept of isometric equivalence and show that if a (n,m)-power-normal operator is isometrically equivalent to another operator S, then S also belongs to the same class.
Finally, we establish that the Fuglede–Putnam theorem remains valid for a pair of commuting operators when one is (n,m)-power-normal and the other is normal. These results contribute to a broader understanding of generalized normality in operator theory and open new avenues for further investigation.
Keywords: Hilbert space; (n,m)-power-normal operators; n-normal operators; direct sum; tensor product; Fuglede–Putnam theorem; operator theory.

CLINICAL AND BIOCHEMICAL COMPARISON OF TWO VARIANTS OF SCREW-RETAINED SINGLE IMPLANT CROWNS

Valeria Martini
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Andrea Luzi
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Arianna Antonelli
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Francesco Evolo
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Nicholas Prosperi
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Gualtiero Gherardi
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Alessandro Auletta
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Alessio Zanza
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Sofia Leporale
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Marta Cianfriglia
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Luca Testarelli
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Rodolfo Reda
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome

Abstract

Background: The gold standard of implant-retained crowns has for many years been the metal-ceramic cement-retained crowns on a screwed-abutments. Today it represents an alternative if the implant positioning does not allow a screw-retained crown. The possibilities currently offered for this kind of rehabilitation in the posterior areas are represented by a chromium-cobalt/ceramic or a titanium/zirconia crown. These two solutions allow different productions workflows and generate different prosthetic interfaces at the implant abutment level. The aim of the study is to verify a significant difference in tissue response can be defined between these two different rehabilitations, 18 months after delivery.

Materials and methods: A total of 20 participants were included in the study, each of whom had at least two implants in the posterior sectors prosthetically treated with one of the two solutions previously illustrated. The values of Il-1β, IL-6, IL-8 were evaluated, together with the periodontal indices placque index (PI), gingival index (GI), probing depth (PD), bleeding on probing (BOP), gingival recession (REC).
Results: During the time of clinical observation, at t0 (1 month from the delivery), t1 (9 months after the delivery) and t2 (18 months after the delivery), both types of crowns performed satisfactorily from a clinical point of view. In light of the results obtained, it is possible to define that there are no statistically significant differences between the two techniques, although Cr-Co/Cer has slightly higher values than the other.
Conclusions: It is possible to hypothesize, and confirm through subsequent or longer-term studies, that this difference could lead to a clinically visible difference between these two prosthetic solutions in the longer term. The single crown in Cr-Co shows a different interface with the titanium implant connection compared to the titanium-titanium contact of the connection between the implant and the Ti-Zir crown.
The ceramic that is layered directly on the Cr-Co does not show a connection interface with it, other than the areas hand-finished by the technician, vice versa, the Ti-Zir crown shows an area in which the milled zirconia product is bonded onto the titanium abutment with a resin-based cement.
The causes of this slight difference could be either the better tissue response to titanium and zirconia, or an
Keywords: Cr-Co; Implants; Titanium; Resin; Screw-retained; Milling; Zirconia

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ASSESSING THE IMPACT OF HEALTHCARE INFRASTRUCTURE DEFICIENCIES ON THE MANAGEMENT AND OUTCOMES OF SPINAL CORD INJURIES IN NORTH CENTRAL NIGERIA

Oheiku Aisha Avosuahi
Faculty of Nursing and Allied Health Sciences, University of Abuja

ABSTRACT

Introduction

Spinal Cord Injuries (SCIs) are life-altering medical conditions that commonly lead to permanent disability and lifelong dependence. They affect not only the physical health of individuals but also their psychological, social, and economic well-being. Globally, SCIs are a major cause of morbidity, with low- and middle-income countries bearing the brunt due to weak healthcare systems (World Health Organization [WHO], 2013). In North Central Nigeria, the burden of SCIs is compounded by inadequate health infrastructure, delayed emergency response, and poor access to specialized care (Adebayo & Musa, 2021). These shortcomings often translate into delayed diagnosis, prolonged hospital stays, and poor rehabilitation outcomes. Given the lack of systematic investment in trauma and rehabilitative care, SCIs remain a persistent public health challenge in the region.

Background

North Central Nigeria is characterized by a fragile healthcare system marked by infrastructural deficiencies, limited workforce capacity, and weak emergency medical services (Okonkwo & Ibrahim, 2020). Patients with SCIs are especially vulnerable due to the time-sensitive nature of their injuries. Inadequate ambulance services, lack of trained personnel, poorly equipped trauma centers, and the scarcity of rehabilitation units all contribute to poor clinical outcomes (Akinwale & Johnson, 2018). The region also suffers from minimal policy implementation and fragmented data collection mechanisms, making planning and resource allocation difficult. Consequently, individuals with SCIs often experience lifelong disability with little or no support from formal healthcare structures.

Gap in the Study

Although several studies have investigated spinal cord injuries globally, there is limited region-specific research focusing on how infrastructural deficiencies directly influence the management and long-term outcomes of SCI patients in North Central Nigeria. Most existing studies tend to concentrate on broader issues of trauma or general disability management, overlooking the acute needs and systemic barriers unique to SCI care in this region. This systematic review addresses this gap by providing a comprehensive synthesis of how emergency service limitations, rehabilitation challenges, and policy inadequacies converge to affect patient outcomes in a low-resource setting.

Objective of the Review

The primary objective of this review is to systematically assess the impact of healthcare infrastructure deficiencies on:

- The management of spinal cord injuries
- Rehabilitation and recovery outcomes
- Morbidity and mortality rates
- Overall quality of life for SCI patients in North Central Nigeria

Significance of the Study

This study is crucial for several reasons:

- **Addresses a Neglected Public Health Issue:** It highlights the burden of SCIs in an underserved population.
- **Reveals Critical Healthcare Gaps:** It identifies deficiencies in emergency response, skilled workforce, rehabilitation services, and policy execution.
- **Informs Policy and Infrastructure Development:** It provides empirical evidence for directing investment in trauma and rehabilitation infrastructure.
- **Contributes to Academic Knowledge:** It fills a research gap concerning SCIs in low-resource settings and offers a base for future research.
- **Promotes Disability Advocacy and Health Equity:** It encourages inclusive planning for patients with disabilities.
- **Supports Clinical and Educational Improvement:** The findings can inform medical and nursing curricula focused on SCI management.

Methodology

This study adopted a systematic review design guided by the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines. Data were retrieved from electronic databases including PubMed, Google Scholar, African Journals Online (AJOL), and Scopus. Boolean operators and Medical Subject Headings (MeSH) terms such as "spinal cord injury," "healthcare infrastructure," "rehabilitation," and "North Central Nigeria" were used to refine searches.

Inclusion Criteria:

- Peer-reviewed articles, hospital-based audits, government policy papers, and grey literature.
- Studies conducted in Nigeria, particularly in North Central regions
- Published between 2013 and 2024
- Articles focused on spinal cord injury management and infrastructure

Exclusion Criteria:

- Studies published before 2013
- Research not focused on Nigeria or lacking relevance to spinal cord injuries
- Articles that did not address infrastructure or healthcare delivery systems
- Non-English publications
- Opinion pieces, commentaries, and non-peer-reviewed blog posts or editorials

A total of 25 documents were selected. Thematic analysis was conducted using NVivo 12 software to identify recurrent themes related to emergency services, professional workforce, rehabilitation infrastructure, and policy frameworks. The review analyzed data related to 560 patients.

Key Findings

1. Emergency Services:

- Poor ambulance availability and lack of coordination
- Delays in first aid and transportation to trauma centers
- Absence of pre-hospital care protocols
- Increased mortality due to treatment delays (Owolabi et al., 2022)

2. Workforce Shortage:

- Severe shortage of neurosurgeons, trauma nurses, and physiotherapists
- Healthcare providers are overstretched and undertrained in SCI care (Bakare et al., 2023)

3. Rehabilitation Deficits:

- Few dedicated rehabilitation centers
- Limited access to physiotherapy and occupational therapy
- Poor follow-up and absence of community reintegration programs (Ogunniyi & Salawu, 2021)

4. Policy & Governance Gaps:

- Weak enforcement of health policies related to trauma and rehabilitation
- Minimal investment in SCI-specific care
- Lack of strategic planning and absence of reliable data systems (Federal Ministry of Health, 2022)

Impact on Patients

The cumulative effect of these infrastructural gaps results in:

- Delayed diagnosis and intervention
- Increased risk of complications such as pressure ulcers and infections
- Extended hospital stays and poor recovery
- Permanent functional impairment
- Psychological trauma and financial hardship for families (Eze et al., 2021)

Discussion

Findings confirm that the healthcare infrastructure in North Central Nigeria is grossly inadequate for managing SCIs. A multisectoral approach combining healthcare, transport, education, and social welfare is essential for meaningful improvement (WHO, 2013). Without emergency preparedness, skilled professionals, and post-acute care, SCI patients will continue to face poor prognoses. Investment in trauma care and rehabilitation must be prioritized in national and regional health policies (Bakare et al., 2023).

Recommendations

- **Invest in Infrastructure:** Establish trauma and rehabilitation centers with SCI units in all state capitals.
- **Capacity Building:** Provide specialized training for nurses, doctors, and therapists.
- **Strengthen Emergency Systems:** Equip ambulances and implement national pre-hospital care protocols.
- **Policy Reform:** Develop inclusive and enforceable healthcare policies with budgetary provisions for SCI.
- **Community-Based Care:** Promote home care services and reintegration programs for SCI survivors.

Conclusion

Spinal cord injuries are a serious yet neglected public health challenge in North Central Nigeria. Infrastructural deficiencies critically hinder timely and effective management, leaving many patients with lifelong disabilities. Strategic interventions including investment, training, policy enforcement, and community reintegration are necessary to improve outcomes. Now is the time for decisive action to prevent further human and economic loss.

References

Adebayo, T., & Musa, L. (2021). Challenges in spinal cord injury rehabilitation in North Central Nigeria. *Nigerian Journal of Medicine*, 30(2), 102–110.

Akinwale, L., & Johnson, T. (2018). Emergency care gaps in spinal cord injury management in Northern Nigeria. *African Journal of Trauma Medicine*, 12(3), 122–130. https://doi.org/10.1234/ajtm.v12i3.5678

Bakare, M., Idowu, T., & Salami, K. (2023). Human resource constraints in spinal cord injury care in sub-Saharan Africa. *African Journal of Health Systems*, 45(1), 45–53.

Eze, B., Okoye, I., & Alabi, R. (2021). Socioeconomic burden of spinal injuries in Nigeria. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*, 12(4), 456–462.

Federal Ministry of Health. (2022). *National Strategic Health Development Plan II (2021–2025)*. Abuja: Government of Nigeria.

Okonkwo, J. U., & Ibrahim, A. T. (2020). Health infrastructure gaps and trauma care. *West African Medical Journal*, 35(4), 155–163.

Owolabi, M. O., Adebayo, B. W., & Danesi, M. A. (2022). Pre-hospital trauma response systems in Nigeria: An urgent need. *International Journal of Emergency Medicine*, 15(2), 78–85.

ADVANCED METHODS FOR HIGHER-ORDER CUMULANTS IN STATISTICAL MODELS WITH FIXED AND RANDOM EFFECTS

Patrícia Antunes
Polytechnic University of Castelo Branco, Sport Physical activity and health Research & INnovation CenTer (SPRINT-IPCB)
Center of Mathematics and Applications, University of Beira Interior

Sandra Ferreira
Department of Mathematics, Center of Mathematics and Applications, University of Beira Interio

Dário Ferreira
Department of Mathematics, Center of Mathematics and Applications, University of Beira Interior

Abstract
This study presents advanced methods for estimating higher-order cumulants, specifically fourth-order cumulants, within statistical models incorporating both fixed and random effects. The introduced method framework utilizes the cumulant generating function. We use this to extract clear expressions for these cumulants then, we apply least squares estimation to compute the parameters from independent and identically distributed info. A major aspect of the models employed is they're bi-additive structüre, this enables the split of total variation into orderly and probabilistic parts, allowing for identification of the distributions shape traits. This is super important for making precise and reliable guesses about distributional things.
The results demonstrate that the developed estimators exhibit strong theoretical properties and improve inferential accuracy in the joint estimation of location, disperson, and form parameters. This approach truly changes statistical modeling. It provides solid tools in fields where complicated data structures, and deep distributional descriptions are central.
Keywords: cumulants, higher-order statistics, least-squares estimators, statistical modeling

EMERGING SURGICAL INNOVATIONS IN GLAUCOMA MANAGEMENT

Dr. Koosha Koorehpaz
Ophthalmology Resident, Department of Ophthalmology, Farabi Eye Hospital, Tehran University of Medical Science
ORCID: 0009-0001-4321-4119

ABSTRACT
Glaucoma continues to be a major cause of irreversible blindness globally. Although pharmacological treatments and laser therapies remain essential components of disease management, recent advancements in surgical techniques have significantly reshaped the therapeutic landscape. These innovative approaches aim to improve treatment effectiveness, reduce complications, and enhance patients' quality of life. Glaucoma is marked by progressive optic nerve damage, often linked to elevated intraocular pressure (IOP). Traditional surgical interventions such as trabeculectomy and tube shunt implantation have proven effective but are associated with considerable risks and intensive postoperative care. In recent years, there has been a notable shift toward less invasive, safer, and more predictable surgical options. The emergence of novel devices and techniques has broadened the scope of personalized treatment. Minimally Invasive Glaucoma Surgery (MIGS) represents a major advancement in surgical management, offering effective IOP reduction with a favorable safety profile. MIGS procedures are generally indicated for patients with mild-to-moderate glaucoma and are frequently performed in conjunction with cataract surgery. Common MIGS procedures include the iStent and iStent inject, Hydrus Microstent, and Kahook Dual Blade (KDB) goniotomy. In addition to MIGS, new implantable devices have further expanded surgical options. The Xen Gel Stent, a soft gelatin-based tube inserted ab interno, creates a subconjunctival drainage pathway that mimics trabeculectomy while minimizing invasiveness and risk. Another device, the Preserflo MicroShunt, formerly known as the InnFocus MicroShunt, provides a bleb-forming subconjunctival drainage mechanism through a relatively straightforward implantation technique. It is increasingly used in patients with moderate to severe glaucoma. Emerging technologies also include laser-assisted MIGS and robotic-assisted glaucoma surgery, which aim to enhance surgical precision and reduce operator variability. However, these methods are still in the early stages of clinical application. Looking ahead, the future of glaucoma surgery lies in personalized, patient-centered approaches. Surgeons are increasingly combining MIGS devices with laser or pharmacological therapies tailored to each patient's disease severity, ocular anatomy, and overall risk profile. Recent innovations emphasize reducing the treatment burden, increasing safety, and sustaining efficacy. MIGS and novel implantable devices are gaining popularity due to their simplicity and favorable outcomes. While traditional surgeries remain essential in managing advanced glaucoma, the field is rapidly evolving. Ongoing clinical trials and long-term data will be critical in shaping future standards of care and optimizing patient selection for various surgical strategies.
Keywords: Glaucoma, Intraocular pressure, Management, Surgical strategies.

3D CEPHALOMETRIC AND TFA-BASED VERTICAL SKELETAL EVALUATION IN ORTHOGNATHIC SURGERY: ANALYSIS OF A CONSECUTIVE CASE SERIES

R. Moramarco
Department of Oral and Maxillo-Facial Sciences, Sapienza University of Rome

M. Cianfriglia
Department of Oral and Maxillo-Facial Sciences, Sapienza University of Rome

S. Leporale
Department of Oral and Maxillo-Facial Sciences, Sapienza University of Rome

V. Martini
Department of Oral and Maxillo-Facial Sciences, Sapienza University of Rome

C. Marocco
Department of Oral and Maxillo-Facial Sciences, Sapienza University of Rome

C. Bramucci Fondazione Policlinico Universitario Campus Bio-Medico

F. Sestito
Department of Oral and Maxillo-Facial Sciences, Sapienza University of Rome

R. Reda
Department of Oral and Maxillo-Facial Sciences, Sapienza University of Rome

L. Testarelli
Department of Oral and Maxillo-Facial Sciences, Sapienza University of Rome

T. Testori
IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi
Department of Biomedical, Surgical and Dental Sciences, University of Milan
Department of Periodontics and Oral Medicine, School of Dentistry, University of Michigan

G. Perrotti
6Lake Como Istitute

ABSTRACT

Aim: Cephalometry is fundamental in diagnosis, analysis, and planning of orthodontic surgical treatment as it reveals skeletal relationship between the upper and lower jaw as well as facial aesthetic parameters. Nevertheless, 3D cephalometry has still not become the exam of choice in orthognathic treatment even though today CBCT (Cone Beam Computed Tomography) is routinely used in other branches of dentistry. The aim of this study is to evaluate the advantages and disadvantages of the two methods in orthognathic surgery.

Materials and Methods: In a sample of 13 patients undergoing bimaxillary orthognathic surgery a chin-vertex CBCT exam was prescribed prior to orthodontic treatment (OT)and 12 months after surgery (T1). The DICOM files uploaded to MaterialiseSimplant Ortho software pro 2.1 (Materialise Co.,Leuven, Belgium) were analyzed following the multiplane 3D Total Face cephalometry protocol (TFA).

Results: Results comparing pre-op and post-op TFA 3D cephalometry, were then evaluated considering reference values reported in literature. The CBCT, carried out preand post-surgery, were subsequently analyzed employing the superimposition method using cranial base as reference.

Discussion and Conclusions: The TFA 3D cephalometry allows the assessment of various bones not only singularly but also considering the rightproportion with others.The advantages ofTFA cephalometry are mostly due to speed of execution thanks to a user-friendly interfacerequiring a learning curve that is similar to traditional 2D cephalometry methods.This 3D analysis was carried out evaluating the relationship between skeletal structures making the approach especially flexible and dynamic. The 3D visualization allowsthe determination of the extent of skeletal disharmony.

Multiplane 3D TFA allows the clinician to locatewhere major or minor skeletal discrepancies are found with respect to ideal parameters and is alsouseful in classifying skeletal intermaxillary relation. The superimposition method is highly intuitivebut does not provide information on the quantity and location of osteotomic movement.

Keywords: total face approach; superimposition; orthognathic surgery.

THE POTENTIAL ANTI-ALLERGENIC EFFECT OF HORSERADISH IN THE DEVELOPMENT OF BIOACTIVE PACKAGING

Bianca ȘUIAN
”Ștefan cel Mare” University of Suceava, Faculty of Food Engineering
ORCID: 0009-0002-9599-1769

Sonia AMARIEI
”Ștefan cel Mare” University of Suceava, Faculty of Food Engineering
ORCID: 0000-0002-1081-1080

Ancuța PETRARU
”Ștefan cel Mare” University of Suceava, Faculty of Food Engineering
ORCID: 0000-0001-8370-0456

ABSTRACT

In the context of food safety and environmental sustainability, the shift from conventional packaging materials toward natural alternatives has garnered increasing attention. This transition is driven by the escalating adverse impacts of plastic packaging, which, through prolonged contact, can facilitate the migration of microplastics into food matrices and, when inadequately managed, significantly contribute to environmental pollution.

Plant-derived components, including extracts and residues from fruits, vegetables, and root crops, represent promising candidates for incorporation into biodegradable packaging matrices due to their intrinsic antioxidant and antimicrobial properties. These bioactive constituents serve as functional additives, enhancing the active properties of packaging materials and effectively extending the shelf life of food products, thereby indirectly mitigating environmental burdens.

To elucidate the current research landscape and identify future investigative trajectories, this study undertakes a bibliometric analysis of specialized literature published over the past five years. Horseradish (*Armoracia rusticana*), notable for its anti-allergenic potential and relevant biofunctional characteristics, emerges as an underexplored resource within the domain of active food packaging.

This work evaluates the bioactive profile of horseradish, focusing on polyphenolic compounds, flavonoids, vitamin C content, and fatty acid composition. Horseradish roots were subjected to lyophilization and subsequent extraction using two solvent systems: a hydroalcoholic mixture (methanol:water, 1:1 v/v) and ultrapure water. Extraction parameters—ultrasonic amplitude, temperature, and time—were optimized via a Box–Behnken experimental design, generating 17 experimental conditions.

The hydroalcoholic solvent system exhibited superior extraction efficiency, attributable to enhanced solubility of target phytochemicals in solvents with lower polarity. Quantitative analyses revealed an antioxidant capacity of 96.93%, total polyphenol content of 4.61 mg GAE/g, flavonoid content of 13.12 mg QE/g, and vitamin C concentration of 105.32 mg/100 g dry weight. The polyphenolic spectrum identified key compounds such as protocatechuic, p-hydroxybenzoic, vanillic, caffeic, chlorogenic, p-coumaric, and rosmarinic acids, all associated with anti-allergenic activity. Additionally, the fatty acid profile featured polyunsaturated acids including linolelaidic, linoleic, and linolenic acids, which contribute anti-inflammatory and antioxidant effects.

Collectively, these findings substantiate horseradish as a potent source of bioactive molecules suitable for incorporation as active agents in biodegradable food packaging films, with promising applications in extending shelf life and reducing allergenic risks.

Keywords: root horseradish, bioactive packaging, natural extracts, flavonoids

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

PREDICTION OF MANGO QUALITY AND DISEASE DETECTION USING DEEP LEARNING

K. Thejas kumar
EEE Department, Dr. M.G.R. Educational and Research Institute

A. Shobana
EEE Department, Dr. M.G.R. Educational and Research Institute

Professor K. Sujatha
EEE Department, Dr. M.G.R. Educational and Research Institute

Asso. Professor N.P.G. Bhavani
ECE Department, Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences

Tatireddy Omsai Reddy
ECE Department, Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences

Assistant Professor D. Kabilan
EEE Department, Meenakshi College of Engineering

Abstract
This study offers a thorough analysis of current developments in mango disease detection and quality evaluation, highlighting their vital significance in light of the world's food shortage. It demonstrates how plant diseases have a significant influence on food production and how urgently precise and prompt disease detection techniques are needed. Artificial Neural Networks (ANNs) and Deep Learning (DL) show promise as efficient remedies. This study carefully examines a wide variety of deep learning methods, including Convolutional Neural Networks (CNNs) and Artificial Neural Networks (ANNs), specifically designed for mango disease diagnosis. Important topics including feature extraction optimization, model generalization, and dataset quality are carefully covered. Additionally, the study explores mango quality evaluation and fruit grading from the perspectives of image processing and machine learning, clearly favouring CNNs because of their better performance. It goes into detail on novel methods for classifying fruit maturity as well as further DL-based techniques for fruit segmentation and detection. The study discusses fruit categorization and sorting in great detail, showcasing the remarkable accuracy attained by image-based methods, in addition to disease diagnosis and quality evaluation. When taken as a whole, this article offers significant insights into how technology might be used to improve mango quality and precisely and efficiently support global food security.
Keywords: Deep Learning (DL) , Convolutional Neural Networks(CNN), Artificial Neural Networks (ANN), Image Processing.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

END-TO-END VISUAL SEARCH ON AWS: COMBINING SAGEMAKER EMBEDDINGS AND ANN INDEXING FOR E-COMMERCE

Pınar ERSOY
Department of Research & Development, Commencis
ORCID: 0000-0001-9591-3037

Mustafa ERŞAHIN
Department of Research & Development, Commencis

ABSTRACT
Image similarity search is a central problem in computer vision and a key enabler for visual search in e-commerce. This article analyzes image similarity techniques that can be deployed on Amazon Web Services (AWS), covering both fully managed services and custom deep learning workflows based on Amazon SageMaker and vector search back ends. Building on the classical content-based image retrieval (CBIR) literature and recent deep learning surveys [1]–[3], we review the transition from handcrafted descriptors to deep embedding models and metric–learning–based representation learning [8], [9]. We then describe practical pipelines for image similarity on AWS, focusing on product-level visual search in fashion and apparel, and discuss how embeddings are indexed using approximate nearest neighbor (ANN) structures such as hierarchical navigable small-world (HNSW) graphs [10]. A conceptual and qualitative comparison of techniques is presented, emphasizing the effect of (i) traditional versus deep features, (ii) different similarity metrics (cosine, Euclidean), and (iii) brute-force versus ANN indexing. On this basis, we provide a structured qualitative comparison of feature representations, similarity metrics, and indexing strategies, and we discuss how these design choices affect scalability and expected retrieval performance in e-commerce visual search.
Keywords: Computer Vision, Image Similarity, Approximate Nearest Neighbor, Deep Metric Learning.

INTRODUCTION
Content-based image retrieval (CBIR) has been used for decades to retrieve images from large repositories based on image content rather than textual metadata [1]. Early methods predominantly leaned on low-level visual cues, such as color, texture, and shape, to construct feature vectors for similarity calculation [1]. With the rapid development of digital imagery and the growing complexity of retrieval tasks, recent work has highlighted scalable architectures, user interaction, and application-specific constraints [2], [3]. E-commerce platforms require retrieval models that can handle fine-grained inter-class variations while remaining vital to shifts in posture, lighting, and background.

Deep learning has substantially changed the landscape of image retrieval. Instead of hand-coded descriptors, deep convolutional and transformer-based architectures learn image embeddings from data, often optimized with task-specific metric-learning objectives [2], [8], [9]. These embeddings can be compared with simple distance metrics to implement powerful similarity search capacities. At the same time, approximate nearest neighbor indexing methods such as HNSW have emerged as a practical means to serve similarity queries at web scale with low latency [10].

Cloud computing platforms enable the deployment of such techniques without requiring on-premises infrastructure. AWS provides a rich ecosystem of services, including storage (Amazon S3), managed training and inference (Amazon SageMaker), managed computer vision APIs (Amazon Rekognition), and managed vector search backends (e.g., OpenSearch Service with k-nearest-neighbor extensions), from which complete image similarity pipelines can be composed. In the e-commerce context, this allows retailers to implement visual search, "shop the look," and near-duplicate detection pipelines that directly leverage modern representation learning.

This article has two main objectives. First, it provides a concise literature-grounded overview of image similarity methods relevant for e-commerce, with an emphasis on deep metric learning and fashion-oriented retrieval systems [1]–[3], [6], [7]–[9]. Second, it offers a structured, practitioner-oriented comparison of alternative feature representations and indexing strategies in a fashion visual search scenario, highlighting how model choice and indexing method are expected to affect retrieval quality and query latency in an operationally realistic setting, while explicitly remaining at the level of conceptual and literature-based analysis rather than reporting new experimental results.

LITERATURE REVIEW

A. Classical CBIR and Local Feature Descriptors

Surveys of early CBIR systems describe architectures that decompose an image into one or more global feature vectors, typically color histograms, texture descriptors, and simple shape summaries, and compute similarity based on distances in that low-level feature space [1]. Distance metrics, such as Euclidean or L1 norms, were used to rank images based on their closeness to the query. Although these approaches provided a generic framework, they were limited in their ability to represent complex object categories and high intra-class variation [1], [3].

Subsequent work focused on local feature descriptors, extracting salient interest points, and describing their surrounding neighborhoods using invariant feature vectors. Suggestive examples include scale-invariant key point descriptors [4] and Speeded-Up Robust Features (SURF) [5]. These methods detect local configurations and define them in a form that is robust to scaling, rotation, and moderate affine transformations [4], [5]. In a CBIR setting, sets of local descriptors can be aggregated using a bag-of-visual-words or related encoding schemes, and images are ranked based on distances between these aggregated phrases [1], [2].

While local descriptors and bag-of-words models improved robustness compared to purely global color or texture features, they still primarily represent low-level appearance information. As noted in survey work on image and video retrieval [3], such representations often fail to capture semantic similarity, and their performance saturates on large-scale, fine-grained retrieval tasks. This motivated a transition to data-driven representation learning.

B. Deep Learning for Image Retrieval and Fashion E-Commerce

Deep learning architectures have increasingly replaced hand-crafted descriptors in content-based image retrieval (CBIR). A detailed survey of deep-learning-based CBIR highlights how convolutional networks and related architectures are used to produce image embeddings that surpass traditional descriptors in terms of accuracy and robustness. CNNs pre-trained on large-scale classification datasets can be reused as generic feature extractors, while task-specific fine-tuning further enhances performance on retrieval domains [2], [3].

In fashion and apparel e-commerce, retrieval tasks are inherently fine-grained: small changes in shape, texture, or pattern often determine whether two items are perceived as similar. Deep learning models are effective in this domain. For example, multimodal deep learning frameworks that combine visual features with textual attributes provide flexible fashion product retrieval by learning joint representations that align images and attributes [6]. Fine-grained attire classification models constructed on improved ResNet-based architectures and loss functions tailored to subtle intra-class differences have also been presented [7]. Such measures conduct high accuracy on apparel classification benchmarks and provide biased feature spaces that are intrinsically functional to retrieval.

These developments align with broader directions in CBIR, where deep architectures not only serve as feature extractors but also as end-to-end-optimized retrieval systems [2]. Deep hashing, attention mechanisms, and multimodal fusion have been employed to further increase retrieval accuracy and efficiency, especially in domains where both visual and textual signals are available [2], [6].

C. Deep Metric Learning and Embedding Spaces

Deep metric learning aims to learn embedding functions that map images into a feature space where semantic similarity corresponds to geometric proximity [8], [9]. Surveys of deep metric learning highlight that, instead of training a network solely for classification, the learning objective is formulated in terms of distances between samples, promoting small distances for semantically similar images and large distances for dissimilar photos [8], [9].

Two comprehensive origins of loss functions are prominent. A loss function based on pairs aims to reduce distances for positive pairs while increasing them for negative pairs. This strategy is clear in techniques such as contrastive losses and triplet-based formulations. Although these methods are effective, they require meticulous sampling procedures and may exhibit slow convergence due to the overwhelming number of possible tuples.

The second lineage, proxy-based strategies, presents trainable proxy vectors that represent classes. Distances are computed between sample embeddings and proxies, and loss operations are defined over these distances [8], [9]. Proxy-based approaches provide stable slopes and are precise in large-scale settings [9]. The survey results emphasize that such losses have evolved traditional building blocks in deep metric learning pipelines for tasks including person re-identification, face verification, and product classification.

In all cases, the learned embedding space is queried using simple distance metrics such as Euclidean distance or cosine similarity. The metric itself is typically not learned explicitly; instead, the network parameters are optimized so that the chosen metric becomes meaningful in the induced feature space [8], [9].

D. Approximate Nearest Neighbor Search

A practical deployment of image similarity at e-commerce scale must support queries over millions of embeddings with strict latency requirements. Exhaustive search in such settings is computationally expensive, motivating the use of ANN indexing structures.

The HNSW graph is a widely used approach that organizes embeddings in a hierarchical small-world graph structure [10]. During query time, a greedy search is performed over the graph, starting from the upper layers and moving towards the query's neighborhood in the lower layers. This induces sublinear query duration with high recall, approximating the exact nearest-neighbor search [10]. The method has been extensively evaluated and found to be efficient and robust across a range of datasets and distance metrics [10].

In a cloud context, such as AWS, HNSW-style indexing is frequently used under the hood of managed vector search services. Embeddings produced by deep models can thus be indexed and retrieved in milliseconds, even when catalogs contain millions of product images.

MATERIALS AND METHODS

This section describes how the above techniques can be instantiated using AWS services. We focus on a typical e-commerce visual search scenario in which users upload a product photograph and receive visually similar items from the catalog.

Dataset and Preprocessing

The input data consists of product images and associated metadata from an e-commerce catalog. The dataset images are stored in an Amazon S3 bucket, organized by product identifier. For algorithmic analysis, one can assume a dataset representative of fashion retrieval tasks, inspired by the fine-grained clothing and collar datasets discussed in [6], [7]. These datasets exhibit high intra-class variability and inter-class similarity, which closely reflect real-world apparel search challenges [6], [7].

Preprocessing includes:

- Image normalization: Resizing images to a fixed resolution and normalizing pixel intensities to match the expected input distribution of the chosen deep model.
- Data augmentation: Random flips, crops, and color jitter to increase robustness to pose and illumination changes during any fine-tuning phase [2].
- Metadata normalization: Optional cleaning and structuring of product attributes for downstream multimodal extensions (e.g., combining image embeddings with text embeddings [6]).

Embedding Models on SageMaker

A central component is the embedding model, which is deployed on Amazon SageMaker. Several configurations are possible:

- Pre-trained CNN: A typical convolutional backbone can be obtained from a model zoo and employed as a static feature extractor. The last classification layer is eliminated, and the activations from the second-to-last layer create a dense embedding vector for every image. This method uses standard image features and requires no further training.
- Fine-tuned classification: The same backbone can be fine-tuned for a fashion classification task using product labels, thereby aligning the feature space with the domain. Cross-entropy losses on product categories encourage the network to separate visually distinct classes, indirectly improving retrieval performance [2].
- Deep metric learning model: A more sophisticated framework includes clear metric learning goals, as detailed in references [8] and [9]. In SageMaker, a personalized training script can apply a metric-learning loss across mini-batches of images. The resulting embeddings are optimized explicitly for similarity ranking. Hyperparameters, embedding dimensionality, batch size, and loss parameters are tuned based on retrieval metrics on a validation set.

In all cases, the trained model is deployed to SageMaker as a real-time inference endpoint. Given an input image stored in S3, an inference request returns a fixed length embedding vector.

Vector Indexing and Search

Embedding computation for the entire catalog is implemented as follows:

- A SageMaker Processing or Batch Transform job iterates over all product images in S3.
- For each image, the embedding model endpoint is invoked to compute its feature vector.
- The resulting embeddings, together with product identifiers, are stored in a vector index.

On AWS, two deployment patterns are typical:

- OpenSearch Service with k-NN plugin: Embeddings are stored as dense vector fields in an OpenSearch index configured with HNSW-based k-NN search. ANN queries retrieve the top-k similar vectors for a given query embedding with sub-linear complexity, as motivated by [10].
- Managed or self-managed vector database: Alternatively, a vector database can be hosted on EC2 or Kubernetes, where HNSW or related ANN structures are implemented directly, again following the principles described in [10].

At query time, the system performs the following steps:

1. A user uploads a query image via an API endpoint (AWS API Gateway).
2. An AWS Lambda function retrieves the image from a temporary S3 location and sends it to the SageMaker inference endpoint to obtain the query embedding.
3. The embedding is submitted to the vector index, which returns the top-k nearest neighbors according to cosine similarity.
4. Product metadata and images for these neighbors are retrieved from S3 and returned to the client as part of the search results.

Baseline Using Amazon Rekognition

Amazon Rekognition provides pre-packaged image analysis APIs, including object and scene detection, as well as a domain-specific face similarity search. Internally, Rekognition indexes face embeddings and returns matches based on similarity scores. Although this is primarily targeted at identity recognition rather than product retrieval, it illustrates the same principle: high-dimensional embeddings compared with simple metrics.

For non-facial product similarity, Rekognition's label detection could be combined with a categorical similarity measure over detected labels. However, such label-based similarity is generally coarser than embedding-based similarity and is better viewed as a complementary signal rather than a standalone alternative.

Evaluation Metrics

In empirical studies of image similarity pipelines, the following retrieval metrics are commonly used [2], [3]:

- Precision@K: fraction of retrieved items among the top K that are judged truly similar to the query.
- Recall@K: fraction of all relevant similar items in the catalog that are retrieved among the top K.
- Mean Average Precision (mAP): average of the precision, averaged over queries.

Ground-truth similarity can be defined via curated pairs, category labels (same subcategory), or human judgments. For fashion datasets, curated cross-scenario pairs and fine-grained class labels, as used in [6] and [7], are particularly suitable.

DISCUSSION AND CONCEPTUAL COMPARISON

In this section, we provide a conceptual comparison of different image similarity techniques as they would behave in an AWS-based deployment. The comparison is structured along two axes: (i) feature representation and (ii) indexing method and is based on qualitative reasoning informed by the existing literature rather than on new experimental measurements.

A. Feature Representations

1) Traditional descriptors

Feature vectors derived from local descriptors and bag-of-words encodings capture robust low-level structures [4], [5]. However, surveys report that such representations are limited when the goal is to capture semantic similarity across complicated backgrounds and fine-grained object categories [1]–[3]. In an e-commerce context, two visually similar garments with different textures may not produce sufficiently similar local feature distributions, which can degrade retrieval precision.

2) Pre-trained deep embeddings

Substituting hand-crafted descriptors with embeddings from a pre-trained CNN has been shown to improve retrieval quality substantially [2]. The literature reports that off-the-shelf CNN features provide significant gains in mAP and Precision@K across multiple CBIR benchmarks compared to SIFT-based baselines [2]. In an AWS-based setting, an analogous configuration in which a pre-trained ResNet-50 model is deployed on SageMaker and used as a fixed feature extractor can therefore be expected to yield fashion retrieval results in which query images retrieve items with broadly similar silhouettes and color compositions.

3) Metric-learning–based embeddings

Survey results indicate that deep metric learning techniques can further improve retrieval performance by structuring the embedding space around similarity relationships [8], [9]. In domains such as face verification, person re-identification, and product retrieval, metric-learning–optimized embeddings achieve substantially higher verification and retrieval rates than embeddings trained with classification-only objectives [9]. By analogy, in the context of fashion e-commerce, a metric-learning model fine-tuned on curated pairs and triplets can be expected to produce tighter clusters of identical or stylistically similar items in the feature space. In an AWS pipeline, this corresponds to a SageMaker training job that uses either pair-based or proxy-based metric learning losses [8], [9]. At a conceptual level, such models are expected to separate visually similar yet semantically distinct products more clearly, while grouping items within the same category and style.

B. Similarity Metrics

With normalized embeddings, cosine similarity and Euclidean distance yield equivalent rankings. Empirical findings from CBIR studies indicate that cosine similarity is slightly more stable when embeddings are generated by deep networks with batch normalization or other scaling [2]. In the AWS environment, cosine similarity is typically used by vector indices and avoids direct reliance on vector norms. The effect of metric choice is more pronounced when embeddings are not normalized or when representations come from heterogeneous sources. In such cases, appropriate normalization and learned distance measures can further refine retrieval performance [6], [9].

C. Indexing with Exhaustive and ANN

If embeddings are stored in a simple key-value store, exhaustive linear search can be performed by computing distances between a query embedding and all stored vectors. This method is concise and achievable for modest-sized catalogs when vectorized computation is used. However, computational cost grows linearly with catalog size, making exhaustive search inappropriate for large-scale e-commerce deployments.

ANN methods provide a more scalable alternative. Prior work has shown that HNSW achieves high recall while reducing query time by organizing embeddings in a hierarchical graph structure [10]. In particular, Malkov and Yashunin report that HNSW can recover between roughly 90% and 99% of the exact nearest neighbors while achieving orders-of-magnitude speedups over exhaustive search on a range of benchmark datasets [10].

In the AWS context, adopting HNSW-based indexing via a managed service allows catalogs with hundreds of thousands or millions of product embeddings to sustain search latencies on the order of tens of milliseconds. This is sufficient for interactive visual search applications. Configuration parameters such as graph connectivity and search breadth control the trade-off between recall and latency [10]. For most e-commerce use cases, near-perfect recall of exact nearest neighbors is not strictly required; retrieving a set of visually similar entities with high probability is adequate, making ANN an attractive choice.

D. Conceptual Metric- and Algorithm-Based Comparison

The following conceptual comparison summarizes trade-offs between three representative pipelines that could be implemented on AWS; it is derived from the architectural considerations and trends reported in the literature rather than from new empirical measurements.

Pipeline A – Traditional features + exhaustive search:

- Features: local descriptors aggregated into bag-of-words histograms [4], [5].
- Similarity: Euclidean distance between histograms.
- Indexing: exhaustive search over vectors.
- Expected behavior: low retrieval accuracy for fine-grained fashion similarity; acceptable latency only for small catalogs; limited semantic expressiveness [1]–[3].

Pipeline B – Pre-trained CNN embeddings + HNSW index:

- Features: deep embeddings from a pre-trained ResNet-like backbone on SageMaker.
- Similarity: cosine similarity on L2-normalized embeddings.
- Indexing: HNSW-based ANN [10].
- Expected behavior: strong baseline retrieval quality, robust to pose and illumination changes; excellent scalability in catalog size due to ANN; modest development cost.

Pipeline C – Metric-learning–optimized embeddings + HNSW index:

- Features: embeddings from a model fine-tuned on domain-specific data using deep metric learning objectives [8], [9].
- Similarity: cosine similarity on normalized embeddings.
- Indexing: HNSW-based ANN [10].
- Expected behavior: highest retrieval quality, particularly on subtle intra-class differences; slightly higher training complexity and hyperparameter tuning needs; same favorable runtime characteristics as Pipeline B.

Table 1. Conceptual comparison of image similarity techniques and indicative latency characteristics.

Technique	Example Method	Query Latency
Traditional (hand-crafted)	SIFT + color histograms	Low latency (CPU-bound, no model inference)
Pre-trained CNN embedding	ResNet-50 features	Moderate latency (single deep model inference plus index lookup)
Fine-tuned CNN + triplet loss	FaceNet-style metric learning	Moderate latency (similar to pre-trained CNN, dominated by deep model inference)
Proxy-based DML	Proxy-Anchor (2020)	Moderate latency (metric-learning model with similar inference cost to other deep backbones)
Ensemble / Hybrid	Attributes + CNN (FashionNet)	Higher latency (multi-branch or multimodal processing pipeline)

The latency classes in this table are qualitative and are intended to reflect relative computational complexity rather than measured runtimes on a specific system.

CONCLUSION

This article provides an overview of image similarity techniques relevant to e-commerce visual search and describes how they can be deployed using AWS AI services. Starting from classical CBIR literature, we outlined the limitations of hand-crafted descriptors and summarized the improvements brought by deep learning and deep metric learning [1]–[3], [8], [9]. We then detailed practical AWS-based architectures that use SageMaker for embedding computation, S3 for storage, and vector-indexing back ends based on HNSW-style ANN search [10].

From a methodological standpoint, the literature shows that deep embeddings outperform traditional feature-based techniques in retrieval accuracy, especially in fine-grained domains such as fashion [2], [6], [7]. Metric-learning–optimized embeddings further improve similarity quality by structuring the feature space around semantic associations [8], [9]. System-level considerations, such as selecting the vector indexing method, are equally important: ANN methods such as HNSW have been shown to reduce interactive latency even for extensive catalogues [10].

For practitioners implementing image similarity on AWS, the key suggestions are: (i) adopt deep embedding models, preferably fine-tuned with metric learning on domain data; (ii) normalize embeddings and use cosine similarity; (iii) deploy an ANN-based vector index compatible with the chosen distance metric; and (iv) consider pipelines with retrieval metrics tailored to the business requirements. Future work could examine multimodal attachments between image and textual embeddings, as well as personalization via user interaction data.

The present study does not report new empirical experiments; instead, it synthesizes and contextualizes existing literature findings and translates them into a cloud-native design pattern for AWS-based visual search.

REFERENCES

[1] R. Datta, D. Joshi, J. Li, and J. Z. Wang, "Image retrieval: Ideas, influences, and trends of the new age," ACM Computing Surveys, vol. 40, no. 2, art. 5, pp. 1–60, 2008.

[2] S. R. Dubey, "A decade survey of content-based image retrieval using deep learning," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 32, no. 5, pp. 3153–3170, 2022.

[3] B. Uijlings et al., "Challenges and opportunities of image and video retrieval," Frontiers in Imaging, vol. 1, art. 951934, 2022.

[4] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," International Journal of Computer Vision, vol. 60, no. 2, pp. 91–110, 2004.

[5] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, and L. Van Gool, "Speeded-up robust features (SURF)," Computer Vision and Image Understanding, vol. 110, no. 3, pp. 346–359, 2008.

[6] Y. Jo, J. Wi, M. Kim, and J. Y. Lee, "Flexible fashion product retrieval using multimodality-based deep learning," Applied Sciences, vol. 10, no. 5, art. 1569, 2020.

[7] C. Huang et al., "Research and application of fine-grained image classification based on small collar dataset," Frontiers in Computational Neuroscience, vol. 16, art. 766284, 2022.

[8] J. Lu, J. Hu, and J. Zhou, "Deep metric learning for visual understanding: An overview of recent advances," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 34, no. 6, pp. 76–84, 2017.

[9] M. Kaya and H. Ş. Bilge, "Deep metric learning: A survey," Symmetry, vol. 11, no. 9, art. 1066, 2019.

[10] Y. A. Malkov and D. A. Yashunin, "Efficient and robust approximate nearest neighbor search using hierarchical navigable small world graphs," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 42, no. 4, pp. 824–836, 2020.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

TÜRK TEKSTİL VE GİYİM SEKTÖRÜNDE KOBİ'LERİN ROLÜ: DİJİTALİZASYONUN ÖNEMİ

Ayoub Kechiche
Business Administration, Halic University
ORCID: 0009-0005-8619-3812

ÖZET
Türk tekstil ve giyim endüstrileri, ağırlıklı olarak küçük ve orta ölçekli (KOBİ'ler) olmak üzere, 1980'lerin sonlarından bu yana ihracatın ve ekonomik büyümenin önemli bir itici gücü olarak hizmet vermiştir. Özellikle Covid-19 sonrası dönemde dijital teknolojilerin hızla ilerlemesi, bu endüstriler için rekabet ortamını önemli ölçüde yeniden şekillendirmiştir. Türkiye küresel dijital ekonomide kendini konumlandırırken, KOBİ'lerin dönüşümü elzem hale gelmiştir. KOBİ'ler, tekstil ve giyim sektöründeki firmaların %90'ından fazlasını oluşturmakta ve ulusal istihdamın yaklaşık %72'sine katkıda bulunmakta olup, bu da kritik rollerini vurgulamaktadır. Yapay zeka ve dijital platformlar gibi teknolojiler, bu firmaların verimliliği artırmalarını, küresel pazarlara girmelerini ve emek yoğun üretimden katma değerli faaliyetlere geçmelerini sağlamaktadır. Bu çalışma, KOBİ'lerin Türk tekstil, giyim sektöründeki ana rolünü ve tekstil sektöründe dijitalleşmenin önemini araştırmayı amaçlamaktadır.
Bu araştırmada nitel araştırma yöntemi uygulanmıştır. İkincil veriler önceki araştırma makaleleri, tezler vb.'den toplandı.
Bu çalışmanın türü, Türk tekstilinde KOBİ'lerin rolünü ve bu araştırmadan doğacak fırsatları tanımlamayı ve açıklamayı amaçlayan tanımlayıcı bir araştırma çalışmasıdır. Bu çalışmada ikincil veriler kullanılmıştır çünkü makaleler, dergiler, tezler ve istatistikler ve hükümet raporları gibi önceki araştırmalardan elde edilen nitel verileri kullanıyorum.
Anahtar Kelimeler: KOBİ'ler, Türk Tekstil ve Giyim Sektörü, Dijitalleşme.

THE ROLE OF SMEs IN THE TURKISH TEXTILE AND CLOTHING: THE IMPORTANCE OF DIGITALIZATION

Abstract
This article explores the evolving role of small and medium-sized enterprises (SMEs) in Türkiye's textile and clothing industry, with a particular focus on the transformative impact of digitalization. As SMEs constitute over 90% of businesses in this sector, they are key drivers of employment, innovation, and export capacity. However, increased international competition and the rapid digital transformation of the global market present both challenges and opportunities. Drawing from qualitative secondary research, this study examines how digital technologies such as e-commerce platforms, automation, and artificial intelligence enable SMEs to improve productivity, enhance sustainability, and access global markets, as well as its importance in the textile sector. It also addresses the structural barriers faced by textile SMEs in adapting to digital change, such as limited financial resources and skill gaps. The type of this study is a descriptive research study which seeks to describe and explain the role of SMEs in Turkish textile and the opportunities that will arise from this research. Secondary data is used in this study for that I employ a qualitative data based from previous researches such as articles journals thesis and statistical and government reports.
Keywords: SMEs, Turkish Textile and Clothing, Digitalization.

1. INTRODUCTION

Türkiye joined the European Union (EU) customs union to enhance its economic development by expanding trade with European markets. This integration pushed Turkish industries especially export-oriented ones to enhance productivity, innovation and technological capability. To assess these developments and guide effective policymaking, it is crucial to have detailed and accurate information about the structure and performance of small and medium-sized enterprises (SMEs), which play a key role in Turkiye's industrial landscape (European commission, 2020).

Among all industries, the textile and clothing sector has long been fundamental of Türkiye's economy, contributing significantly to employment, export, and regional development. At the heart of this sector lie small and Medium-sized enterprises (SMEs), which serve as vital engines of production, innovation, and resilience, Representing over 99% of all businesses in Türkiye ,(Republic of turkey Ministry of industry and technology, 2019) SMEs are not only essential for maintaining economic dynamism, but also for fostering inclusive, especially in a sector that remains deeply rooted in both tradition and transformation.

In the textile and clothing sector, SMEs play a critical role not only in manufacturing but also in fostering innovation, creativity, and sustainability (Çakır & Öztürk, 2019). This sector remains a vital contributor to Turkiye economy, especialyy through its significant share in exports, employment, forging trade, and contribution to the gross domestic product (GDP) (ITKIB, 2021).

Over the past three decades, digital transformation has fundamentally reshaped international business, particularly affecting export-oriented industries like textiles and apparel. Digitalization is now an essential element for business survival and competitiveness (Ogrean & Herciu, 2021). For SMEs in the textile sector, adopting digital technologies from e-commerce platforms to automated production system has improved operational efficiency, product quality, and responsiveness to market changes (Yilmaz & Aksoy, 2022).

Digitalization will enable the company to enhance its supply chain, communicate with customers more efficiently, and also hold the production in a way that is considered sustainable in today's highly digitalized world (Günay & Eker, 2021).

Despite this progress, few studies have systematically examined how digitalization transforms SMEs competitiveness and exoort capacity in Turkiye's textile and clothing industry. Most existing research remains descriptive, providing overviews if industry trends without analyzing the mechanisms and barriers of digital adoption. The article fills that gap by evaluating the role of digitalization in strengthening SMEs and by identifying the key drivers, challenges and policy implications of digital transformation within the sector.

The remainder of this article is organized as follows: Section 2 provides a concise overview of the textile and clothing industry in Türkiye, including a SWOT analysis that highlights its main strengths and vulnerabilities. Section 3 analyzes the role of SMEs in the sector's production and trade performance. Section 4 examines the impact of digitalization and e-commerce, exploring how these developments are reshaping business models and competitiveness. The paper concludes with policy recommendations and directions for future research.

1.2. RESEARCH METHODOLOGY

This research adopts a qualitative research approach as it aligns best with the study's aim of exploring and understanding the dynamics study to answer the research questions. The qualitative approach was appropriate as it served the objective of the research, In this study, data evaluation was carried out using Grounded Theory methods is a research methodology that focuses on generating or discovering theories through data collection and analysis with the collection of data and the theory is developed inductively from the data itself. To evaluate the role of small and medium enterprises in the Turkish textile and clothing and the importance of digitalization on SMEs and textile. This method facilate the acquisition and examination of comprehensive, contextualized data, there by offering a sophisticated comprehension how SMEs through digitalization can significantly benefit from digitalization, allowing them to build a variety of improvements and innovations. To effectively understand the internal and external factors influencing the sector and Highlighting Türkiye's position through these factors, a SWOT analysis has been incorporated as a key component of research methodology.by identifying strengths, weaknesses, opportunities, and threats.

This study is descriptive in nature the type of this study is a descriptive research study which seeks to describe and explain the role of SMEs in Turkish textile and the opportunities that will arise from this research. For that I used a secondary data based from previous researches such as articles, journals thesis and government reports. That shows and explain how SMEs and digitalization could drive change in Turkiye and textile and clothing sector boosting its economic growth and competitiveness, E-commerce and global market reach, design and product innovation and production efficiency and automation.

2. Literature Review and Theoretical Background

2.1. Overview of the Turkish Textile Sector

In the early 1990s, Türkiye textile industry began a period of rapid growth. The country had a strong domestic manufacturing base with competitive labor costs and a skilled workforce, which made it an attractive location for textile production. A major milestone was Turkey's Customs Union with the European Union in 1995, which eliminated tariffs on Turkish exports to Europe, greatly expanding its textile exports. During this period, Turkey's textile and apparel exports grew rapidly, reaching nearly $6 billion by the end of the decade. Exports in this segment have followed a steady upward trend, increasing from $425 million in 2000 to $1.22 billion in 2010 and further to $1.6 billion by 2014. This evaluation positioned Türkiye as the 18th largest exporter of technical textiles globally, accounting for approximately 1.6% of the world market (IKTIB, 2015).

In the 2010s, the Turkish textile sector faced increasing competition from low-cost countries like China and Bangladesh. However, Turkey's textile manufacturers responded by embracing technological innovations such as digital printing, automation, and e-commerce. Turkish companies focused on producing higher-quality goods, particularly in home textiles and cotton products, maintaining their competitive edge in premium markets, by 2019, textile exports reached $27 billion, driven by growing demand from the EU and the Middle East. (IKTIB, 2020).

Entering 2020s, the sector continued its focus on innovation, sustainability, and digitalization, also demonstrating resilience in the face of challenges such as the COVID-19 pandemic. The demand for textiles like face masks and personal protective equipment (PPE) surged, and the sector quickly adapted to meet these needs. The key factors shaping the industry today include, the continued rise of digitalization, with more manufacturers adopting e-commerce platforms and online retail strategies. Automation in textile production has increased. **(**Turkish Textile and Apparel Exporters Association (ITKIB, 2020)

In 41 years from 1980 to 2021, the production and export of the industry shifted from low value added commodities to high value added manufactured items and fashionable goods. With its qualified and educated human resources, design capacity, accumulation of knowhow, investment in technology, dynamic and flexible production capacity, advanced sub industry in clothing sector, concern about quality, health and environment; the Turkish textile and clothing industry has a significant role in world trade with the capability to meet high standards, and can compete in international markets in terms of high quality and a wide range of products. (Ministry of trade, 2022)

The textile and clothing sector had become one of the largest contributors to the Turkish economy. It employed over two million workers (the second-largest employer after the agriculture sector), 1/5 of all export revenue, and 11% of the nation's GDP, the textile and apparel industry is the nation's largest industrial sector, accounting for 14% of all manufacturing industry production. (ITKIB, 2022)

One of the major players in the global apparel market in Turkiye. With a 3.7 percent market share, the Turkish apparel industry ranks third among EU suppliers and sixth globally, which is listed 7th largest exporter in the world. Forevermore It ranks sixth among exporting nations and accounts for 4.1% of global knitted apparel exports. With a 3.3% market share, Turkey is the seventh-largest supplier of woven apparel worldwide. (Republic of Türkiye ministry of trade, 2022)

In summary, Türkiye's textile sector has achieved substantial growth and maintained global competitiveness, it faces critical choices ahead. The ability of SMEs to adopt to changing global demands by investing in branding, digitalization, and technical textile production will be decisive for future growth.

2.2. SWOT Analysis of the Textile Sector

A SWOT analysis is an essential tool for assessing the strengths, weaknesses, opportunities, and threats facing an industry. In our case the utility of using SWOT analysis helps identify key internal factors, like Türkiye strategic location and strong export market, as well as external challenges, such as global competition and economic fluctuations. By evaluating these aspects businesses can make informed decisions, improve operations, and better position in the global market.

- **Strengths**

Strong SME base and regional concentration: The Turkish textile and clothing sector benefits significantly from a large number of small and medium-sized enterprises (SMEs), particularly concentrated in the Marmara region. These businesses play a central role in enhancing production capacity, creating employment and contributing to regional economic development. The high added value generated by many of these firms has strengthened the sector's economic impact, both domestically and internationally. Furthermore, increased efforts in branding and quality certification have helped improve the global perception of Turkish textile products, facilitating access to export markets.

Accumulated industry know-how and technological Adaption: Türkiye has developed deep industrial know-how in textiles over several decades. This expertise is continuously reinforced through the modernization of manufacturing processes and regular updates to the country's machinery base. The textile sector has shown a strong capacity to adopt emerging technologies and production technique. Also, the alignment with Europe Union during the customs Union integration process has contributed to improved production quality, sustainability, and compliance with international norms.

Strategic Geographical Position: Türkiye's geographical location provides a distinct logistical advantage, particularly in serving European markets. Its proximity to the EU enables shorter lead time and cost-effective transportation, making Türkiye a preferred sourcing destination fast fashion retailers and international industry. This location advantage not only enhance competitiveness in traditional textile exports but also supports the development of flexible and responsive supply chains.

- **Weaknesses**

Rising Manufacturing costs and import Dependency: In Türkiye, the cost of labor, energy, and raw materials is always rising. Turkey's energy expenses are extremely high when compared to its competitors. Over time, obtaining raw resources got more difficult and expensive. Companies are compelled to import raw resources since the industry uses more of them than Türkiye produces. OCED. (2021)

The cost of production rises when more raw materials are imported. At the same time, Türkiye's unstable exchange rate harms both the industry itself and its ability to compete.

Bureaucratic Barriers: The industry's expansion in Türkiye is being constrained by bureaucratic obstacles. The Turkish legal system's inconsistencies and ongoing problems with intellectual property rights are impeding exports' expansion.

Additionally, exports are being weighed down by the tardy management of dual agreements with other nations.

Sub-industry difficulties as well as other manufacturing-related problems:

High levels of informal employment, widespread reliance on subcontracting, and weak integration between different sub-sectors within the textile and apparel value chain. The lack of collaboration between textile producers, designers, logistics providers.

- **Opportunities**

Türkiye will outperform its competitors in the global market if it makes greater use of its geographic proximity. Therefore, the Turkish ready-wear and textile sectors need to improve their supply chain management. The industry will benefit from specializing in freight trafficking and quick delivery. In the global economy, Turkey must also concentrate on regional leadership. The Turkish ready-wear and textile sectors have reached a point of maturity. As a result, a variety of goods and services are needed. An improved product line will enable industry branding.

Türkiye will have an advantage in the global market thanks to its diversity of high-value products. Opportunities in the industry will arise from small and medium-sized businesses' strategic cooperation with their joint ventures.

- **Threads**

The Asian Countries: Asian nations' production and export shares of textile and ready-to-wear goods increased following the removal of the quotas. China and India in particular overflowed the world market with its products and swiftly took over the market thanks to their affordable costs (Chandra 1998). In addition to producing things at low costs, China has begun to focus on design and mass production (Yücel 2010). In the past, foreign investments in the global market went to Turkey and other developing nations. All investments abruptly migrated to Asian nations following the removal of quotas. Because of this, the majority of the manufacturing for multinational corporations and other prosperous businesses is done in China.

China is able to control the worldwide market because of its excellent use of its advantages in the sector. Türkiye imports are declining as the proportion of Chinese imports rises (Yang and Zhong 1998, p.3-23).

The SWOT analysis shows that the Turkish textile and apparel industry maintains a solid production base and a global reputation, but must accelerate its digital transformation to maintain its competitiveness. While SMEs benefit from geographical advantages and industrial know-how, structural weaknesses, particularly in financing, collaboration, and digital skills, limit their ability to adapt to global technological changes. Seizing digital opportunities will depend on effective coordination between trade associations, government incentives, and SME innovation initiatives.

2.3. The Contribution of Textile Sector to the National GDP

The textile and clothing industry remains one of the most vital and well-established sector within the Turkish economy. It has accounted for approximately 7% of Turkiye's gross domestic product (GDP), serving as a major driver of employment and foreign currency earnings through exports. (ITKIB, 2023).

According to the Istanbul textile and apparel exporters association (ITKIB), in 2023, Türkiye exported 38.6B of textiles making it the largest exporter of textiles (out of 226) in the world textiles were the 2nd most exported product out of 21 in Türkiye.

3. Concept of SMEs

3.1.1. Definition and Classification

The 1980s Great Unemployment global Crisis, especialy affecting western economies such as the U.S., the U.K., and parts of Europe. However Türkiye also experience its own form of economic and employment crisis during the 1980s, according to TURKSTAT, particularly due to structural reforms and trade liberalization, the official unemployment rate in Türkiye during the mid- 1980s hovered around 9-10%, though real unemployment was likely higher due to the underemployment and informal labor. This situation led policymakers to concentrate on small and medium-sized enterprises (SMEs) within member countries, as they believed these businesses could address the production, employment, and investment challenges faced by larger corporations. SMEs were given due attention in all economic agreements, incentive programs, and legislative initiatives established after 1990.

Different authors from various countries define small and Medium Enterprises (SMEs) based on the specific conditions of their respective environments.

Nkonoli (2010:15) asserts that objective definitions of small businesses focus on quantifiable factors such as the number of employees, sales, profitability, and net worth at the sector level.

The European Commission defines small and medium sized enterprises (SMEs) by means of a special classification system, which divides them into three separate categories.

- **Micro:** <10 employees
- **Small:** 10–99 employees
- **Medium:** 100–499 employees

SMEs in Türkiye:

Small and medium sized enterprises (SMEs) are the backbone of the economy in Turkiye, as they represent nearly 99% of all registered enterprises (TURKSTAT, 2022). Their value goes far beyond just numbers they are significant drivers of employment, promote innovation and supporting the country's broader economic growth. Turkish SMEs are found in almost every part of the economy manufacturing, trade and services and are relatively flexible.

In Türkiye, SMEs are divided into three groups (Micro, Small, and Medium) based to their number of employees and annual turnover. As shown in the table 3.2

3.1. Classification of SMEs in Turkiye

Enterprise Category	Employee threshold	Annual Turnover (USD)
Medium	<250	Up to $17,200.000
Small	<50	Up to $3,400.000
Micro	<10	Up to $ 430,00

Reference: (OECD Scoreboard, 2014)

Table 3.1 illustrates the official classification and medium sized enterprises (SMEs) in Turkiye, which is determined by employee count and annual turnover. According to national definitions, microenterprises employ fewer than ten workers and generate an annual turnover below approximately 430,000$, while small and medium-sized employ up to 50 and 250 workers respectively, with corresponding turnover limits.
This classification framework is critical for understanding the structure of the Turkish textile and clothing sector, were the majority of firms fall within the micro and small enterprises.
Currently, by 2023 there is about 3.3 million businesses operating in the industrial and services sector in Turkiye, the vast majority of which will be small and medium-sized enterprises (SMEs) with 36.1% of all SMEs operating in it, the largest was the wholesale and retail trade, as well as the repair of motor vehicles and motorcycles. Manufacturing accounted for 12.3% of SMEs activities, followed by storage and transportation at 15.2% 5 (TURKSAT, 2023).

3.2. Number of Initiatives in SMEs by Sector and Size Group, 2019

Sector	**Micro**	**Small**	**Medium**	**Total SMEs**	**Share of SMEs in the sector in Turkiye%**
Wholesale\ Retail & Vehicle repair	**1,127.598**	**37,792**	**3,941**	**1,169.331**	**36.3**
Transportation and Storage	**451,286**	**10,838**	**1,335**	**463,479**	**14.4**
Manufacturing	**352,358**	**38,797**	**9,811**	**400,966**	**12.4**
Accommodation and Food service Activities	**289,125**	**13,980**	**1,871**	**304,974**	**9.5**
Construction	**198,806**	**22,355**	**3,240**	**224,401**	**7.0**
Others sector	**1,749,125.402**	**142,933**	**5,710**	**660,340**	**20.4**
Total	**3,041.828**	**155,755**	**25,908**	**3,223.491**	**100**

Reference: Annual Industry and Service Statistics, TURKSTAT, (2019)

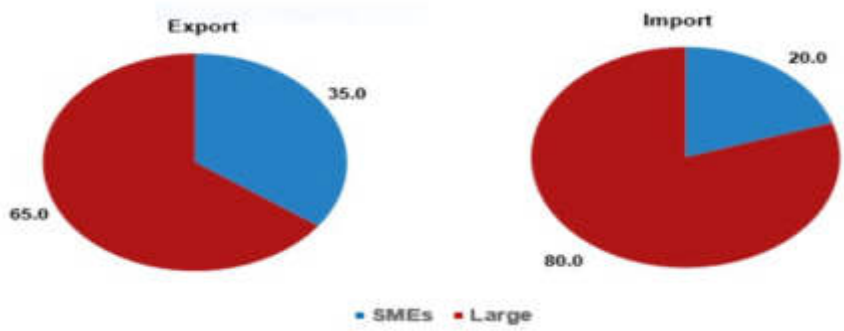
3.1.2 The Contribution of SMEs in Türkiye

The contribution of SMEs in Türkiye can be broadly categorized under three key dimensions: job creation**,** economic growth, and innovation and competitiveness**.** SMEs account for over 70% of total employment, making them the backbone of the Turkish labor market (OECD, 2021). In terms of economic output, they generate approximately **50% of the country's GDP** and are responsible for around **55% of total exports,** particularly in traditional sectors like textiles and clothing (TÜİK, 2023; KOSGEB, 2023). Moreover, SMEs drive **innovation and regional competitiveness** by rapidly adapting to market changes, investing in digital tools, and creating flexible production models (World Bank, 2020). Despite challenges such as limited access to finance and technology, their agility and entrepreneurial character position them as vital players in strengthening Türkiye's economic structure and industrial resilience.

3.1.3. The Role of Small and Medium-sized Enterprises in The Export and Import Sector in Türkiye

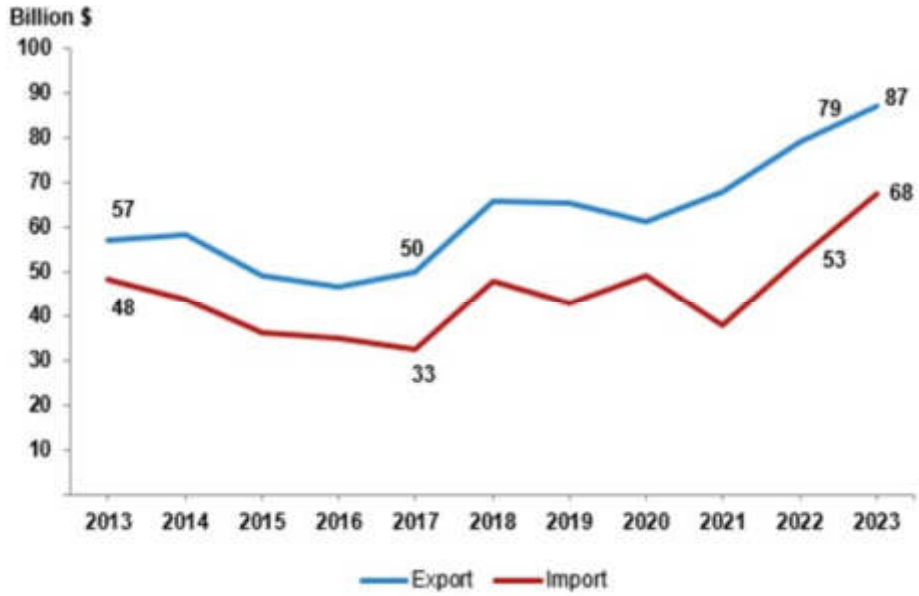
Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) play a critical role in Türkiye's international trade**,** especially in exports. SMEs are responsible for nearly 35% of Türkiye's total exports**,** with a strong presence in traditional industries such as textiles, clothing, machinery, and food processing (TÜİK, 2023), their role in imports is more limited, accounting for about 20% of total imports, as large enterprises often dominate the import of high-tech equipment and raw materials (OECD, 2021).

SMEs made 35.0% of total exports of Türkiye and 20% of imports. As the graph shows.



3.3. **Proportional distribution of exports and imports by SME and large-scale enterprises (%), 2023**

Reference: *(Turkstat, 2023)*



3.4. **Export and import value of SMEs (billion US $), 2013-2023**
Reference: TurkStat, (2023)

The export value of SMEs, which was 57 billion dollars in 2013, increased to 87 billion dollars in 2023, in imports, the value, which was 48 billion dollars in 2013, increased to 68 billion dollars in 2023. In the other hand, 49.3% of the total exports of SMEs were made to the European countries and 33.4 to Asian countries and about 17.3% only to African countries. (TUIK,2023)

3.2. The Role of SMEs in the Turkish Textile and Clothing Industry

Large quantities of textiles and apparel are produced there today, mostly for the European and international markets, providing the necessary volume production to support a wide range of commercial enterprises. Türkiye is a significant export center that connects the European and Asian markets because of its advantageous geographic location. Roughly 80% of companies in the Turkish textile and apparel sector are classified as SMEs. Their presence is particularly concentrated in key textile cities such as Istanbul, bursa, Denizli, Gaziantep, and Kahramanmaras.(Ministry of trade,2022)

The textile industry employs around 1 million people and has about 55,000 businesses, the great majority of which are SMEs. (Europe union, article p1, 9 of April 2025)

The sector itself accounts for around **8% of Türkiye's GDP,** and SMEs play a major role by increasing the value of raw materials and stimulating domestic production (TÜİK, 2020).

Focus on sustainability Governments and consumers across the world are putting more pressure on the textile sector to go green as environmental concerns increase. By providing ethically made apparel, green fabrics, and green production methods, SMEs also profit from this trend. This would also give a competitive edge in export markets, given the rising demand from consumers for sustainable products. Reference: Bardecki, M., Kozlowski, A., & Searcy, C. (2015).

SMEs in Türkiye's textile and clothing sector possess a strong capacity for innovation and rapid adaptation, particularly in response to fast-changing fashion trends. This agility enables them to maintain competitiveness and advance technological development, thus strengthening their position in international markets (Özdemir & Koyuncu, 2020; Güneş & Vural, 2021). Their ability to quickly respond to shifting consumer demands provides a strategic advantage in global trade (Ministry of Trade, 2022).

In this hand, Their ability to innovate and adapt quickly to changing fashion trends enables SMEs to maintain competitiveness and drive technological advancements in the sector, that's help to over to the international market and being more competitive also (Özdemir & Koyuncu, 2020; Gunes & Vural, 2021).
In the other hand, by relying on local suppliers for raw materials, SMEs support local economies and create a multiplier effect that stimulates other sectors, contributing to a sustainable economic ecosystem (Yalcin, 2020; Demirtaş, 2020).
Additionally are able to stay competitive and propel technical developments in the fashion industry thanks to their capacity for innovation and swift adaptation to shifting fashion trends (Özdemir & Koyuncu, 2020; Gunes & Vural, 2021).
SMEs have a competitive advantage in the global market thanks to their agility, which enables them to react quickly to shifting customer tastes and market trends. Their capacity for innovation and adaptation is essential to preserving Turkey's dominant position in the export of apparel and textiles. Ministry of Trade, Republic ofTürkiye (2022)
Additionally, by sourcing raw materials from local suppliers, SMEs contribute to regional economic development and create a multiplier effect that benefits other industries, fostering a sustainable economic ecosystem (Yalçın, 2020; Demirtaş, 2020). This local orientation not only reduces dependency on imports but also strengthens domestic value chains.

3.3. The future of SMEs in Türkiye's Textile and Clothing Industry

The future of SMEs in the Turkish textile and clothing sector holds much promise as they adapt to new market demands and leverage emerging technologies. One area that is likely to see growth is sustainability. As consumers increasingly demand eco-friendly products, Turkish SMEs have the opportunity to lead the way by adopting sustainable practices, such as using organic fibers, recycling textiles, and reducing water consumption, (Yalçın, 2021). With increasing global emphasis on sustainability, Turkish SMEs in the textile sector are encouraged to adopt eco-friendly practices. This involves utilizing sustainable materials, reducing water and energy consumption, and minimizing waste. Compliance with international environmental standards not only opens new market opportunities but also ensure long-term viability. (IHKIB, 2023)
Finally, SMEs in the Turkish textile industry are likely to benefit from collaboration with large firms and other SMEs. In this respect, collaboration can enable SMEs to share resources and access new technologies and capabilities that are needed to compete at an international level (Çetin & Poyraz, 2020).

4. Digitalization

4.1. Concept and Significance

Digitalization was defined in general term by different authors for each one has his vision, Brennen and kreiss (2016, p 65) define digitalization as the way many domains of social life are restructured around digital communication and media infrastructure. This definition emphasizes the cultural and societal shifts accompanying technological change.
Parviainen ET aI. (2017, p.64) describe digitalization as "the integration of digital technologies into everyday life by the digitalization everything that can be digitized". In a business context, this entails converting processes, product and services into digital formats to enable automation, analysis, and innovation.
According to Gartner, (2023) defines digitalization as the use of digital technologies to change a business model and provide new revenue and value-producing opportunities". This perspective highlights digitalization as a strategic transformation redefining value chains, customer experiences, and internal processes.

In the fourth industrial revolution (industry 4.0), almost every industry needs to go through digital transformation. Verina and tiko (2019, pp.719-727) explain that digital technologies are more than just tools; they are effective way to create value that help businesses enhance their market potion and expand over long run. Digitalization is basically the process of changing how businesses work to take advantages of the new possibilities and needs that come with new technology (Gobble, 2018, pp. 56-57).

Digitalization gives businesses the tools they need to figure out what to make and sell, how to market their goods, improve their supply chains, and get more customers involved (Sarikaya, 2022, p. 8). Technological progress in areas such sensor network, machine interconnectivity, edge computing, secure data storage have made it possible for a digital industrial ecosystem to exit (voza et aI., 2022, p. 17).

Digitalization is considered as a way for many small and medium-sized enterprises (SMEs) to update their old infrastructure and improve both their operations and their focus on customers. This frequently means using digital tools in their planning, production and design processes (Duta ET aI. 2021). In this change, small and medium sized enterprises (SMEs) may even have certain benefits, they can make change faster because they are more flexible, adaptable, and have less red taps (Ulas, 2019, p. 667). But more a lot of SMEs still don't fully appreciate what digitalization can do for them.

4.1. Empowering SMEs Through Digitalization

The journey of digitalization in small and medium-sized enterprises (SMEs) began as technology evolved and become more accessible. In the past, digital tools were often reserved for large corporations due to their high costs and complex infrastructure. However, SMEs began to see digital tools as a way to enhance efficiency, reduce costs, and remain competitive in an increasingly globalized market. Over time, and with outbreak of covid-19, European Commission (2020) notes that digital tools assist SMEs improving customer service, developing new products, optimizing supply chains, and accessing financing through platforms, Divrik and Baykal(2004, p. 2) highlight that in the Turkish textile and clothing industry, digitalization is a social and technical process where organizational learning plays a central role. They argue that digital technologies enhance learning capacity, adaptability, and integration into global value chains.

4.1.1. The Digital Transformation of Turkish SMEs

Digital transformation is a process enabling businesses to implement innovative operational methods and models that promote enterprise growth and societal welfare in today's uncertain industrial landscape, characterized by heightened concerns for efficiency and productivity (Yıkılmaz, 2021; Yıkılmaz & Sürücü, 2021).

The digital transformation of SMEs in Türkiye represent a significant shift in their operational, strategic and organizational paradigms. This transformation is driven by rapid technological advancement, evolving market demands, and increasing global competition in the Turkish context, digitalization has become a crucial component of SMEs ability to innovate, remain competitive, in Türkiye, 49% of SMEs in different sectors have a digitalization plan or strategy where, In the EU, only 21% have plan to digitalize (Eurobarometer, 2020).

Furthermore The Turkish government is urging firms to adopt Industry 4.0, while the Small and Medium Sized Enterprises Development Organization (KOSGEB) is assisting SMEs through various programs. This presents an opportunity for Turkish businesses to embrace the trend and rapidly develop.

According to a report published by the Turkish Ministry of Industry and Technology in 2020, SMEs in Türkiye have started to embrace digital technologies more actively in recent years. The report indicates that the majority of SMEs in Türkiye have a website, and a growing number of them are selling products or services online, furthermore to support the digital transformation of small and medium-sized (SMEs) in Turkiye TÜBİTAK and Bogazici University signed a cooperation protocol for implementing the "D3A Digital Transformation Assessment Tool" which offers a comprehensive roadmap for the digital transformation of SMEs which represent 99% of Turkish businesses. The tool addresses five critical areas: organization, customer, product development, and supply chain and production management, helping SMEs indentify their digital needs and implement transformation strategies effectively. (TÜBİTAK, 2024)

Furthermore, a report by the European bank for reconstruction and development (EBRD) highlights that Turkish SMEs face challenges in accessing finance for digital investments. To address this, the EBRD, in collaboration with denizbank and KOSGEB, launched the digital transformation financing facility to support Turkish manufacturing SMEs in implementing their digital transformation. This will enable SMEs to invest in key technologies and, it return, streamline their operations, product quality and competitiveness in the global market. (EBRD, 2025)

Through Industry 4.0 robotics, SMEs will develop machines that are capable of various functions and can be configured to operate in a wider variety of goods and production volumes, also the study found that SMEs think e-commerce is crucial to reaching global markets (Öztuna, 2017, p. 25) and study found that SMEs think e-commerce is crucial to reaching global markets.

4.2. Overview on E-commerce in Türkiye

In recent years, Turkiye's E-commerce sector has experienced remarkable growth, e-commerce has become a central element of daily life in Turkiye (Ministry of Trade, 2024).

The covid-19 pandemic further accelerated this transition compelling many consumers to rely on digital platforms support and investments in digital infrastructure have fostered a favorable environment for e-commerce development (Minister of Trade, 2024). As result, Turkiye is now one of the fastest-growing e-commerce markets in the region (TIRPORT Insights, 2024).

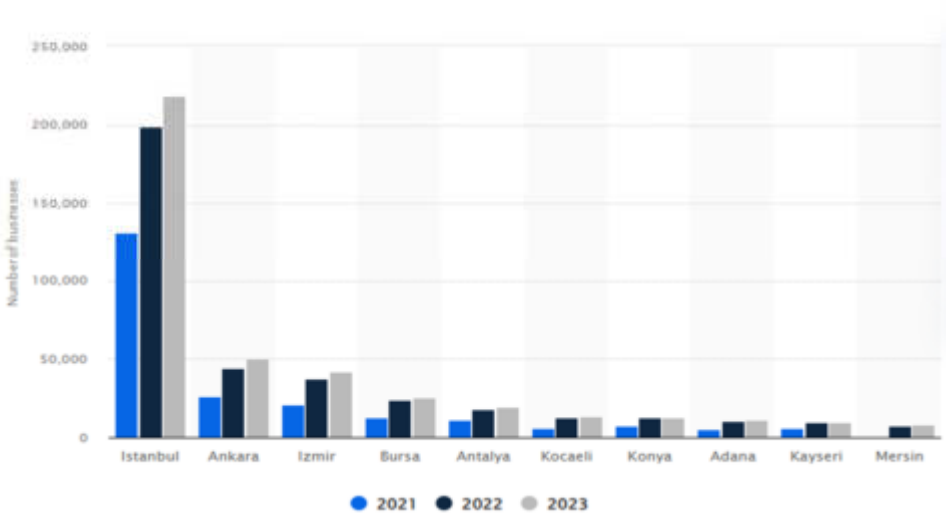
In 2023, Turkiye's total e-commerce volume reached 1.85 trillion Turkish liras, which made 115.15% of total trade volume coupled with accounted for approximately 6.8% of the total country's GDP According to the latest reports published by (Ministry of trade, 2024). In the same year the number of e-commerce transactions did increase by 22.25% for reaching 5.87 billion transactions. The Ministry of Trade (2024) projects an increase to 6.6 billion during 2024. The distribution of e- commerce activity in 2023 was nearly evenly split between goods 51% and services 49%. Among product categories, white goods and small home appliances led the market with 233 billion TL, followed by electronics at 135 billion TL, and clothing, shoes and accessories at 1277 billion TL (Ministry of trade, 2024).

According to EcommerceDB (ECDB, 2024) the leading online stores in Turkiye based on e-commerce net sales in 2023 are classified as showed in the figure.



4.1.Top 10 Online Stores in Turkiye by Revenue in million $, 2023
Reference: ECDB, (2023)

Trendyol.com was the leader in the Turkish e-commerce market, with e-commerce net sales in Turkey in 2023 of US$3,644.5 million, followed by migros.com.tr in second place with US$767.7 million. Hepsiburada.com is in third place with revenue of US$582.4 million. In addition, amazon. Was in 2023 the fourth largest online store in Turkey, with net sales of US$465 Million.
About 35,000 companies made use of their own website and applications for ecommerce, and some 540,000 businesses used e-commerce marketplaces. In 2024 the Ministry of Trade shared a report. According to it, Istanbul, Ankara, Izmir, Bursa, and Antalya had the highest e-commerce numbers.



4.2. The biggest number of enterprises participating in e-commerce in Turkey from 2021 to 2023.
Reference: Ministry of Trade, (2023)

Istanbul emerged as the most popular place for companies to conduct e-commerce operations between 2021 and 2023. Almost 131,300 businesses decided to operate in Istanbul in 2021, and by 2023, that number had risen to almost 218,500. Simultaneously, Ankara saw an increase in e-commerce-related activity, rising from around 26,300 in 2021 to 50,101 in 2023.

4.3. The Importance of E-commerce in The Digital Transformation of Turkish SMEs

E-commerce has become one of the most impactful aspects of digitalization for SMEs. In Türkiye, where many small businesses traditionally operated through local physical stores or face-to-face networks, the rise of digital marketplaces has created enormous opportunities for growth, the integration of e-commerce has been instrumental in accelerating the digital transformations of SMEs, enabling them to enhance operational efficiency, expand market reach, and foster innovation.

During the covid-19 pandemic, e-commerce proved to be a lifeline for many SMEs in Türkiye. Businesses that shifted quickly to online sales were able to survive and even grow.

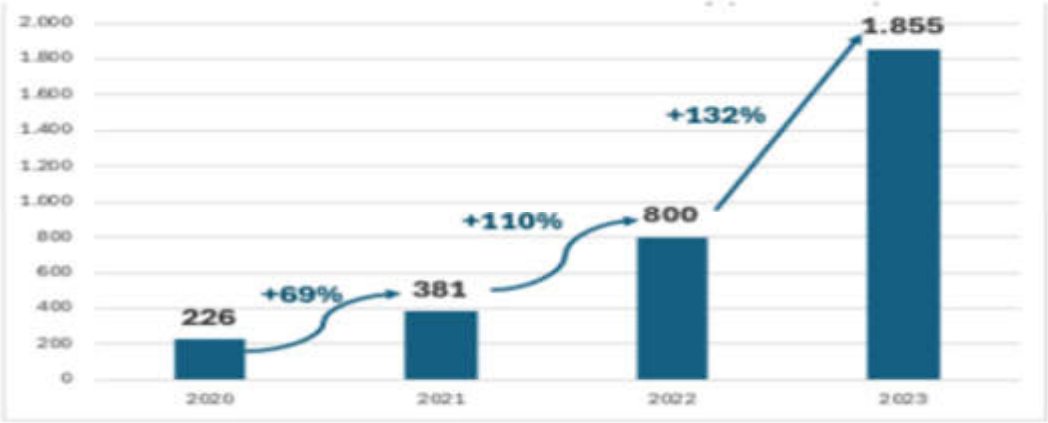
According to the Trade Minister, (2023), 49.5% of Türkiye's placed online orders in the previous year year, and the value of the nation's e-commerce increased from $3.9 billion in 2019 to $53.9 billion in 2023. Over the same time period, the number of e-commerce companies increased by 717%, rising from approximately 68,000 in 2019 to 559,400 in 2023, this sharp rise in the number of e-commerce businesses reflects how companies in Turkiye are increasingly integrating digital commerce into their operations.

Notably, 91.6% of ecommerce was domestic, and SMEs actively participated by selling through major platform provide SMEs access to large customer bases and digital infrastructure, significantly reducing entry barriers (ECDB, 2024)

This change has been made easier by platforms such as Hepsiburada, Trendyol, and Amazon Türkiye, which provide SMEs the opportunity to sell online, handle logistics, and access a worldwide market. For example, according to Amazon Türkiye's report, the number of Turkish SMEs selling on its marketplace grew by more than 50% in 2022, while export sales increased by more than 60% annually.(Ministry of trade; 2022)

For Turkish SMEs, the rise of cross-border e-commerce has democratized access to foreign markets by lowering the entry barriers typically associated with international trade. SMEs can now use e-commerce platforms to display their goods, handle logistics, and accept payments with ease, which makes exporting easier. (Statista, 2022, 2023).

Since 2020, the volume of e-commerce sales in Türkiye has increased. Graph 3 shows that the growth rate was 69% following the outbreak and rose to 110% the year after. The e-commerce industry expanded by 132% in 2023, with revenues of 1,855 billion TL.



4.4.Volume of E-commerce sales over the years in Turkiye (in Turkish lira)
Reference: Ministry of trade (2023).

4.4. Digitalization in The Textile and Clothing Industry

Small and Medium Enterprises in the textile and clothing industry are widely recognized for their innovation and flexibility, which allow them to respond rapidly changing market conditions and consumer preferences.

New technologies have been brought to established industries by digitalization enabling new business models to thrive. In the textile industry, they can benefit the environment by making it simpler to recycle products and drawing attention to the value of the circular economy. Smart systems and other digital tools, for instance, can help reduce pollution. They can enable businesses to extract real-time information from the sensors woven into clothing and embedded into manufacturing equipment. This data can in turn allow firms to make their operations more environmentally friendly and be more efficient as firms gain a better understanding of how their products are produced and how customers consume them (Happonen & Ghoreishi, 2022, at 697, 711).

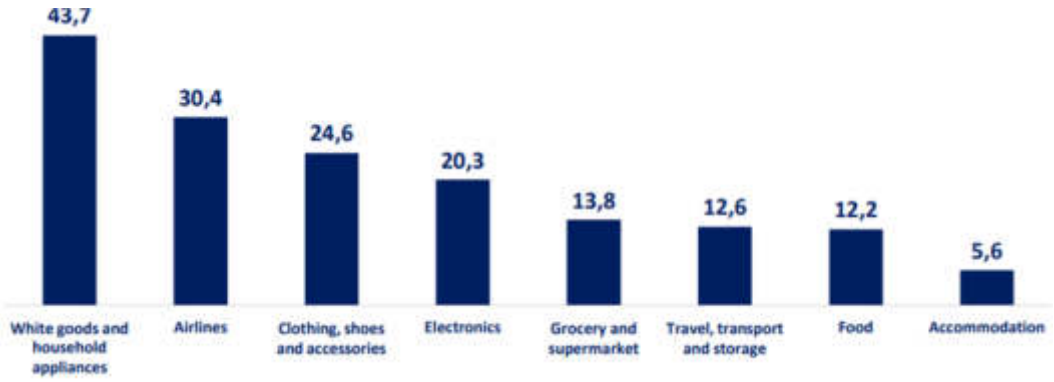
Recently, Artificial intelligence (AI) is increasingly contributing to the advancement of the textile industry by enabling remote monitoring**,** real-time data analysis**,** and sustainable production practices. By processing large volumes of data from material and product usage, AI helps manufacturers make faster and smarter decisions. This leads to greater efficiency**,** reduced waste, and supports the transition toward more circular and environmentally friendly production models (Ghoreishi & Happonen, 2020).

One important component of technology, Radio Frequency Identification (RFID) is a key digital tool in the textile and clothing industry, used for tracking products**,** monitoring supply chains**,** and managing warehouses**.** By enabling wireless data transfer, RFID improves operational efficiency and supports the sector's digital transformation. (OECD; 2008. P; 138)

4.5.1. E-commerce in The Turkish Textiles and Clothing Industry

The rapid development of information and communication technologies shattered the former borders and had great impacts on economic, social and cultural aspects, one of the most important changes we are experiencing is traditional trade transforming into virtual trade due to the growing internet prevalence around the globe.

According to the Ministry of trade the Distribution of E-commerce volume sector of textile and clothing reach 24.6 billion TL for the first 6 months of 2022 as the figure below shows



4.3. Distribution of E-commerce Volume by Sector (billion TL)
Reference: (Ministry of trade, 2022)

These figure reflect the growing consumer preference for buying fashion products online, ranking third after white goods and airlines.

4.5. Government Policies and Incentives Supporting Digitalization of SMEs

The digital transformation of SMEs in Turkey especially in the textile and apparel sector is not limited to market dynamics but is also strongly influenced by government policies and institutional support mechanisms (OECD, 2020). Recognizing the importance of SMEs for national economic growth, employment and export potential, the Turkish government has implemented various policies and incentive programs aimed at encouraging digitalization (Republic of Turkey Ministry of Industry and Technology, 2019).

The Small and Medium Enterprises Development Organization (KOSGEB) plays a central role in moving SMEs into the digital economy (KOSGEB, 2023). Through programs such as the "SME Technical Product Investment Support Program" and the "SME Development Support Program", KOSGEB provides financial support for upgrading technological infrastructure, integrating e-commerce. (KOSGEB, 2023).

In addition The Ministry of Industry and Technology, in collaboration with KOSGEB and various universities, has implemented initiatives to increase digital literacy and IT qualifications in several areas such as workshops, online courses, and practical training (KOSGEB, 2023).

5. Issues and Challenges Faced by SME's

While SMEs are vital to Türkiye's textile and clothing industry, they face numerous internal and external challenges that hinder their growth and competitiveness. Internally, major issues include a shortage of skilled labor, particularly in areas like textile engineering and digital production, along with weak financial management and limited capacity for innovation (Şerefoğlu, 2017; World Bank, 2020). Many SMEs lack investment in R&D and do not effectively collaborate with innovation centers, slowing their adoption of new technologies (OECD, 2016).

Externally, SMEs struggle with limited access to finance due to strict loan conditions and inadequate credit ratings, despite the existence of government support programs (World Bank, 2020). They also face a complex regulatory environment, including bureaucratic hurdles in obtaining licenses and complying with labor and export standards (European Commission, 2020). Additionally, global competition from low-cost producers puts pressure on SMEs to reduce costs and modernize, often without the necessary resources (OECD, 2016).

These challenges significantly affect the resilience and international competitiveness of textile SMEs. Addressing them through strategic policy support, workforce training, and improved access to finance is critical for the sector's sustainable future.

6. Conclusion

Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) are the motor for the development of the Turkish textile and clothing industry because they account for more than 90% of the sector while also playing an important role in employment, exports, and the economic growth of Turkey. This thesis has proved that SMEs play an important role not only in maintaining the traditional strengths of the Turkish textile and clothing sector but also in the innovation and competitiveness in the dramatically integrating global market.

The Turkish textile and clothing industry is undergoing both opportunities and challenges due to rapid growth of digital technologies, as a result of these changes. Digitalization allows SMEs to optimize processes, increase the quality of the products, improve the management of the supply chain, and even reach international markets through e-commerce.

The adoption of these digital instruments enhances efficiency and also contributes toward a SMEs long term survivability while strengthening these firms against shifts in the economy.
Moreover, Turkish textile SMEs show inconsistent adoption patterns of technologies that are accompanied by numerous barriers such as steep investment costs, insufficient finances, sparse digital competencies, as well as no prior training and teachings on the subject. These issues bolster the need to be addressed, requiring assistance from policymakers, other sectors of the industry, and educational bodies focused on fostering financial aid, stimulating innovation, and supporting digital literacy.
Furthermore, the implications of this transformation span socially important aspects including the onset of new job openings, enhancing skills and learning opportunities with equal pay for men and women in the sector. Providing women with skills and opportunities for leadership roles in the educational world harnesses soft power and capital while promoting inclusivity.
To sum up, adopting digitalization greatly depends on the Turkish apparel and textile industries to facilitate the operation of SMEs in the future. SMEs stand to improve their overall competitiveness with the help of removing existing barriers and leveraging existing technologies, which will increase Turkey's earnings and strengthen its position in the global textile market. In addition to facing a variety of internal and external obstacles, SMEs' capacity to innovate and adapt will determine how successful they are in the future. SMEs will remain the engine of Turkiye's textile industry's economic growth with the proper backing from the government and industry players, helping to propel not only the country's development but also the sustainability of global fashion and its position as a market leader in the years to come.

7. References

Aydın, S., & Can, G. (2020). *Government policies and their impact on the Turkish textile industry*. Journal of Turkish Industry and Economy, 28(3), 137-152.

Asiliskender, B. (2002). Re-construction of the urban form and social space: The Sümerbank factory and housing complex in Kayseri. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 19(2), 27–42.

Agostini et al, (2020). Towards an integrated view of ambidextrous innovation in manufacturing companies: A systematic literature review. International Journal of Production Economics, 219, 69–82

Boratav, K. 1989. Türkiye Iktisat Tarihi 1908–1985(History of Turkish Economy 1908–1985), Gercek, Istanbul.

Barnes, D., Clear, F., Dyerson, R., Harindranath, G., Harris, L., & Rae, A. (2012). Web 2.0 and micro-businesses: An exploratory investigation. Journal of Small Business and Enterprise Development, 19(4), 687–711.

Baumol, W. J. (2002). The Free-Market Innovation Machine: Analyzing the Growth Miracle of Capitalism. Princeton University Press.

Beasley, M. E., & Hamilton, R. T. (1984). The seed-planting role of small firms and the perception of turbulence. Journal of Industrial Economics, 32(2), 217–231.

Catal, C. (2007). The role of SMEs in economic development: evidence from Türkiye. Journal of Economic Studies, 33(3), 333–352.

Çakir, E., & Öztürk, M. (2019). Innovation and sustainability in Turkish textile SMEs. International Journal of Textile Science, 8(2), 45–58.

Carey, M. A., & Thurik, A. R. (2003). The impact of entrepreneurship on economic growth. In Z. Acs & D. Audretsch (Editors), Handbook of Entrepreneurship Research (pp. 437-471)

CIRFS. (2011). *The European Man-Made Fibres Industry: Key figures 2011*. European Man-Made Fibres Association

Competitiveness of Indian Textile Industry. Economic and Political Weekly 34 (9): M-17-M-24, Februar

Carey, M. A., & Thurik, A. R. (2003). The impact of entrepreneurship on economic growth. In Z. J. Acs & D. B. Audretsch (Editors), Handbook of Entrepreneurship Research (pp. 437-471). Springer.

Çetinkaya, M., and Beybur, M. (2020). COVID-19 pandemisinin Türkiye'de dijital bankacılık ürün ve hizmetlerinin kullanımı üzerindeki etkisi. Karadeniz Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi, Uluslararası Batı, 4(2), 148-163. https://doi.org/10.46452/baksoder.829078

Çetin, S., & Poyraz, E. (2020). *Collaboration and networking for Turkish SMEs in the textile sector*. Journal of Business Strategy, 26(5), 108-120.

Demirtaş, M. (2020). *Financial Barriers to SMEs in the Textile Sector: Challenges and Solutions*. International Journal of Textile Science, 12(1), 25-34.

Denuwara, N., Maijala, J. and Haakovirta, M. 2019. Sustainability benefits of RFID technology in the apparel industry. Basel: MDPI AG.

Digital Transformation in SMEs. Textile Business Review, 47(2), 36-42.

Digitalization, digitization, and innovation Res.-Technol. Manag.,61 (4) (2018), pp. 56-59

Dutta, G., Kumar, R., Sindhwani, R. and Singh, R. K. (2021). Digitalization Priorities of quality control processes for SMEs: A conceptual study in perspective of Industry 4.0 adoption. Journal of Intelligent Manufacturing, 32(6), 1679-1698.

Divrik, B.,& Baykal, E. (2024). Turkish textile and clothing importance of organizational learning, digitalization, and internationalization. AUTEX research journal,24(1). https://doi.org/10.1515/aut-2023-0043

Dunya Gazetesi, (1998) Newspaper Special Issue, 1998. The Turkish Economy at the 75th Year of Republic

European commission. (2020). An SME strategy for a sustainable and digital Europe. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/sme-strategy-launched-european-commission

European Commission. (2020). Türkiye and the EU Customs Union: Economic Impact Analysis. Brussels: European Commission.

European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). (2025). EBRD boosts digital transformation of SMEs https://www.ebrd.com/home/news-and-events/news/2025/ebrd-boosts-digital-transformation-of-smes.html

Erdogan, E. (2018). *Turkish Textile Exports: Trends and Opportunities for SMEs*. Turkish Journal of Business Studies, 77-89.

Erdal Guner *Türkiye E-Ticaret Ekosistemi Raporu*. Dogma Alares https://egirisim.com/2023/07/19/turkiye-e-ticaret-ekosistemi-raporuna-gore-eticaret-hacmi-2022-yilinda-801-milyar-tlye-ulasti/

Euromonitor,(2011) received from: https://www.euromonitor.com/retail-e-commerce-in-turkey/report

Eur. J. Innov. Manag. (2020), pp. 1-12

Turkoglu, M. (2002). Küçük ve orta büyüklükteki işletmeler (kobi'ler) in bölgesel kalkınmaya etkileri ve bölgesel kalkınmada kobi temelli stratejiler. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,

TOBB, (2020), (Union of Chambers and Commodity Exchanges of Türkiye) received from: https://www.tobb.org.tr/

Ghoreishi, M., Happonen, A. (2020), Key enablers for deploying artificial intelligence for circular economy embracing sustainable product design: Three case studies, AIP Conference Proceedings,(1) pp. 1-19.

Gunay, A., & Aker, M. (2021). Digital transformation and sustainable production in Turkish textile SMEs. Journal of Sustainable Manufacturing, 15(4), 210–223.

Ghoreishi, M., Happonen, A. (2022), the Case of Fabric and Textile Industry: The Emerging Role of Digitalization, Internet-of-Things and Industry 4.0 for Circularity, Lecture Notes in Networks and Systems,(2), Vol. 216, pp. 189-200.

Gibson, T., & Vaart, H. (2008). Defining SMEs: A Less Imperfect Way of Defining Small and Mediu, Enterprises in Developing Countries. Washington, D.C: Brookings Global Economy and Development.

Gobble, M. M. (2018). Digitalization, Digitization, and Innovation. Research-Technology Management, 61(4), 56-59

Gray, J. and Rumpe, B (2015). Models for Digitalization, Software & Systems Modeling, 14, 1319- 1320

Gunes, H., & Vural, A. (2021). *Sustainability in the Textile Industry: The Role of Small Enterprises*. Environmental Science & Policy, 114, 214-225

Happonen, A., Ghoreishi, M. (2022), A mapping study of the current literature on digitalization and industry 4.0 technologies utilization for sustainability and circular economy in textile industries, Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 217, Chapter 63, pp. 697-711.

Istanbul Apparel Exporters' Association (ITKIB). (2022). *Textile and Apparel Sector Statistics*. Istanbul Textile and Apparel Exporters'Associations. Retrieved from: https://www.itkib.org.tr

Istanbul Apparel Exporters' Association (IHKIB). (2023). 2023 Annual export repot https://www.ihkib.org.tr/content/files/uploads/289/2023-annual-apparel-export-report.pdf

IHKIB. (2023). Turkish Apparel Sector Sustainability Strategy and Action plan. Retrieved from www.ihkib.org.tr/content/files/uploads/289/aym-yonetici-ozeti-ingilizce-202401311314370873-e150b.pdf

ITKIB – Istanbul Textile and Apparel Exporters Association. (2012). Technical textiles in Turkey: sectoral trends and export performance.

ITKIB – Istanbul Textile and Apparel Exporters Association. (2015). Turkish textile and apparel industry: sector report.

ITKIB – Istanbul Textile and Apparel Exporters Association. (2020). Turkish textile and apparel industry performance review.

Republic of Türkiye Ministry of Trade. (2022). *Textile and Apparel Sector Outlook*. Retrieved from: https://ticaret.gov.tr

Kahveci, E. (2022), "Business strategies for small- and medium-sized tourism enterprises during COVID-19: a developing country case", Journal of Hospitality and Tourism Insights

Kalkan, A. (2021). *Empowerment through Employment: The Impact of SMEs in Rural Turkey*. Journal of Rural Studies, 87, 50-58.

Kara, M., & Çalışkan, A. (2017). *Impact of SMEs on Employment in Turkey: An Analysis of the Textile Sector*. Journal of Small Business Management, 55(4), 541-556.

Koc, R., & Coban, S. (2005). Cost factors in the Turkish textile industry: a comparative analysis. EG Academic Review, 5(2), 112–125.

Laudon and Traver. (2011). E-commerce 2011 business technology society 7th ed. Pearson Education, Inc., England.

M.M. Gobble Malkoc, S., & Guney, S. (2020). *Branding Strategies of Turkish SMEs in the Textile Sector*. Journal of Fashion Marketing and Management, 24(3), 437-453.

Ministry of Trade. (2023, 2024). Turkish Textile and Apparel Exports. Ministry of Trade Reports. Received from: https://trade.gov.tr/

Moertini, 2012. "Small Medium Enterprises: On Utilizing Business-to-Business eCommerce to Go Global". Procedia Economics and Finance 4 (2012), p. 13 – 22. OECD. Enhancing the Contributions of SMEs in a Global and Digitalised Economy. Meeting of the OECD Council at Ministerial Level [Internet]. 2017;(1):7–8.

Ministry of Industry and Technology. (2019). Türkiye sharpening SMEs' competitive edge: tech minister. Anadolu Agency. Retrieved from https://www.aa.com.tr/en/science-technology/turkey-sharpening-smes-competitive-edge-tech-minister/1451893

Nambisan et al. (2020). The digital transformation of innovation and entrepreneurship: progress, challenges and key themes. Research Policy, 49(1), 103912.

Nkonoli, G. (2010). Examining the role of SMEs in economic growth and development in South Africa. University of Limpopo

Ogrean, C. and Herciu, M. (2021). Romania's SMEs on track towards the EU's twin transitions towards digitalization and sustainability. Business and Economics Studies, p. 282–295.

Ogrin, C., & Hersiu, M. (2021). Digitalization as a survival strategy in the textile industry. Journal of Business and Technology, 12(3), 285–295.

Özdemir, F., & Koyuncu, M. (2020). Innovation in Turkish SMEs: Strategies for Success in the Textile Sector. International Journal of Textile Engineering,, p.143-159.

Ozdemir, S., Mutluturk, M., Kor, B., & Metin, B. (2019, October). Country of origin criteria for digitization with national IT products. In 6th International Management Information Systems Conference 2019

Ozturk, S. (2022). Innovative Practices in the Turkish Textile Industry: The Role of OECD (2016). SME Policy Index: The Mediterranean / Middle East and North Africa 2014 - Implementation of the Small Business Act for Europe Paris: OECD Publishing. Development. https://www.oecd.org

OECD. (2021). Economic Survey of Türkiye 2021. OECD Publishing.

Parviainen, P., Tiihinen, M., Käyrynen, J., & Tepola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice. International Journal of Information Systems and Project Management, 5(1), 63–77.

S. Nambisan, K. Lyytinen, Y. Yoo (2020) Handbook of Digital Innovation The digitalization of the innovation process. Challenges and opportunities from a management perspective

Şerefoğlu, Ç. (2017). (1), (2), (3) Challenges of Rural SMEs in Ankara, Turkey.

Sarikaya, M. A. (2022). Digitalization in Business Management. Mehmet Bey University, Institute of Social Sciences, Master Thesis, Konya

Scuotto, V., Serravalle, F., Murray, A., & Morellato, M. (2023).How digital transformation drives innovation in SMEs: Evidence from European regions.

TÜİK (2020). *Statistical Data on Textile and Clothing Sector in Turkey*. Turkish Statistical Institute, received from: https://www.tuik.gov.tr

Türkoğlu, M. (2002). The development of SMEs in Turkey and their impact on regional growth. *Turkish Economic Review*, 19(1), 57–75.

TIRPORT insights. (2024). Outlook of e-commerce in turkey report. TIRIPORT insights. https://insights.tirport.com/en/outlook-of-e-commerce-in-turkey-report/

TÜBİTAK (2020, October 2023), TÜBİTAK and Boğaziçi university collaborate for digital transformation in SMEs. https://tubitak.gov.tr/en/node/14563?utm

Ulas, D. (2019). Digital transformation process and SMEs. Procedia Computer Science, 158, 662- 671.

UNDP,(2023), receivedfrom:https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/tr/Sectoral_Roadmaps_Textile_Sector_in_Turkey-re2.pdf

U.S. Census bureau. (2024). Use of technology by U.S. businesses. Retrived from https://www.census.gov/newsroom/blogs/research-matters/2024/12/ai-use-small-businesses.html

U.S. Chamber of commerce. (2023). Small business technology adoption 2023.Retrived from https://www.uschamber.com/co/run/technology/small-business-technology-2023

Verina, N. and Titko, J. (2019). Digital transformation: Conceptual Framework. In Proceedings of the International Scientific Conference. Contemporary Issues in Business, Management and Economics Engineering'2019, Vilnius, Lithuania, 719-727

Vide RK, Hunjet A, Kozina G.(2022) Enhancing Sustainable Business by SMEs' Digitalization. Journal of Strategic Innovation and Sustainability. 2022; 17(1):13–22.

Voza, D., Szewieczek, A. and Grabara, D. (2022). Environmental sustainability in digitalized SMEs: Comparative study from Poland and Serbia. Serbian Journal of Management, 17(1), 15-31.

Yalcin, A. (2020). *The Importance of Local Sourcing in the Textile Industry*. Journal of Supply Chain Management, 15(3), 27-39.

Yalçın, E. (2020). *Sustainability trends in Turkey's textile sector: Opportunities for SMEs*. Fashion & Sustainability Review, 16(2), 145-159.

Yilmaz, R. (2004). *Market Responsiveness of SMEs in Turkey's Textile Industry*. Journal of Fashion Technology & Textile Engineering, 7(2), 12-20.

Yilmaz, O., & Aksoy, T. (2022). The impact of digital technologies on the competitiveness of Turkish textile SMEs. International Journal of Digital Business, 9(1), 12–28.

Yücel, Y. (2010). Uluslararası Ticaretin Serbestleştirilmesi Sürecinde Türk Tekstil ve Hazır Giyim Sektörünün Rekabet Gücü ve Çin Tehdidi. Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt XXIX Sayı II, 227-250.

Yang, Y., Zhong, C. (1998). China's Textile and Clothing Exports in a Changing World Economy. The Developing Economies, 36 (1), 3–23.

Yadav, M. S., & Pavlou, P. A. (2014). Marketing in computer-mediated environments: Research synthesis and new directions. Journal of Marketing, 78(1), 20–40.

World Bank, (2020) World Bank provides financing for variable micro and small firms https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/12/18/world-bank-provides-financing-for-viable-micro-and-small-firms-in-turkey-amid-pandemic

World Bank. (2020). Small and Medium Enterprise (SME) Finance: Improving SMEs' access to finance and finding innovative solutions to unlock sources of capital. Retrieved from www.worldbank.org/en/topic/smefinance

URL-5 https://www.kosgeb.gov.tr 03-12-2024

URL-1: https://www.aboutamazon.eu/news/empowering-small-business/the-amazon-turkiye-sme-e-commerce-outlook-2023-report 21-04-2025

URL2: https://www.statista.com/statistics/1496592/turkey-businesses-with-e-commerce-activities/ 17-04-2025

URL-3: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtsr_2023_e.pdf (World Trade Statistical Review 2023) 17-04-2025

URL-4: https://www.aa.com.tr/en/economy/global-e-commerce-trade-hits-58-trillion-turkiye-eyes-larger-share-in-exports-minister/3374711 07-05-2025

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

THE POLITICAL ECONOMY OF CONFLICT IN YEMEN: PRACTICAL MECHANISMS TO MITIGATE THE IMPACT OF CONFLICT ON DEVELOPMENT IN THE ABSENCE OF INSTITUTIONAL INDEPENDENCE

Mohammed Faisal Abd Hudijan
Selçuk University, Institute of Social Sciences, Department of Economics
ORCID: 0009-0008-1440-3632

Prof. Dr. Mehmet ALAGÖZ
Selçuk University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics
ORCID: 0000-0001-9961-4616

ABSTRACT
Internal conflicts within national borders must be analyzed not merely as security or political issues, but as multidimensional processes that are both shaped by and actively reshape deep economic dynamics. This is because factors such as economic inequalities, resource competition, public sector inadequacies, and international dynamics play a significant role in influencing these conflicts. Consequently, preventing or resolving internal conflicts necessitates the strengthening of economic structures and the implementation of inclusive development policies.
The Yemeni economy is currently facing a severe structural crisis driven by ongoing political conflict. While traditional literature often posits "institutional independence" as the sole panacea, this study argues that such a solution is unrealistic within the current context of deep polarization. Therefore, the primary objective of this research is to identify and define practical mechanisms designed to "mitigate" the adverse effects of political conflict on the development process.
This study employs a descriptive method and a comparative theoretical analysis of fragile state experiences to derive "adaptation mechanisms" capable of sustaining vital economic functions. The study's contribution lies in offering a practical framework for "damage control" and the preservation of remaining development gains, rather than waiting for ideal political solutions that are unlikely to materialize in the near term.
Keywords: Internal Conflicts, Yemen, Development.

INTRODUCTION
Yemen has experienced a period of chronic political instability, culminating in the civil war that erupted in 2015, which has created immense economic and developmental pressures. Currently, Yemen ranks in the low category of the Human Development Index (168th out of 188 countries), with an estimated cumulative loss of approximately 47% in Gross Domestic Product (GDP) during the war years (Al-Bashiri, 2018). The conflict has inflicted severe structural damage on infrastructure; more than 40% of education and health facilities and water networks, and more than half of energy and electricity assets have been damaged.
Furthermore, political conflict has led to the depletion of the state's sovereign resources, particularly due to the cessation of exports resulting from attacks on oil facilities and ports. This situation has caused serious deficits in public finance and a collapse in the government's capacity to provide basic services or regularly pay public employees' salaries (Taqreeb Report, 2024).

This deep nexus between political conflict and the deterioration of development indicators in vital sectors such as education, health, and energy makes it imperative to understand the national economy's response to crises and to seek structural mechanisms to mitigate these effects.

The hypothesis of isolating economic institutions from the sphere of political conflict appears nearly impossible. According to International Crisis Group (2021) reports, the collapse of the Kuwait peace talks in 2016 marked a radical turning point, leading the legitimate government to relocate the Central Bank from Sana'a to Aden in order to prevent the Houthis from seizing foreign exchange reserves and controlling the banking system and external financial flows. The conflict did not remain limited to monetary institutions but extended to commercial entry points. The dispute over the Hodeidah Port, combined with restrictions on the flow of goods and measures forcing merchants to work with the Aden Central Bank to dry up Houthi revenue sources following the Stockholm Agreement, led to a sharp increase in import costs. This economic warfare deepened further in early 2017 when the Houthis prohibited the circulation of newly printed national currency, causing monetary fragmentation and an unprecedented price crisis. This state of organic entanglement between political warfare and sovereign economic institutions definitively proves that "institutional independence" is unattainable in the current conjuncture and that traditional political solutions still face immense complexities.

This study adopts a specialized conceptual approach aligned with the context of "state absence" in Yemen, functionally redefining two fundamental terms. The first is structural mechanisms. While traditional literature uses this term to denote state-implemented reforms aimed at generating long-term changes in production and institutional structures, this study redefines it within the conflict context as "De facto Structural Shifts" emerging from the bottom up. These transformations signify a shift in the center of economic gravity from the central government to society and the private sector—exemplified by the private sector functionally substituting for the state and the transition toward decentralization in energy and financial resources. The second term is economic development. Under war conditions, the study recontextualizes development, distancing it from its traditional scientific definition and framing it within the concept of "Economic Resilience." Here, development is defined not as the pursuit of currently unattainable welfare, but as the capacity to sustain vital functions—such as the supply of goods, market continuity, and the preservation of basic services like education and health at a minimum level—by adapting to crises to prevent total collapse.

Consequently, this study aims to analyze these profound changes in the structure of the Yemeni economy and their impact on development and resilience. The ultimate objective is to formulate recommendations that bolster these changes, facilitating their evolution into a "sustainable structural transformation" that enhances the national economy's resistance during political crises. The research demonstrates that the Yemeni national economy has effectively begun to adapt to political crisis, war, and developmental erosion. This adaptation process occurs through structural mechanisms that diverge from the hegemony of the central state, orienting instead toward society and decentralization. This is evidently manifested in the expanding role of the private sector, the activation of local decentralization, and the adoption of solar energy as a fundamental production input. The study concludes that this transformation must be institutionalized to accelerate its pace and ensure its sustainability.

RESEARCH AND FINDINGS

1. Structural Transformation in Public Service Chains: The Role of the Private Sector

The Yemeni private sector has evolved beyond being a mere commercial partner to become a fundamental pillar of the national economic structure. Statistical data for the 2012–2021 period demonstrates the private sector's absolute dominance in production activities. During this period, the private sector contributed 100% to the agricultural sector's Gross Domestic Product (GDP) and 90.8% to the manufacturing industry, whereas the public sector's contribution was limited to a mere 9.2%. Furthermore, the private sector held the largest share in vital service activities such as trade, transport, and storage, achieving an investment volume of 11.5% compared to the public investment average of 3.2% (Al-Dar, 2023).

Within the framework of mitigating conflict impacts, the private sector's role in social responsibility has also expanded. This is materialized in institutional initiatives such as the "Yemen Food Bank," established to combat hunger, and the "Yemen Medicine Bank," a non-profit organization aiming to support the health sector. Reports reveal the private sector's vital contribution to social infrastructure; indeed, in 2014, the private sector managed over 181 hospitals and approximately 1,254 schools. These indicators confirm that the private sector has transcended its traditional role to become a "functional alternative" to the state in health, education, and macroeconomics, necessitating the development of mechanisms to reinforce this growing structural role.

Over the past years, the Yemeni government has faced structural incapacity in sustaining development or even maintaining existing infrastructure, resulting in Yemen’s classification among the world’s least developed countries. Development indicators reveal the depth of this void. According to Nasser (2018), only 40% of the population has access to clean drinking water, and 35% to electricity. The education and health sectors also exhibit severe vulnerabilities, with a literacy rate standing at 56%, while only 55% of the population has access to medical services. These data confirm the government's widespread failure in managing vital sectors and highlight the necessity for the private sector to assume the role of a "development proxy" by strengthening its structure to fill this gap in basic services.

Macroeconomic indicators show that the Yemeni private sector has surpassed its traditional role to become the backbone of the economic structure. According to data from Al-Dar (2023), the private sector contributes approximately 53% to the 2014 non-oil GDP and employs over 69% of the total workforce, positioning it as the largest employer. In the realm of food security, the private sector has shouldered the burden of securing supply chains, executing 96% of total food imports in 2017, thereby compensating for the state's almost total absence from the import dossier.

This role has not been confined merely to commodities but has also encompassed investments in human capital. In the health sector, more than half of all medical services are provided by private entities. In the field of education, qualitative pioneering models have emerged. A notable example is the IMAS project, launched by the Hayel Saeed Anam Group in 2019, which aims to provide free, high-quality education to underprivileged and gifted students in the governorates most affected by the conflict (Aden, Taiz, Marib) (INEE, 2023). In parallel, initiatives led by business leaders through the Hadramout Foundation have contributed to the establishment of model high schools and the provision of overseas scholarships for high-achieving students (Hadramout Foundation, 2024). These data confirm that the private sector has been structurally strengthened to serve as a "functional alternative" to the state in the fields of employment, food security, and human development, thereby necessitating the institutionalization of this partnership to support this sustainable structural transformation.

The impacts of the private sector extend beyond commercial activities, becoming a fundamental lever of the macroeconomy. This sector constitutes the primary source of income for millions of Yemenis, reduces unemployment rates by stimulating small and artisanal industries, and alleviates the burden of war. The sector's influence on development extends to the preservation of human capital. For instance, investments in health services ensure the preservation of individual health—and consequently productivity—which is directly reflected in the growth of national income. Concurrently, investments in education enhance the quality of human resources, thereby accelerating the process of growth and development (Al-Dar, 2023). As a result of this structural transformation and the expanding role of the private sector, the organization and institutionalization of this shift have become mandatory. In this context, it is essential to increase the private sector's contribution within strategic plans to enhance Economic Resilience in the shadow of crisis, fill the state's institutional void, and serve as an effective adaptation instrument against the impacts of political conflict on development.

2.Structural Transformation in Infrastructure: Energy Decentralization

Armed political conflict has led to a severe deterioration in public services, including the electricity sector. Data indicates that in 2014, the rate of access to the public electricity grid was only at the level of 40% of the population, while in rural regions—which host 75% of Yemen's population—this rate remained at an extremely low level of 23% (Al-Mohammadi, 2021). Considering that energy is a fundamental production input and a primary indicator of development in the country, this deficit deals a heavy blow to the economy.

The crisis has deepened further as a result of political tensions and attacks on vital facilities such as the Balhaf Port, leading to the cessation of oil exports, Yemen's primary source of energy and production. All these factors have caused increases in import costs and citizens' living costs; this, in turn, has necessitated the finding of "mitigating mechanisms" to limit the destructive effects on economic development. The state has experienced complete incapacity in securing fuel and energy supply, leading to an almost total collapse in the public electricity sector. According to Badiei (2018), citing a World Bank damage assessment survey, 6 out of 10 major cities completely lost access to public electricity, while the remaining four cities received electricity for only a few hours per day. Fuel shortages and rising costs caused a sharp 77% drop in electricity generation between 2014 and 2015.

The repercussions of this situation were not limited solely to power outages; they led to the paralysis of vital infrastructure, a decline in the performance of service facilities such as hospitals, water pumps, and telecommunication networks, and the halting of livelihoods for workshops and artisans dependent on energy. This massive failure of the government in providing energy has constituted a "structural turning point" that necessitates seeking alternative sources to enhance economic resilience and limit the energy crisis.

Political conflict has exerted an adverse effect on basic production inputs (electricity and water), exposing the fragility of the state's central systems in contrast to the "High Resilience" demonstrated by decentralized and community-based systems. With the collapse of the national grid, there has been a massive expansion in the use of solar energy, with estimates suggesting that 70% of households have turned to solar energy as their primary power source. This transformation has not been limited to domestic consumption but has also established an alternative infrastructure for the agricultural sector. Rising fuel costs have driven farmers to utilize solar energy for groundwater extraction, and the installation of solar irrigation systems has recorded an annual growth rate exceeding 4% (Aqlan, 2021).

In addition, the industrial sector has undergone a qualitative transformation toward clean energy to ensure the continuity of production. Indeed, the Yemen Arabian Cement Company has inaugurated its first factory powered by solar energy with a capacity of 5.7 Megawatts (Saba Agency, 2025). In the context of strengthening urban infrastructure, a solar power plant with a strategic capacity of 650 Megawatts has been established in Aden, contributing to the reduction of the existing deficit (Al-Shadli, 2024). These evidences confirm a genuine Structural Transformation in energy sources for production and services, necessitating the adoption of mechanisms to accelerate the transition to energy decentralization as a development-oriented response to the weakness in government supply.

Accelerating technological progress enhances the appeal of the transition to renewable energy. Studies indicate that the cost of photovoltaic panels dropped by 40% between 2010 and 2020, making it a highly competitive option. According to estimates by the Studies and Economic Media Center (2017), the establishment of a solar energy system with a capacity of 1 Gigawatt would save approximately 675,000 tons of fuel annually, creating financial savings worth $600 million. This impact is not limited to financial savings but also encompasses developmental dimensions; adopting solar energy as a foundation for development opens broad horizons for job creation thanks to the opening of the market in this emerging sector. Particularly in the agricultural sector, the significant reduction in production costs (compared to traditional fuel) boosts profitability and decreases unemployment. Therefore, substituting costly and unstable fossil fuels with solar energy as the main source in production and public services is a central strategy to enhance economic resilience against fluctuations in energy prices caused by the war.

3.The Structure of Resources and Development: Central Financial Crisis

Local administrations play a vital role in the development process and are held responsible for the provision of basic public services. Historically, these administrations have remained heavily reliant on central government funding and, to a lesser extent, on local revenues such as oil and taxes. With the eruption of political conflict and war in 2015, the erosion of central revenues and the weakening of the Central Bank's capacity diminished the fiscal capacity of local authorities. This situation rendered local administrations incapable of covering operating expenses or paying the salaries of public employees in vital sectors such as education and health (Al-Awlaqi, W., & Al-Madhaji, 2018). This dynamic reveals the profound negative impact of political conflict on development; indeed, the cutting off of central public resources paralyzed the capacity of local authorities to fulfill their development and service functions, necessitating the search for alternative, decentralized financing models.

During the war, development faced an existential threat due to difficulties in the central collection of state resources, leading to the emergence of Fiscal Decentralized Governance as an alternative development element imposed as a structural change by political reality. According to the Salisbury (2017) report, the state of national chaos resulting from the war caused Yemen to fragment into various centers of power, thereby enabling certain regions, such as Marib, to exhibit a high level of independent local governance. This mechanism was embodied by the local administration’s instruction to deposit oil and gas sales revenues into the local branch of the Central Bank rather than transferring them to the center in Sana'a. These resources were effectively utilized locally to pay public employees' salaries and finance basic infrastructure services such as electricity and water, rendering the region more developed and habitable compared to others despite the wartime context.

The localization of resources and local development contributes fundamentally to achieving relative political stability, proceeding from the principle that sustainable development can only occur within an environment of stability.

This demonstrates that even in a war environment, local administrations can implement development projects that respond to the needs of the local community. Furthermore, it reduces resource wastage, addresses unequal development disparities between provinces, and alleviates the fiscal and administrative burden on the central government (Al-Awlaki, 2023).
In the Yemeni context, the conflict has created a chronic deficit due to the damage to central resources or their falling under the control of conflicting parties, preventing the redirection of these resources toward general development. Conversely, it has presented evidence that regions relying on their own resources (self-generated revenues) in a war environment can increase their capacity to provide partial development and services. These data provide evidence that by strengthening the administrative and fiscal decentralized structure in conflict environments, local resources can be utilized effectively, and the development process can be sustained despite disruptions.

CONCLUSION

Analyses indicate that the fundamental role of these three structural transformations (decentralization of resources, productive solar energy, and the role of the private sector) lies not merely in their function as temporary solutions, but also in their ability to partially limit the catastrophic effects of the collapse of public services. These mechanisms have emerged as adaptive roles that radically alter the trajectory of the country's "development process" in a war environment, facilitating a "Bottom-Up" movement. It is concluded that this approach is essential for the continuity of development as long as the war in Yemen persists.
Until the conflict concludes, this mechanism shifts the focus from traditional state dependency to initiative; it assigns temporary new mandates to local administrations due to the deterioration of state institutions and their inability to fulfill functional duties resulting from political conflict and war. This transformation constitutes the foundation of a new development model based on a regional development strategy, wherein local administrations are strengthened until the war ends.
Based on the research findings, it is evident that the initial step toward recovery in war environments is not to await the restoration of central state capacity. Therefore, to ensure the continuity of the development process while the war continues, measures facilitating the mobility of the private sector and social initiatives must be taken. Based on this vision, the study presents the following matrix of recommendations:
It is proposed to establish "Private Sector Development Consortia" that will serve as strategic partners with the state to execute social infrastructure projects (such as education and health). These consortia will bridge the financing gap by injecting private capital as a direct alternative to the pending public investment budget.
Furthermore, a mechanism to support the sustainability of alternative energy must be established by promoting the Green Economy and Microfinance. To achieve this, it is deemed necessary to:
Exempt all renewable energy inputs from customs duties and fees;
Establish "Clean Energy Microfinance Banks" that provide interest-free loans to farmers and production workshops for asset acquisition;
Promote the "Micro-Grids" model, where communities and villages establish central solar power plants managed by local cooperatives, replacing individual generators.

REFERENCES

Al-Awlaqi, A. (2023). The Impact of Decentralization on Political Stability: The Yemeni Case. Institute of Arab Research and Studies.

Al-Awlaqi, W., & Al-Madhaji, M. (2018). Local Governance in Yemen Amid Conflict and Instability. Sana'a Center for Strategic Studies.

Al-Bashiri, M. (2018). The Economic Cost of the War in Yemen and its Impact. Al Jazeera Centre for Studies.

Al-Dar, A. S. (2023). The Role of the Private Sector in Development in Yemen. Al-Markaz Al-Ta'asisi for Studies and Research.

Al-Mohammadi, A. (2021). Priorities for Recovery and Reform of the Electricity Sector in Yemen. Sana'a Center for Strategic Studies.

Al-Shadli, A. (2024). Clean Transition: Aden Solar Plant is a Future Glimmer of Hope. South24 Center.

Aqlan, M. (2021). Solar Irrigation in Yemen: Opportunities, Challenges, and Policies. Sana'a Center for Strategic Studies.

Badiei, S. (2018). Lighting Up Yemen: Promoting Solar Energy through Entrepreneurship. World Bank Blogs.

Capoani, L., Fantinelli, M., & Giordano, L. (2025). The concept of resilience in economics: a comprehensive analysis and systematic review. Continuity & Resilience Review, 7(2), 121–145.

Hadramout Foundation. (2024). Human Development Initiatives and Scholarship Programs.

INEE (Inter-agency Network for Education in Emergencies). (2023). The IMAS Project: Education in Conflict Zones.

International Crisis Group. (2021). Brokering a Ceasefire in Yemen's Economic Conflict. Middle East Report No. 231.

Nasser, A. (2018). Public Services in Yemen: Between Government Failure and Available Alternatives. Sana'a Center for Strategic Studies.

Saba News Agency. (2025). The Giant Solar Power Plant for the Arabian Yemen Cement Company.

Salisbury, P. (2017). Yemen: National Chaos, Local Order. London: Chatham House.

SEMC (Studies and Economic Media Center). (2017). The Uses of Solar Energy in Yemen: Present and Future.

Taqreeb Report. (2024). Updates on the Impact of War on Economy and Development in Yemen.

NAVIGATING THE DIGITAL FRONTIER: BALANCING DATA PRIVACY AND CYBERSECURITY IN AN AI-DRIVEN WORLD

Dr. Tahir Qureshi
Assistant Professor of Law, Symbiosis Law School, Hyderabad Campus, Symbiosis International (Deemed University) Pune
ORCID: 0000-0001-9269-991X

Dr. Dhananjay Kumar Mishra
Symbiosis Law School, Hyderabad Campus, Symbiosis International (Deemed University) Pune
ORCID: 0009-0003-0176-1629

Dr. Aakriti Shukla
Symbiosis Law School, Hyderabad Campus, Symbiosis International (Deemed University) Pune
ORCID: 0000-0001-7188-8594

Abstract
In an increasingly interconnected and AI-driven world, the boundaries between data privacy and cybersecurity are becoming increasingly blurred, presenting both opportunities and challenges. As artificial intelligence (AI) systems collect, analyse, and act upon vast amounts of personal and sensitive data, the risks of data breaches, algorithmic bias, surveillance, and misuse of information have grown exponentially. This paper explores the intricate relationship between data privacy and cybersecurity in the context of emerging AI technologies. It critically examines how legal frameworks, technological safeguards, and ethical standards must evolve to ensure individual rights and national security are simultaneously protected. The study analyses international legal instruments, domestic data protection regimes, and cybersecurity regulations, highlighting the disparities and overlaps. Particular attention is given to the General Data Protection Regulation (GDPR), the role of AI in automated decision-making, and the emerging concept of digital sovereignty. The paper also explores the ethical implications of AI surveillance, the challenges in cross-border data flows, and the role of transparency and accountability in building trust in digital ecosystems. It concludes by offering a multidimensional approach that balances innovation with regulation, advocating for a harmonized global framework that integrates privacy-by-design principles and resilient cybersecurity infrastructure to navigate the digital frontier responsibly.
Keywords: Data Privacy, Cybersecurity, Artificial Intelligence, GDPR, Digital Sovereignty, Algorithmic Accountability, Cross-Border Data Flows, Privacy-by-Design, Ethical AI, Digital Ecosystems.

MATERNAL MENTAL HEALTH IN MODERN TIMES: A GLOBAL AND SOCIAL CHALLENGE

Dr. Bhumika Sharma
Sharda School of Law, Sharda University
ORCID: 0000-0002-3963-6036

Sania Perwez
BALLB, Sharda School of Law, Sharda University
ORCID: 0009-0006-9254-2887

Abstract
In today's fast-moving world, mental health has quietly become one of the most pressing issues, especially for women, most notably mothers. Long before a child is born and long after, women carry a load that often goes unnoticed. From managing pregnancy-related physical and emotional changes to looking after a newborn while keeping the home running, the responsibilities pile up. This unpaid care work be it looking after children, elders, or the household is usually expected, rarely appreciated, and almost never supported. Target 5.4 of the Sustainable Development Goals (SDGs) directly addresses this reality. It talks about recognising and valuing unpaid domestic and care work by providing public services, support systems, and shared responsibility within households. But in real life, especially in countries like India, women often do it allwithout help, without rest, and without mental health care. This constant pressure takes a serious toll on their emotional well-being. Mental health, especially for mothers, deserves space in every discussion on development and equality. Because when a woman's mind is tired, when she is emotionally overwhelmed, it affects her, affects her children, her family, and the entire community. If we want a truly sustainable and equal future, we must start by caring for those who care for everyone else. Recognising their work and supporting their mental well-being isn't just a nice ideait's a necessity.
Keywords: SDG, UN, Constitution, Women, Motherhood, Mental Health.

"DIVORCIO Y CUSTODIA: UN ANALISIS JURIDICO Y SOCIAL"

Iris Yazmín Sánchez Morales
Estudiante de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Sociales Y Humanidades
ORCID: 0009-0003-4056-9162

Dra. Gloria Auristela Hernández Pérez
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
ORCID: 0009-0006-3446-4622

RESUMEN
El Divorcio y la Custodia de los hijos representa un tema de gran relevancia tanto en el ámbito jurídico como social en México y particularmente, en el estado de Tabasco. A nivel constitucional, en el Artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos garantiza que todas las decisiones en materia familiar deben procurar el interés superior de las niñas, niños y adolescentes promoviendo el acceso a un ambiente digno y a la convivencia con ambos progenitores cuando estos sea posible.

A nivel legislativo, el Código Civil del Estado de Tabasco regulan el divorcio y la guardia y custodia de los hijos, considerando criterios como la aptitud para garantizar el cuidado, la estabilidad emocional, la seguridad y el desarrollo integral de los menores. El Divorcio en Tabasco, al igual que en otras entidades, puede llevarse a cabo de manera voluntaria o incausada, garantizando que tanto las mujeres como los hombres accedan al procedimiento en igualdad de derechos y obligaciones.

El Código Penal del Estado de Tabasco establece sanciones para quienes incumplen con obligación derivadas de resoluciones de custodia y pensiones alimenticias, promoviendo la responsabilidad jurídica para garantizar el bienestar de los involucrados.

Desde el punto de vista social, la ruptura matrimonial representa un reto para la familia y la comunidad donde la adaptación a nuevas dinámicas de convivencias es vital para garantizar la estabilidad emocional de los menores. Por ello la legislación estatal tabasqueña adopta un enfoque protector e in disciplinario, promoviendo principios de equidad de género y responsabilidad compartida. Así tanto en la norma jurídica como en la práctica social, el divorcio y la custodia son abordados para garantizar que los derechos de todas las partes involucradas sean respectados, especialmente los de la niñez.

Palabras Claves: custodia, divorcio, interés, responsabilidad parental.

"DIVORCE AND CUSTODY: A LEGAL AND SOCIAL ANALYSIS"

ABSTRACT
Divorce and Child Custody represent a topic of great relevance both in the legal and social spheres in Mexico, and particularly in the state of Tabasco. At the constitutional level, Article 4 of the Political Constitution of the United Mexican States guarantees that all decisions in family matters must prioritize the best interests of girls, boys, and adolescents, promoting access to a dignified environment and the possibility of maintaining relationships with both parents whenever possible.

At the legislative level, the Civil Code of the State of Tabasco regulates divorce and child custody, considering criteria such as the ability to ensure care, emotional stability, safety, and the comprehensive development of minors.

Divorce in Tabasco, as in other states, may be carried out either voluntarily or without cause, ensuring that both women and men have equal rights and obligations throughout the process.
The Penal Code of the State of Tabasco establishes penalties for those who fail to comply with custody rulings and child support obligations, thus promoting legal responsibility to safeguard the well-being of those involved.
From a social standpoint, marital breakdown represents a challenge for the family and the community, where adapting to new dynamics of coexistence is vital to ensure the emotional stability of minors. For this reason, the state legislation of Tabasco adopts a protective and inter-disciplinary approach, promoting principles of gender equity and shared responsibility. Thus, both in legal norms and in social practice, divorce and custody are addressed in a way that ensures the rights of all parties involved are respected—especially those of children.
Keywords: Custody, Divorce, Best interests, Parental responsibility.

EMERGING GLOBAL BANKING STANDARDS: ROLE OF BIS FROM BASEL I TO BASEL III

Dr. Simmi Pal
Symbiosis Law School

ABSTRACT

The Bank of International Settlements (BIS) has come to essentially be a key player in the creation of international banking regulation, especially by developing the Basel Accords. This paper is a critical analysis of the role of the BIS in the formation and transformation of Basel I (1988), Basel II (2004), and Basel III (2010) that was the successive attempts to improve the fragility and sustainability of global banking system .The Basel I worked on standardization of capital adequacy and Basel II proposed a risk sensitive framework encompassing supervisory review and market discipline and Basel III was established as a reaction to the 2008 global financial crisis. Considering the release of more stringent capital positions, use of leverage ratios and liquidity measures to reduce the effects of systemic risk and losses-absorbing capacity. The aim of the research is to evaluate the extent to which the BIS in the form of the Basel Committee on Banking Supervision (BCBS) has impacted on international financial standards and to evaluate the success and shortcomings of each Basel framework in countering the transforming approaches to financial risks .The paper also touches on the necessity of continued innovation in regulation faced by regulatory authorities in the light of new challenges, such as fintech, climate risk and digital assets.

The research project is qualitative in nature, its doctrinal method being based on primary sources, including publications of the BIS, reports of the Basel Committee and official releases, as well as secondary sources, including scholarly journals, expert commentaries and case studies of key banking crises. There is comparative analysis to emphasize transition between Basel I, II, and III and its practical effects within various jurisdictions.

As final conclusion to the paper, the collaboration of the BIS has played a significant role in providing regulatory convergence and financial discipline although most of the challenges have been faced during its implementation with greatest concern being among the developing economies and the adaptability in a rapidly changing financial world which requires the continuity of reforms and global coordination likely to define the shapes of Basel IV and beyond

Keywords: International Banking, Global Banking, Bassel Accord I,II & III,

ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Assistant Professor Pramant Mahto
Srinath University "Adityapur"

Abstract
Artificial Intelligence (AI) is a multidisciplinary field that aims to create machines capable of performing tasks that typically require human intelligence. These tasks include learning, reasoning, problem-solving, perception, and language understanding. Recent advances in machine learning, deep learning, and neural networks have significantly enhanced the capabilities and applications of AI across various domains such as healthcare, finance, education, autonomous systems, and natural language processing. The integration of AI technologies is transforming industries, improving decision-making processes, and driving innovation, while also raising important ethical, societal, and regulatory considerations. This paper explores the fundamental concepts, recent developments, applications, and challenges associated with AI, highlighting its transformative impact on modern society and the future scope for research and development.
Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Neural Networks, Natural Language Processing, Automation, Intelligent Systems, Robotics, Ethics in AI, AI Applications

TUNING STRUCTURAL, MAGNETIC, AND ELECTRONIC BEHAVIORS IN ZnO AND TRANSITION METAL-DOPED ZnO FILMS VIA DEFECT MANIPULATION

Abdelhamid Ait M'hid

Guojian Li

Mourad Boughrara

Mohamed Kerouad

Qiang Wang
Key Laboratory of Electromagnetic Processing of Materials (Ministry of Education), Northeastern University
School of Metallurgy, Northeastern University
PMSML Laboratory, Faculty of Sciences, Moulay Ismail University

Abstract
This study presents a comprehensive investigation of the structural, microstructural, morphological, magnetic, and electrical transport properties of undoped ZnO and transition metal (TM)-doped ZnO thin films incorporating vanadium (V) and chromium (Cr) at doping levels of 0.2, 0.4, and 0.6 at.%. The films were deposited on glass substrates using radio-frequency magnetron sputtering and thoroughly characterized via X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), atomic force microscopy (AFM), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX), vibrating sample magnetometry (VSM), and Hall effect measurements. XRD analysis confirmed the formation of single-phase wurtzite ZnO structures with no secondary phases, accompanied by lattice contraction due to substitutional incorporation of smaller V^{3+} and Cr^{3+} ions. Microstructural evaluation revealed a consistent reduction in crystallite size, increased lattice strain, and higher dislocation density with increasing dopant concentration, indicative of enhanced defect formation. SEM and AFM studies highlighted significant grain refinement and surface roughness evolution, with Cr-doped films showing more homogeneous morphologies compared to V-doped films. Magnetic measurements demonstrated stable room-temperature ferromagnetism (RTFM) in all doped films, with a pronounced enhancement in saturation magnetization (Ms) and remanent magnetization (Mr) at optimal doping levels, particularly 0.6 at.% V and 0.4 at.% Cr, attributed to the formation of bound magnetic polarons (BMPs) mediated by intrinsic defects such as oxygen vacancies. Hall effect measurements revealed n-type conductivity in all films, with significant reductions in carrier concentration and increases in resistivity upon doping, confirming the role of V and Cr as acceptor-like defects. Transport measurements as a function of temperature and magnetic field also confirmed the existence of a defect-induced conduction mechanism, highlighting the interaction between structural disorder and magnetic/electrical behavior. These results provide valuable insights into defect engineering strategies for tailoring the multifunctional properties of ZnO-based diluted magnetic semiconductors, with promising implications for spintronic devices, magnetoresistive sensors, and charge transport-based electronic applications.
Keywords: doped ZnO films, Structural and microstructural properties, Room-temperature ferromagnetism, Electrical transport properties, Spintronics.

FROM SILICON TO PEROVSKITE: TRACING THE TECHNICAL EVOLUTION OF PHOTOVOLTAIC PANELS

LAAROUSSI Karima
Laboratory of applied chemistry and environment, Faculty of Sciences and Technologies, University Hassan 1st
Laboratory of agricultural machinery, energy and precision agriculture

HARKANI Assia
Laboratory of agricultural machinery, energy and precision agriculture

EL AISSAOUI Abdellah
Laboratory of agricultural machinery, energy and precision agriculture

JEMJAMI Saloua
Laboratory of applied chemistry and environment, Faculty of Sciences and Technologies, University Hassan 1st

Abstract
Integration of photovoltaic technology in agriculture has witnessed notable technical and economic evolution, supporting the transition toward sustainable and energy-efficient farming practices. Technically, Photovoltaic panel technology has undergone remarkable transformations, driven by the global push for cleaner and more efficient energy solutions. This presentation provides a concise overview of key technical advancements in PV panels, from the dominance of crystalline silicon cells to the emergence of thin-film, bifacial, and perovskite-based technologies. It highlights major improvements in efficiency, cost reduction, and integration techniques, such as PERC and tandem structures. Challenges related to degradation, recyclability, and material scarcity are also addressed. The session concludes with insights into future research directions that will shape the next generation of high-performance, sustainable PV modules. Economically, the declining costs of PV modules, driven by technological progress and mass production, have enhanced their affordability for small and medium-scale farmers. Life cycle cost analyses increasingly show that PV-powered systems offer competitive or superior long-term returns compared to diesel or grid-powered alternatives. As climate change and water scarcity challenge traditional agriculture, PV systems offer a resilient solution by reducing operational costs and carbon footprints while promoting energy independence.
Keywords : Photovoltaic Panels, PV Technology Evolution, Silicon Photovoltaic Cells, Perovskite Photovoltaic Cells, Economic Evolution, Cost Reduction

IMPROVING THE SEPARATION OF MIXED RADIATION VIA UNSUPERVISED LEARNING ALGORITHMS

Imane AHNOUZ
Mohammed V University in Rabat, faculty of sciences

Rajaa SEBIHI
Mohammed V University in Rabat, faculty of sciences

Abstract
Neutron spectrometry using scintillation detectors has gained widespread adoption in radiation detection and medical science, particularly in radiation diagnosis and radiation therapy. These detectors are highly efficient in detecting neutrons across a broad energy spectrum, cost-effective, and feature a straightforward design that facilitates maintenance and operation. Despite these advantages, a critical challenge remains in accurately distinguishing neutron signals from accompanying gamma radiation, which is essential for precise radiation diagnosis and effective radiation therapy treatment planning. Addressing this challenge, various techniques have been proposed to differentiate neutrons from gamma radiation. This work reviews neutron-gamma discrimination methods using different types of organic scintillators and compares these methods based on their accuracy and the type of detector used. Additionally, potential recommendations for the research community are provided.
Keywords: Neutron-gamma discrimination, Tensor Decomposition, Pulse Shape discrimination, Scintillation detectors

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

MODELING THE IMPACT OF DEFECT DENSITY AND INTERFACE STATES ON PEROVSKITE DEVICE EFFICIENCY

Fatima Zahra ZNAKI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Khalid. SAID
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Mohamed ADADI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Hassan MOUSTABCHIR
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Souad ELKHATTABI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

ABSTRACT
Defects and interface states play a very crucial role in determining the performance and long-term stability of perovskite solar cells. In this work, we make use of numerical calculations using SCAPS-1D to analyze the effect of bulk defect densities and trap states at the interface on the photovoltaic performance of perovskite-based devices. Through methodically varying the defect concentration in the absorber layer and at transport layer interfaces, we study their impact on key performance parameters like open-circuit voltage (Voc), short-circuit current density (Jsc), fill factor (FF), and overall power conversion efficiency (PCE). Through this, it is found that increased defect densities lead to increased non-radiative recombination, reduced carrier lifetimes, and colossal losses in device efficiency. Interface trap states, particularly at absorber/transport layer junctions, are found to cause substantial energy band misalignment and hinder charge extraction. The work underscores the critical function that material quality and interface passivation will likely contribute to optimize perovskite solar cell performance. The findings provide valuable guidance for directing experimental strategy toward minimizing defect-related losses in high-efficiency and long-lived perovskite devices.
Keywords: Perovskite solar cells, Defect density, Interface trap states, SCAPS-1D

PRESSURE-INDUCED BANDGAP ENGINEERING OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITE $FAGeBr_3$: A DFT INSIGHT

Jihane ZNAKI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Fatima Zahra ZNAKI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Khalid. SAID
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Mohamed ADADI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Hassane MOUSTABCHIR
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Souad ELKHATTABI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

ABSTRACT
Density Functional Theory (DFT) has emerged as a powerful and widely adopted computational method to investigate the structural, electronic, and optical properties of materials at the atomic scale. Coupling DFT with applied hydrostatic pressure is a reliable tool to explore pressure-induced phase transitions, tune bandgap characteristics, and enhance the stability of complex materials such as metal halide perovskites. Applying hydrostatic pressure allows researchers to mimic extreme environments and reveal hidden phases or electronic behaviors that are otherwise inaccessible under ambient conditions, thus offering promising pathways for optimizing materials in optoelectronic and photovoltaic applications. Our studied hybrid perovskite is formamidinium-germanium bromide ($FAGeBr_3$), which exhibits excellent light absorption, low exciton binding energy, and long carrier diffusion lengths. However, the intrinsic instability of its photoactive black phase under ambient conditions poses significant challenges. DFT-based investigations have provided critical insights into the pressure-dependent phase behavior of $FAGeBr_3$, revealing that moderate hydrostatic pressure can suppress the phase transition to the yellow non-perovskite phase and stabilize the black α-phase. Moreover, DFT simulations have demonstrated tunability of its bandgap with increasing pressure, suggesting new strategies for engineering its optoelectronic properties. These findings underscore the importance of pressure-assisted DFT studies in guiding the design of more stable and efficient perovskite-based solar cells.
Keywords: Perovskite materials, Density Functional Theory (DFT), Hybrid perovskites, Photovoltaics (PV), Hydrostatic-pressure.

DIGITAL SUPPLY CHAIN, IMPACT OF INTEGRATION INDUSTRY 4.0 IN A SUSTAINABLE AND RESILIENT SUPPLY CHAIN

Chaymae CHAREF
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of sciences and techniques, industrial technique

Anas CHAFI
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of sciences and techniques, industrial technique

Said HAOUACHE
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of sciences and techniques, industrial technique

Abstract
The integration of industry 4.0 has a positive impact on the supply chain. in fact the traditional supply chain faces challenges and obstacles that make work more complex. by integrating digital technologies such as the internet of things, artificial intelligence, cyber-physical systems, big data and digital twins, industry 4.0 enables a more connected, responsive, efficient and resilient supply chain. This transformation translates into manual conversion to increased automation, real-time decision making, better visibility, and cost resilience throughout the supply chain.
This abstract defines the importance of industry 4.0 technologies on supply chain resilience, efficiency and visibility.
The objective is to identify the technological levers that enable an effective transformation of the traditional supply chain to an intelligent, agile and sustainable supply chain.
Keywords: supply chain, industruy 4.0, artificial intelligence, internet of things.

PROBING THE STRUCTURAL, ELECTRONIC, AND OPTICAL PROPERTIES OF FERROMAGNETIC RARE-EARTH-BASED CDER2S4 SPINEL FOR ENERGY HARVESTING APPLICATIONS

H. Kerrai
Physics of Materials and Systems Modeling Laboratory, Faculty of Sciences, Department of physics

E. M. Jalal
Theoretical Physics Group, Faculty of Sciences, Department of physics

H. Saadi
Theoretical Physics Group, Faculty of Sciences, Department of physics

M. Salama
Theoretical Physics Group, Faculty of Sciences, Department of physics

M. Kerouad
Physics of Materials and Systems Modeling Laboratory, Faculty of Sciences, Department of physics

A. Zaim
Physics of Materials and Systems Modeling Laboratory, Faculty of Sciences, Department of physics

Abstract
In this study, we investigated the stability, optoelectronic, and magnetic properties of CdEr2S4 spinel. Structural stability was evaluated using the PBE-GGA functional, while the optoelectronic properties were analyzed with the modified Becke–Johnson potential, incorporating spin-orbit coupling. The cubic phase was confirmed through tolerance factor analysis, phonon dispersion, and formation energy calculations. The electronic structure revealed a direct band gap for both spin channels. The optical response was examined from 0 to 12 eV, focusing on polarization, refractive index, and absorption coefficient. The material exhibited strong ultraviolet absorption, making it a promising candidate for solar energy applications. Although experimental validation is lacking, CdEr2S4 is proposed as a potential material for energy conversion technologies.
Keywords: First-principles calculations · Ferromagnetic · Absorption coefficient · Electronic properties · Optoelectronic properties

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

LASER-ASSISTED POTENTIAL SCATTERING AND (ELECTRON-ATOM COLLISION)

Mohammed EL ALLAM
Polydisciplinary Faculty, Laboratory of Research in Physics and Engineering Sciences, Team of Modern and Applied Physics, Sultan Moulay Slimane University

Mourad BAOUAHI
Polydisciplinary Faculty, Laboratory of Research in Physics and Engineering Sciences, Team of Modern and Applied Physics, Sultan Moulay Slimane University

Moha EL IDRISSI
Polydisciplinary Faculty, Laboratory of Research in Physics and Engineering Sciences, Team of Modern and Applied Physics, Sultan Moulay Slimane University
Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty of Khouribga

ABSTRACT
Laser-assisted processes are phenomena that are altered by the presence of a laser field, as opposed to laser-induced processes like multiphoton ionization and high harmonic production, which can only take place in the presence of a laser field. Atom-atom collisions in the presence of a laser field and electron-atom collisions are two instances of laser-assisted processes.
Electron-atom collisions aided by lasers are intriguing for a number of reasons. First of all, as we will see below, they make it possible to see multi-photon processes at comparatively low laser intensity from an experimental perspective. Second, from a theoretical perspective, they need novel ways to explain how the laser field affects the collisions. In fact, the laser field adds a number of additional factors to the issue (such as the laser's frequency, intensity, and polarization), and adjusting these parameters enables a greater understanding of the underlying mechanisms. Laser-assisted electron-atom collision cross sections show novel phenomena such laser-induced resonances and various prominent characteristics depending on the values of these factors. Since we shall consider multiphoton processes at laser intensities beyond the limit of validity of perturbation theory, we will need theoretical methods which possess the required non-perturbative features. Thirdly, laser-assisted electron-atom (ion) collisions are also important in several applied areas such as plasma heating by electromagnetic waves.
Our study describes the influence of the laser polarization (elliptical, circular) on the electron impact excitation of atomic hydrogen (DCS). Our method takes into account the “dressing” of the target states by including the laser-atom interaction to first order time-dependent perturbation theory, while the interaction of the laser field with the incident electron is treated to all orders by using the non relativist Gordon-Volkov wave function. The interaction of the fast projectile with the target atom is treated in the first Born approximation.
Our findings demonstrated the presence of a deep minimum for particular scattering angle values. Destructive interference between the "electronic" and "atomic" amplitudes is the source of these minima (the differential cross section (DCS) cancels out).
Keywords: DCS, Atomic-Electron dressing , Elliptical polarization ,Laser-assisted.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

İŞLETMELERDE DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN OPTİMİZASYON[1]

Prof. Dr. Gürhan UYSAL[2]
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü
ORCID: 0000-0002-9290-4984

ÖZET
Birinci olarak, bu çalışmada üç yeni kavram incelenmiştir: Delta Ortalama, Maxima, ve Stokastika. Yöneylemci delta ortalama ile zaman serisine dayalı olarak talep tahmininde bulunabilir. Maxima ise çözüm sıkıştığında ya da ilerlemediğinde yöneylemciye yardımcı olacak bir araçtır. Örneğin, boş küme. Yöneylemci boş kümeyi kullanarak ortak kümeler ile ilgili problemde çözümü alabilir. Bu kavramlar içinde uygulamaya en yakın olanı stokastika'dır. Stokastika nakit akışları ile ve net işletme sermayesi ile ilgilidir. Bu nedenle işletmenin bilgisayar programında (ERP) tek bir tuşla stokastika aracılığı ile iç ve dış çevrede oluşan nakit akışları görülebilir. Stokastika finans yöneticisi için uygun bir yöntemdir. Bunlardan maxima ve stokastika Türkiye'ye özgü, delta ortalama ise evrensel bir uygulama olabilir. Maxima ve stokastika finans sorunlarına kısa sürede çözüm sağlayabilir. İkinci olarak, bu çalışmada doğrusal olmayan optimizasyon (DOO) incelenmektedir. Araştırmanın varsayımı, Oligarşinin Tunç Yasası'nın organizasyonlarda doğrusal olmayan optimizasyona neden olduğu biçimindedir. DOO yöneticinin zamanında karar vermesi ve işletmenin hedeflerine ulaşması ile tanımlanabilir. Oligarşinin Tunç Yasası gereği organizasyonlar bürükrasi-yoğun örgütler olmaktadır. Örneğin, Amerikan işletmeleri. Amerikan işletmelerinde onay makamı çoktur. Bu da doğrusal olmayan optimizasyona neden olmaktadır. Bilgisayar programında 1 nolu tuşa işlev kazandırılarak, bu tuş onay makamı gibi çalışabilir. İşletmede 1 nolu tuştan birinci genel müdür yardımcısı sorumlu olabilir. Son olarak, üniversitelerin işletme mühendisliği bölümü mezunları başarılı bir yöneylemci olabilir, ve işletmelerde görev alabilirler. Yöneylemcinin temel misyonu excel ve model kurma olmaktadır. Yöneylemci excelde model kuracak ve bunu yöneticinin emrine sunacaktır. Örneğin, stokastika formülü.
Anahtar Kelimeler: Doğrusal Olmayan Optimizasyon, Oligarşinin Tunç Yasası, Semboller

EFFECTS OF NONLINEAR OPTIMIZATION ON ORGANIZATIONS

ABSTRACT
According to assumption of this study, Iron Law of Oligarchy makes organizations irrational. Organizations are democratic, but few people manage them. To decrease these negative impacts, organizations may implement delegation strategy. If a researcher says 'govern', this is iron law of oligarchy; if a researcher say 'manage', this is democracy. Further, this study pose out four symbols for businesses to implement. Three of those symbols are specific to Turkish context, and one is universal. Delta average is universal; maxima, stochastica and aij are maybe applied in Turkish context. For example, business managers may implement demand predictions through delta average. Managers govern cash flow of firms through stochastica.
Keywords: Oligarchy, Democracy, Organizations, Optimizations

[1] 5.Uluslararası Çankaya Bilimsel Çalışmalar Kongresi, İktisadi Kalkınma ve Sosyal Araştırmalar Derneği, Ankara, 8-9 Aralık 2025
[2] Uzmanlık alanı: İnsan Kaynakları Yönetimi, ilgi alanı: Sayısal Yöntemler

GİRİŞ

Tulunay'a göre (2006) işletme dünyasında karşılaşılan problemlerin birçoğunda amaç denklemi ve sınırlayıcı koşullar doğrusal değildir, ve doğrusal olmayan bu koşullar eğri ile belirtilir. Hiperbol ve parabol ile örneğin. Türkiye'de karşılaşılan sorunların kaynağı ilişkilerin doğrusal değil eğrisel olması olması olabilir, ve bu ilişki çoğunlukla hiperbol ile temsil edilir. Bu durumda sorunlar çatışmaya yer vermeden nasıl çözümlenecektir? Acaba işletmelerde sorunların ana kaynağı ast ile üst arası formal ilişkilerde doğrusal değil eğrisel ilişki olması mıdır? Bu çalışma bunu doğrusal olmayan optimizasyon ile açıklama gayretindedir.

Türkiye'de işletmelerde ast ve tepe yönetim arası doğrusal ilişki yoktur, hiperbolik ilişki vardır. Oligarşinin Tunç Yasası hiperbol ilişkiye yani doğrusal olmayan optimizasyona neden olmaktadır. Oligarşinin Tunç Yasası tepe yönetim ile ilgilidir. Örneğin bir broker Singapur'da finansal bir yatırım yapmış ve bu yatırım nedeniyle şirket batmıştır.

Bu çalışmanın varsayımlarına göre işletmelerde doğrusal olmayan optimizasyon vardır ve nedeni oligarşinin tunç yasasıdır. Örneğin, Amerikan şirketlerinde onay makamı çoktur. Şeften daire başkanına, daire başkanından genel müdüre, ve genel müdürden yönetim kuruluna geçişte onay gerekmektedir. Bu durum ABD işletmelerinde doğrusal olmayan optimizasyona neden olmaktadır. Bu sorun birinci genel müdür yardımcısına sorma ile çözümlenebilir. Yani onay genel müdür yardımcısı tarafından verilmelidir. Bu durumda genel müdür yardımcısı hem komuta hem de kurmay görev görecektir.

Bu çalışmada doğrusal olmayan optimizasyon ve kovaryans incelenmektedir. Örneğin, borsada getiri nasıl artabilir? Bu kovaryans ile açıklanabilir. Örneğin, işletmelerde Oligarşinin Tunç Yasası doğrusal olmayan optimizasyona neden olmaktadır. Oligarşinin Tunç Yasası'nın doğrusal olmayan optimizasyona neden olmasının nedeni onay makamı olmasıdır, simplex yöntemin doğrusal optimizasyona neden olmasının nedeni ise bu yöntemin temelinde matris ve doğrusal programlama olmasıdır. Doğrusal programlama ast ile üst arasında doğrusal ilişkiye neden olmaktadır. Bunun tecelli ettiği yer ise yönetim kurulu olabilir. Yönetim kurulunda ast ile üst buluşmaktadır.

A.DOĞRUSAL OLMAYAN OPTİMİZASYON

A.1.DOĞRUSAL OLMAYAN OPTİMİZASYON

Bu araştırmanın temel varsayımı işletmelerde doğrusal olmayan optimizasyona (DOO) Oligarşinin Tunç Yasası'nın neden olduğu biçimindedir. Oligarşinin Tunç Yasası karar verme ile ilgilidir. Katılımcı yönetim mi uygulanacak, yoksa kararlar tepede alınacak ve tüm organizasyona yayılacaktır? İşletmeler her ne kadar demokratik kurumlar olsa da, eninde sonunda işletmeyi tepedeki birkaç kişi yönetmektedir. Büyük şirketlerde bunun temsili C-level yöneticiler olabilir. Yani CEO, CMO, CFO, CHRO, vd. Oligarşinin Tunç Yasası'nın olumsuz etkisini gidermek için işletmeler yetkilendirme uygulayabilir. Örneğin, New York merkezli işletme Türkiye ile ilgili kararları Türkiye Genel Müdürlüğü'ne bırakabilir. Ya da daha küçük ölçekli işletmelerde onay alma genel müdür yardımcısına devredilebilir. Ve bu devir işletmenin bilgisayar programına yansıyabilir. İşletmedeki işlemler 1 tuşuna basılarak onay alınabilir.

Doğrusal optimizasyon yönetici ile ast arasında doğrusal ilişki olmasıdır. Yani üst aracı olmadan asta emir verebilmelidir. Doğrusal olmayan optimizasyonda ise ast ile üst arasında eğrisel ilişki vardır ve bu eğri iletişimde gürültüye neden olmaktadır ve gürültü hızlı karar almayı engelleyebilir. Çünkü gürültü nedeniyle ast ile üst arası iletişim sağlıklı olmayabilir. DO'da ast ile üst arasında doğrusal iletişim vardır ve gürültü oluşmayabilir. DOO'da ise ast ile üst arasında aracı kanal vardır ve bu gürültüye neden olabilir ve sağlıklı veri akışı oluşmayabilir.

Bu manada doğrusal optimizasyon ast-üst arası doğrusal ilişki olarak tanımlanabilir. Bu araştırmanın varsayımlarına göre Oligarşinin Tunç yasası bu doğrusal ilişkiyi bozmaktadır.
İkinci olarak, doğrusal optimizasyon "örgütsel hedeflere" ulaşma olarak tanımlanabilir. En önemli hedef pazar payıdır. Çünkü pazar payı sürdürülebilirlik ile ilişkilidir. Örneğin, işletmenin reorganizasyon uygulaması doğrusal optimizasyona bir örnek olabilir. Norm kadro ve iş tanımı reorganizasyonun iki başat uygulamasıdır. Reorganizasyon işletme hedeflerine katkıda bulunuyorsa, örneğin pazar payı artıyorsa, bu uygulama doğrusal optimizasyona örnek olabilir. İşletme reorganizasyonun hedeflere katkısını artırmak için eşzamanlı olarak yetenek yönetimi de uygulayabilir. Bu iki uygulama, yani reorganizasyon ve yetenek yönetimi doğrusal optimizasyona bir örnektir.
Türkiye'de ast ile üst arasında aracı vardır; ABD'de ise alt kademe ile üst kademe arasında çok sayıda onay makamı vardır. Bu iki faktör işletmelerde Oligarşinin Tunç Yasası'nı oluşturmakta ve doğrusal olmayan optimizasyona neden olmaktadır. Çare nedir? Türkiye'de yönetim kurulu ile ABD'de ise yetki devri ile bu sorun çözümlenebilir.

A.2. OLİGARŞİNİN TUNÇ YASASI

Bu çalışmada Oligarşinin Tunç Yasası'nın işletmelerde nasıl doğrusal olmayan optimizasyona yol açtığı tartışılmaktadır. Varsayım; Amerikan işletmelerinde onay makamının çok olduğu yönündedir. Her aşamada onay alma iletişimde gürültüye ve çerçeveleme etkisine neden olmaktadır. Bu nedenle işletmeler tepe yönetimde onay makamı belirleyebilir. Örneğin, birinci genel müdür yardımcısı. Bilgisayar programında 1 tuşuna genel müdür yardımcısından onay alma işlevi kazandırılabilir ve Oligarşinin Tunç Yasası'nın zararlı etkileri giderilebilir. Ast 1'i tıklayarak tepe yönetimden onay alabilir.
Doğrusal olmayan optimizasyon karar verme ile ilgilidir, Oligarşinin Tunç Yasası (OTY) da karar verme ile ilgilidir. OTY'de karar verme tepede toplanmakta ve bu doğrusal olmayan optimizasyona (DOO) neden olmaktadır. DOO oluşumunu önlemek için işletmeler yetki devri uygulamalıdır. Eğer şirketin büyüklüğü global ise yetkilendirme de uygulanabilir.
Oligarşinin Tunç Yasası ilk kez 1911 yılında Alman sosyolog Robert Michels tarafından ortaya atılmıştır. Michels'e göre organizasyonlarda yetki tepede toplanır ve bu OTY'ye neden olur. OTY daha çok merkeziyetçi yapıya sahip organizasyonlarda görülür. Merkeziyetçi organizasyonlarda onay verme ve karar verme tepede toplanır. OTY oluşumunu önlemek ve organizasyona demokrasi getirmek için işletmeler ademi merkeziyetçi yapıya sahip olabilir ve yetki devri uygulayabilir. Organizasyona demokrasi gelmesi ile katılımcı yönetim uygulanabilir, yani astlar tepede yönetime katılabilir.
Michels 1911 yılında Siyasal Partiler başlıklı çalışması ile demokratik ve bürokratik örgütlerde oligarşinin nasıl oluştuğunu araştırmıştır. Yetki. Cevap budur. Oligarşinin Tunç Yasası'na bürokratik örgütlerde rastlanır ve bunun nedeni yetkidir. Çünkü bürokraside hiyerarşi ve yetki vardır ve Oligarşinin Tunç Yasası'nda bu yetki tepede toplanır. Bürokrasinin ve Oligarşinin Tunç Yasası'nın olumsuz etkilerini gidermek için yöneticilere iki dönem şartı getirilebilir.
Michels'in iddiasına göre işletmeler demokratik kurumlardır. Bunun en önemli göstergesi katılımcı yönetimdir. Fakat kaçınılmaz bir şekilde işletmenin yönetimi azınlık bir grubun eline geçmektedir. Buna daha çok bürokratik kurumlarda rastlanılmaktadır (Lipset, 1961, akt.T.Dereli). Bürokratik kurumları Max Weber bürokrasi teorisinde tanımlamıştır. Örneğin, Siemens, Toyota, General Electric. Bu şirketlerin binlerce çalışanı ve kendine özgü örgütsel kültürleri vardır. Bu şirketlerin tepe yönetiminde C-level yöneticiler vardır. CEO, CMO, CFO, CHRO gibi. Bürokratik kurumlarda azınlık olarak bu C-level yöneticiler tanımlanmaktadır. C-level yöneticiler ve sahip oldukları yetki şirketlerde Oligarşinin Tunç Yasası oluşumuna neden olmaktadır.

Oligarşinin Tunç Yasası'nı bu yöneticiler oluşturmaktadır. O halde şirketleri ve işletmeleri demokratik kurumlar yapmak için hangi politika izlenebilir? Katılımcı yönetim uygulanmalıdır. Yetki devri katılımcı yönetim uygulamada bir yöntem olabilir. Yine yönetim kurulunun etkin işletilmesi bir başka yöntem olabilir. Çünkü yetki devri ve yönetim kurulu uygulaması astların yönetime katılmasını ve söz hakkını sağlayabilir.
Michels oligarşiyi bir örgütün tepedeki yöneticiler tarafından kontrol edilmesi olarak tanımlamaktadır (Lipset, 1961, akt. T.Dereli). Bunun nedeni yetkidir. Bunlar C-level yöneticilerdir. Yani büyük örgütlerde kontrol C-level yöneticilerdedir. Demokrasinin en önemli boyutu ifade özgürlüğü ve söz hakkıdır. Yetki devri ile astlara bu olanak sağlanabilir. Hewlett Packard firması örneğin. HP, Türkiye Ofisine Türkiye pazarı ile ilgili operasyonlarda yetki devredebilir ve bu strateji ile doğrusal olmayan optimizasyonu engelleyebilir.

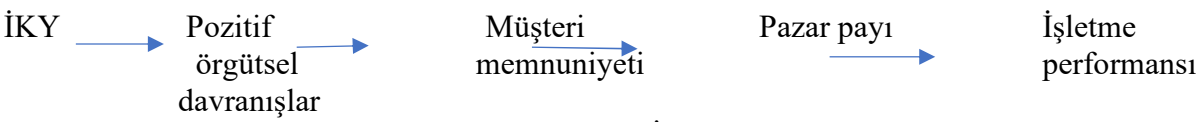
A.3. İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİ

Varsayım, insan kaynakları yönetimi (İKY) çalışanlarda pozitif örgütsel davranışlar geliştirir. Birçok bilimsel araştırma bunu doğrulamıştır. Bu nedenle pozitif örgütsel tutum ve davranışlar örgütte İKY'nin doğrusal optimizasyona örnek olmasını sağlamaktadır. Literatürde İKY bireysel performansa etki olarak tanımlanır. Bireysel performansın en önemli göstergesi iş tanımıdır. Dolayısıyla, İKY uygulamaları çalışanların iş tanımı gereklerini daha etkin yapmasını sağlar. Bu çalışmanın varsayımına göre, İKY çalışanlarda pozitif örgütsel davranışlar geliştirir. Pozitif örgütsel davranışlar ile çalışan iş tanımı gereklerini daha iyi yerine getirir ve böylece iş tanımı aracılığı ile İKY işletme performansına etki eder. Bu rolü ile iş tanımı converter rolü üstlenmekte ve doğrusal optimizasyona örnek olmaktadır. Ayrıca pozitif örgütsel davranışlar İKY için mutlak değer rolü oynayabilir. Pozitif örgütsel davranışların bu rolü İKY'nin iş tanımı aracılığı ile işletme performansına etki etmesini sağlar. Çünkü Frederick W. Taylor'a göre işyerinde düzen iş tanımı ile sağlanmaktadır. İş tanımı bu yönü ile doğrusal optimizasyona örnek olmaktadır. Bu model şöyle belirtilebilir.



Şekil 1. İKY Modeli

Eğer insan kaynakları yönetimi iş tanımı üzerine oturtulursa, işletmede İKY aracılığı ile doğrusal optimizasyon elde edilebilir. İKY pozitif örgütsel davranışlar aracılığı ile doğrusal optimizasyona etki eder. Çünkü pozitif örgütsel davranışlar hem iş tanımı hem de müşteri memnuniyeti aracılığı ile işletme performansına olumlu katkıda bulunur.
İKY ile ilgili tartışmalar hep işletme performansına odaklanmaktadır. İKY işletme performansına nasıl etki eder? Moderatörler (black box) nelerdir? Temel varsayım şudur: İKY uygulamaları çalışanlarda pozitif örgütsel davranışlar geliştirir. Bu pozitif örgütsel davranışlar hem çalışanın iş tanımı üzerinde olumlu etki ederek çalışanın bireysel performansını yükseltir, hem de müşteri memnuniyetine olumlu etki ederek işletmenin pazar payını yükseltir. Pazar payının artması işletme performansının en önemli göstergelerindendir. Başka deyişle, pazar payı yükselince, işletme performansı da artar. Bu varsayımların modeli şöyle kurulabilir:



Şekil 2. Bir Başka İKY Modeli

Yukarıdaki iki şekle bakarak İKY'nin tanımının iş tanımı ve pozitif örgütsel davranışlar olduğu iddia edilebilir.
Türkiye'ye özgü insan kaynakları yönetiminde dört özellik vardır:

a. Çatışma yönetimi
b. Pozitif örgütsel iklim
c. İKY fonksiyonları
d. Performans ile İKY arası lineer ilişki

Türkiye'de organizasyonlarda çatışma vardır. O nedenle çatışma yönetimini uygulamak üst yönetimin görevidir. Örneğin, üst yönetici iş tanımı hazırlama ile çatışmayı önleyebilir. Burada iş tanımı geliştirme doğrusal olmayan optimizasyon oluşumunu engelleyebilir. Yine Türkiye'de organizasyonlarda pozitif örgütsel iklim vardır. Ek olarak, İKY'de işletmeler sadece İKY fonksiyonlarını uygulamaktadır. Son dönemlerde performans hedefi başlamıştır. Öte yandan Türkiye'de işletmelerde performans ile İKY fonksiyonları arası lineer (doğrusal) ilişki vardır.
İnsan kaynakları yönetiminde temel matematiksel kavram fonksiyonlar ve matristir. Matris içinde vektör barındırmaktadır. k skaleri bu vektörü harekete geçirmekte ve kovaryans oluşmaktadır. Çünkü işletme tanımlanırken fonksiyonlar vurgulanmaktadır. Örneğin, işletme fonksiyonları, yönetim fonksiyonları ve İKY fonksiyonları. Bunun nedeni işletmede sistem teorisinin geçerli olmasıdır. Yani bir alt sistemdeki bir aksama tüm sistemde entropiye neden olmaktadır. Örneğin tekstil atölyesinde dikiş makinesinde dikiş iğnesinin kırılması gibi. Tüm sistemin faaliyeti aksayabilir. O nedenle işletmede fonksiyonlar vardır. Matrisin temel kavram olmasının nedeni ise İKY uygulamalarıdır. Organizasyonda İKY uygulamalarını etkin uygulamak için İK yöneticisi, İK profesyoneli ve hat yöneticilere ihtiyaç vardır. Bunların hepsi birden matrisi yani çok değişkenli yapıyı oluşturur. Hedef işletme performansını elde etmektir. Bu matriste sosyogram İK yöneticisi ve vektör İKY uygulamalarıdır, k skaleri ise pozitif örgütsel tutum ve davranışlardır. Örneğin işe alma ve seçmede örgütsel adalete dikkat edilmesi çalışanlarda pozitif örgütsel tutum ve davranışlar oluşturmakta ve bireysel performans ve müşteri tatmini ile işletme performansı elde edilmektedir.
İKY uygulamaları örgütte hat yöneticilerin desteği ile uygulanabilir. Bu nedenle örneğin pazarlama departmanında iş tanımlarını güncellemek için İK yöneticisi hat yöneticinin yani pazarlama yöneticisinin desteğini isteyebilir. Hat yönetimden bu destek tüm örgütte İKY uygulamalarının etkin olarak uygulanmasını sağlar ve bu danışma doğrusal olmayan optimizasyon oluşumunu önleyebilir.

B. MATEMATİK

Ortalama (X) ile de talep tahmini yapılabilir mi? Uysal (2025) mutlak değer ile talep tahmini yapılabileceğinden bahsetmiştir. Mutlak Değer işletme matematiğinde bir çözüm ve analiz tekniğidir. Ortalama ile talep tahmini yapılabilir. İşletmeler normalde zaman serisi ve hareketli ortalamalar yöntemi ile talep tahmini uygulamaktadır. Oysa işletmeler $\sum X$ (sigma ve ortalama) ile de talep tahmini uygulayabilir. Bu formülde sigma ($\sum$) zaman serisindeki verileri temsil etmekte ve ortalama (X) ile de optimum sonuç yani talep tahmini bulunmaktadır. Bu yöntem ile işletme son 50 yıllık verilere dayanarak talep tahmini yapabilir. 50 yıllık zaman serisi 10'ar yıllık dilimlere bölünebilir ve beş dilim oluşur. ve Her dilimin ortalaması alınır. Sonra bu beş ortalamaya hareketli ortalama uygulanarak $\sum X$ ile son 50 yıla göre talep tahmini olabilir. Hatta bu formüle delta ortalama da ($\underline{\Delta}$) eklenerek hareketli ortalamalardaki değişim trendi incelenebilir. Bu durumda yeni formül $\underline{\Delta}\sum X$ olur. Cari konjonktürde sağlıklı talep tahmini yapabilmek için işletmeler son 50 yıllık verileri dikkate alabilir ve $\underline{\Delta}\sum X$ formülünü uygulayabilir.

Delta ortalama zaman serilerinin ortalaması yani ortalamanın ortalaması olarak tanımlanabilir ve delta ortalama ve ortalama ile talep tahmini yapma doğrusal optimizasyona bir örnektir. Örneğin yöneylemci 1990-2000 periyodu zaman serisini dikkate alarak 2010-2020 arası dönem için talep tahmininde bulunmak isteyebilir. 1995 yılı medyan olmak üzere 1990-2000 arası dönemde genel ortalamaya (yani delta ortalama) bakılarak, 2010-2020 dönemi için talep tahmininde bulunabilir. Kılavuz (2021) para miktarı ortalamasından bahsetmektedir (M). İktisat matematiğinde para miktarı ortalaması olabiliyorsa, işletme matematiğinde de talep tahmininde delta ortalama olabilir.

Delta (Δ) değişimi simgelemektedir. İnsan kaynakları yönetiminde iki sembol önemlidir. Delta ve Sigma. Delta değişimi, sigma ise toplamı ifade etmektedir. Örneğin, ürün fiyatı p1'den p2'ye yükseldiğinde talep önce azalır sonra artar. Bu değişim ve dönüşüm delta ile simgelenebilir. Örneğin, Kılavuz (2021) tüketim fonksiyonunda B1'den B2'ye değişim olduğunda tüketimde (C) meydana gelen değişim ΔC ile simgelenmiştir.

(İntegral. Sigma. Matris). Bunların notasyonları yan yana yazılıp işletme matematiğinde yeni bir formül veya yeni bir fonksiyon kurulabilir mi? Bu formülde integral sigma ve matrisi yerçekimi gibi çekmektedir. Bu çekme füzyon etkisi olarak tanımlanabilir. Bu füzyon daha sonra itme ile sigma ve matrisi harekete geçirmekte, ivme oluşmakta ve bu sayede kısmi kovaryans oluşturmaktır. Önalan (2020: 332) U.A'yı bileşim olarak tanımlamakta ve U.A bileşimi Δ'ya aittir demektedir. Bu çalışmada da integral.sigma.matris notasyonları bileşim oluşturmakta ve integral sigma ile matrisi çekmektedir. ve Sigma k skaleri gibi işlev görmektedir.

Burada sigma k skaleri gibi işlev görmekte ve matriste kovaryansa neden olmaktır. Çünkü k skaleri matristeki vektörü harekete geçirmekte, bu da kovaryansa neden olmaktadır. Sigma ve matrisin çarpımı ile yeni bir fonksiyon elde edilebilir ve integral ile fonksiyon işlevsel hal kazanabilir. (İntegral.Sigma.Matris) aritmetiğe bir örnektir. Aritmetik Batılı uygulamadır, cebir ise bir Ortadoğu uygulamasıdır. Her ikisi de benzerdir ve sayılarla işlem yapılmaktadır. Yalnız Batılı sistemde aritmetikte semboller yani notasyonlar önemlidir. Örneğin, Sigma (∑). Kalkülüs ise Amerikan yöntemi olabilir ve uygulamalı matematik ile ilişkilidir. Yani işletme matematiğinde kalkülüs vardır.

Matematikte bir sembol de 'maxima' olabilir. Maxima çözümsüzlük yok demektir. Araştırmacı maksima işaretini koyduğunda birim matris, satır vektörü, alt determinantlar, boş küme, kukla değişken gibi yöntemler devreye girer ve çözüm bulunur. Maxima'nın sembolü sıfır ile tire işaretinin yan yana getirilmesi ile elde edilen figür olabilir: 0. Burada sıfırın üstü tire ile işaretlenir. Bir diğer sembol stokastika olabilir ve >X< ile işaretlenir. Buradaki X ortalama manasındadır. Stokastika işletmede nakit akışı ve net işletme sermayesi ile ilişkilidir. Nakit akışının depolanması, yani finans departmanında paranın nasıl değerlendirildiği ile ilgilidir. Stokastika işareti işletmenin ERP (kurumsal kaynak planlaması) programına konulabilir. ve Finans yöneticisi ERP üzerinden stokastika işaretini tuşlama ile, iç çevrede nakit akışlarının nasıl dağıldığını görebilir. Maxima ve stokastika Türkiye'ye özgü uygulamalar olabilir ve bu iki yöntem finans problemlerine kısa sürede çözüm bulabilir. Delta ortalama ise evrensel bir uygulama olabilir. Türkiye'ye özgü bir diğer uygulama da aij olabilir. a burada üretim faktörlerini temsil etmektedir. A bütün üretim faktörlerini bünyesine çeker ve Sigma (∑) gibi işlev görür. A burada genel müdürdür. Genel müdür üretim faktörleri ile ilgili işlemleri yürütür. i= makine ve j= işçi sayısıdır. Genel müdür bunlarla ilgili bütün işlemleri yürütür ve bünyesinde toplar. aij merkeziyetçi yapıya sahip işletmeler için uygundur. Çünkü genel müdür sahip olduğu yetki ile üretim faktörleri ile ilgili uygulamaları kendine çeker ve karar verir. aij adem-i merkeziyetçi yapıya uygun bir yöntem değildir. Burada a üretim faktörleri, i indis ve j ise üslü ifadedir.

İşletme matematiğinde gerçek olayı çevreleyen birçok değişken vardır. Bu durumda model nasıl kurulacak ve karar nasıl alınacaktır? Yönetici ya çok sayıda değişkeni 1 veya 2'ye indirgeyecek ya da üslü ifadeler kullanacaktır. Çok sayıda değişken adjusted R2 ile 1 veya 2 değişkene indirgenebilir ve etkin kararlar alınabilir Öte yandan, çok sayıda değişken üslü ifadelerle işletme problemlerine yansıtılabilir ve model kurulabilir.
Matematikte sıfır (0) etkisiz elemandır, 1 ise etkili eleman olabilir. Yani 1 doğrusal optimizasyonu sağlıyorken, 0'ın buna katkısı olmayabilir. 1 bu manada converter (dönüştürücü) olarak tanımlanabilir. 1 burada bilgisayar klavyesindeki F klavyeye yani F tuşuna benzemektedir. Örneğin, muhasebe işlemleri. 1 muhasebede dönüştürücü olarak kullanılabilir ve bu kullanma doğrusal optimizasyon doğurabilir. Yevmiye defteri kayıtları yapılıp çıktı alındıktan sonra 1'e basıp defteri kebire, 1'e basıp mizan çıktısı alınabilir ve 1'e basıp bilançonun çıktısı alınabilir bilgisayarda. 1 böylece bilgisayarlı muhasebede etkili eleman olabilir. 1 burada üst yönetime onay sunma gibi olabilir. Yani, üst işleme onay vermektedir. Örneğin, birinci genel müdür yardımcısı. İşletmelerde karışıklığı ve düzensizliği önlemek için onay görevi üst yönetime yani birinci genel müdür yardımcısına verilebilir. Bu durumda oligarşinin tunç yasasının neden olduğu sorunlar önlenebilir ve 1 ile doğrusal optimizasyon elde edilebilir.
Doğrusal optimizasyonu elde etmek için ast ile tepe yönetim arasında doğrusal ilişki olmalıdır. Oysa işletmelerde tepe yönetim ile astlar arasında Oligarşinin Tunç Yasası gereği eğrisel ilişki vardır. Yönetim kurulu toplantıları ile bu eğrisel ilişkinin doğrusal olması sağlanabilir. Ya da işletme tepe yönetimde genel müdür yardımcısı pozisyonu ihdas edebilir. İşletmenin bilgisayar programına 1 onay alma düğmesi konulabilir. ve bu yolla ast tepe yönetimden onay alabilir. İşletmelerde doğrusal optimizasyon kısmen doğrusal programlama (linear programs) ile de ilişkilidir. Çünkü doğrusal ilişkiye doğrusal programlama neden olmaktadır. Örgütlerde bu doğrusal ilişki değişime uğramakta ve eğrisel ilişki ortaya çıkmaktadır. Bu eğrisel ilişki doğrusal olmayan optimizasyona neden olmaktadır. Bu durumda 1'i tuşlama ile tepe yönetimden onay alınabilir ve eğri doğrusal ilişkiye dönebilir. Bu durumda 1'i tuşlama doğrusal optimizasyona örnek olmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada Oligarşinin Tunç Yasası nedir ve örgüte zararlı etkileri nasıl giderilebilir, bu tartışılmaktadır. Çünkü örgütlerde oligarşi doğrusal olmayan optimizasyona neden olmaktadır. İşletmeler oligarşinin bu zararlı etkilerini yetki devri ile engelleyebilir ve işletmeler katılımcı yönetim ile daha demokratik kurumlar olabilir. Ayrıca örgütlerde iki dönem şartı da konulabilir.
Michels Oligarşinin Tunç Yasası (OTY) teorisini siyasal partiler için geliştirmiştir. Bu çalışma OTY'yi işletmelerde tartışmayı hedeflemektedir. Örneğin, şirketlerde OTY oluşması nedeni C-level yöneticiler olabilir. Varsayım, ABD örgütlerinde onay makamı çoktur. Hem OTY hem de onay makamı Amerikan organizasyonlarında doğrusal olmayan optimizasyona neden olabilir. Çözüm yetki devri, yetkilendirme ve adem-i merkeziyetçi yapıya dönüş olabilir.
İşletme matematiği fizik bilimi ile bütünleştirilebilir mi? Gelecek araştırmanın konusu bu olabilir. Örneğin, yerçekim kuvveti ve füzyon. Bu çalışmada sigma ve deltadan bahsedilmektedir ($\sum\Delta$). Varsayıma göre, sigma yerçekimi kuvveti gibi deltayı kendisine çekmekte ve sinerji oluşmaktadır. Sigma toplam demektir. Sigmanın toplamı 20 ise bu delta etkisi ile 40 olabilir.

İşletme matematiği ve İKY matematiğinde en ağırlıklı sembol sigmadır. Sigmanın temel olmasının nedeni işletmede doğrusal ilişkiler olması olabilir. OTY burada eğrisel ilişkiye neden olmaktadır. İşletme ve İKY matematiğinde bir diğer temel kavram fonksiyonlardır. Fonksiyonların temel olmasının nedeni ise işletmede sistem teorisinin geçerli olması olabilir.
Hem OTY hem de DOO karar verme ile ilişkilidir. OTY Türkiye'de karar vermede eğrisel ilişkiye neden olur; ABD ise doğru ve etkin karar almayı engelleyebilir. Japon toplam kalite yönetiminde bir ilke vardır: "Bir işi en iyi o işi yapan bilir". O nedenle, organizasyonlarda yetki devri ve adem-i merkeziyetçilik uygulanmalıdır.
Yöneticinin temel sorunu belirsizlik altında karar vermedir (Tulunay, 1980). İşletmelerde belirsizlik vardır. Bunun nedeni bir problemi çevreleyen çok sayıda değişken olması ve bu değişkenlerin karar verici tarafından tanımlanamamasıdır. Yönetici iç ve dış çevredeki mikro ve makro değişkenleri tanımlayamamaktadır. Belirlilik altında karar vermek için yönetici değişkenleri bilmeli ve bu değişkenlere dayalı olarak strateji üretmelidir. Örneğin, cari olarak Türkiye ekonomisinde kişibaşı milli gelir ve enflasyon eşzamanlı olarak yükselmektedir. Bu durum işletme ürünlerinin talebine nasıl yansıyacaktır? Marjinal tüketim eğilimi ve marjinal tasarruf eğilimi (Kılavuz, 2021). Tüketici artan gelirinin yüzde kaçını tüketime harcamakta ve yüzde kaçını tasarruf etmektedir? Artan gelirin yüzde kaçı işletme ürünlerine talep olarak yansıyacaktır? Milli gelirin türevinin alınması ile marjinal tüketim eğilimi ölçülebilir.

KAYNAKÇA

1. Hacıoğlu, Abdurrahman (2011). Doğrusal Olmayan Optimizasyon Problemleri İçin Taşınır Algoritmik Fonksiyonlar Yöntemi, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(1), Ocak, 1-9.

2. Kılavuz, Emine (2021). İktisatçılar İçin Matematik, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 4.Baskı.

3. Lipset, Seymour Martin (1961). Introduction to Robert Michels' Political Parties: A Sociological Study of the Oligarchical of Modern Democracy, Collier Books, Türkçe'ye Çeviren: Prof.Dr. Toker DERELİ, Işık Üniversitesi, İstanbul.

4. Önalan, Ömer (2020). İşletme Matematiği, Nobel Kitabevi, Ankara, 2.Baskı.

5. Tuncer, Doğan, Ayhan, Doğan Yaşar ve Varoğlu, Demet (2008). Genel İşletmecilik Bilgileri, Siyasal Kitabevi, Ankara.

6. Tulunay, Yılmaz (2006). İşletme Matematiği, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 4.Baskı.

7. Tulunay, Yılmaz (1980). Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları, İstanbul.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

TÜKETİCİ ELEKTRONİĞİ SEKTÖRÜNDE AYIPLI MALLARA İLİŞKİN ŞİKÂYETLERİN İNCELENMESİ: ZONGULDAK TÜKETİCİ HAKEM HEYETİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Yetiş KÖROĞLU
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı
ORCID:0000-0003-4392-6885

ÖZET

Mal veya hizmet piyasalarında, kamu tüzel kişileri de dâhil olmak üzere ticari veya mesleki amaçlarla hareket eden gerçek veya tüzel kişiler ile tüketiciler arasında satış, taşıma, simsarlık, sigorta, bankacılık ve benzerleri de dâhil olmak üzere sözleşmeler kurulabilmekte ve hukuki işlemler gerçekteştirilmektedir. Bu işlemler sonucunda, tüketiciler ürün veya hizmetlerden istedikleri verimi alamadıklarında veya satıcılar ile ürün veya hizmetler hakkında uyuşmazlıklara düştüklerinde, Türkiye'de tüm il ve ilçelerde kurulmuş olan Tüketici Hakem Heyetlerine başvurarak sorunların çözümünün giderilmesini isteme haklarına sahiptirler. Tüketici elektroniği ürünleri, tüketiciler tarafından kullanılan cep telefonu, televizyon, tablet ve bilgisayar gibi tüm yazılı, işitsel ve görsel ürünler ile aksesuarlarını içermektedir. Ayıplı mal, tüketiciye teslimi anında taraflarca kararlaştırılmış olan örnek ya da modele uygun olmaması ya da objektif olarak sahip olması gereken özellikleri taşımaması nedeniyle sözleşmeye aykırı olan malları ifade etmektedir. Malın süresi içinde teslim edilmemesi veya montajının gereği gibi gerçekleştirilmemesi de ayıplı mal kapsamına girmektedir.

Bu çalışmada, Zonguldak'da faaliyet gösteren Tüketici Hakem Heyetinin yapısı, görev ve yetki alanları ile tüketici elektroniği ürünleri kategorisindeki ayıplı ürünler, hizmetler ve ayıp nedenleri ile tüketicilerin şikâyetleri incelenmektedir. Bu doğrultuda, 2014-2021 yılları arasında Zonguldak Tüketici Hakem Heyeti tarafından ele alınan toplam 32.172 kararın 9.845 adedidin ayıplı mal ve hizmetler nedeniyle gerçekleştirilen tüketici şikayetlerinden oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca, incelenen yıllar itibariyle ayıplı mal ve hizmetlere ilişkin tüketici şikayetlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, 2013-2019 yılları arasında ele alınan kararlar göz önünde bulundurulduğunda, televizyon, cep telefonu, tablet, masaüstü bilgisayar ve dizüstü bilgisayar kategorilerine ait toplam 529 üründen 115'inin ayıplı, 414'ünün ise ayıpsız olduğuna ilişkin bilirkişi raporu düzenlendiği görülmektedir. Ayıplı olduğuna karar verilen 115 adet tüketici elektroniği ürününün, 42 adedinin üretim hatası, 31 adedinin tekrar arızalanma, 3 adedinin üretimden kaynaklı klonlu olma, 1 adedinin darbeye maruz kalma, 35 adedinin yeterli yetkili teknik servis hizmeti verilmeme, 2 adedinin ürün ile satın alınan ek garanti hizmetinden yararlandırılmama ve 1 adedinin de sergilenmiş veya kullanılmış ürün olma nedeniyle ayıplı olduğuna karar verildiği tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulguların, Tüketici Hakem Heyetlerinin etkinliğinin değerlendirilmesi açısından literatür ve uygulamaya yönelik yararlı bilgiler sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tüketici Elektroniği, Ayıplı Mal, Tüketici Şikayetleri, Tüketici Hakem Heyeti.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

INVESTIGATION OF COMPLAINTS REGARDING DEFECTIVE GOODS IN THE CONSUMER ELECTRONICS SECTOR: A STUDY ON THE ZONGULDAK CONSUMER ARBITRATION COMMITTEE

ABSTRACT

In goods or services markets, contracts, including sales, transportation, brokerage, insurance, banking, and similar activities, can be established and legal transactions can be carried out between real or legal persons acting for commercial or professional purposes, including public legal entities, and consumers. As a result of these transactions, when consumers do not get the desired performance from products or services, or when they have disputes with sellers about products or services, they have the right to apply to the Consumer Arbitration Committees established in all provinces and districts in Turkey to request the resolution of their problems. Consumer electronics products include all written, audio, and visual products used by consumers, such as mobile phones, televisions, tablets, and computers, as well as their accessories. Defective goods refer to goods that are not in accordance with the contract because they do not match the sample or model agreed upon by the parties at the time of delivery to the consumer or do not possess the characteristics they should objectively have. Failure to deliver the goods within the specified time or failure to install them properly also falls within the scope of defective goods.

This study examines the structure, duties, and authority of the Consumer Arbitration Committee operating in Zonguldak, as well as defective products, services, and reasons for defects in the consumer electronics category, along with consumer complaints. In this regard, it was determined that 9,845 of the total 32,172 decisions made by the Zonguldak Consumer Arbitration Committee between 2014 and 2021 were related to consumer complaints about defective goods and services. Furthermore, it was observed that consumer complaints about defective goods and services increased during the years examined. However, considering the decisions made between 2013 and 2019, it was seen that expert reports were prepared stating that 115 of a total of 529 products in the categories of televisions, mobile phones, tablets, desktop computers, and laptops were defective, while 414 were not defective. Of the 115 consumer electronics products determined to be defective, 42 were found to have manufacturing defects, 31 were found to have recurring malfunctions, 3 were due to being counterfeit, 1 was due to impact damage, 35 were due to insufficient authorized technical service, 2 were due to not benefiting from the additional warranty service purchased with the product, and 1 was due to being a displayed or used product. It is thought that these findings will provide useful information for literature and practice in terms of evaluating the effectiveness of Consumer Arbitration Committees.

Keywords: Consumer Electronics, Defective Goods, Consumer Complaints, Consumer Arbitration Committee.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

PROSPECT TEORİ PERSPEKTİFİNDEN RİSK ALGISI VE KAMU POLİTİKASI: TÜRKİYE'DE KENTSEL PLANLAMA VE AFET YÖNETİMİNİN MARAŞ DEPREMLERİ ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

Didar Duygu ALTUNTAŞ
Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü
ORCID: 0000-0002-4724-8279

Süleyman ÇELİK
Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü
ORCID: 0000-0003-3001-7375

ÖZET

Risk ve belirsizlik altında karar alma, yalnızca bireylerin değil, kamu kurumları ve politika yapıcıların da temel sorunlarından biridir. Geleneksel iktisat, bireyleri faydayı maksimize eden rasyonel aktörler olarak tanımlar; ancak gerçek hayattaki davranışlar çoğu zaman bu modele uymaz. Daniel Kahneman ve Amos Tversky tarafından geliştirilen Prospect Teorisi, insanların karar alma süreçlerinde rasyonellikten sistematik biçimde nasıl saptığını açıklamakta etkili bir teorik çerçeve sunar.

Teoriye göre bireyler kararlarını mutlak sonuçlara göre değil, kendi referans noktalarına göre oluşan kazanç ve kayıplara göre değerlendirirler. En belirgin özelliklerinden biri kayıptan kaçınmadır: insanlar, eşit büyüklükteki bir kazanca kıyasla kayıpları daha yoğun ve tehditkâr şekilde algılarlar. Ayrıca, düşük olasılıklı ama yüksek etkili olaylar ya küçümsenir ya da abartılır. Bu eğilimler, karar süreçlerinde ciddi sapmalara yol açabilir. Prospect Teorisi, bu yönüyle sadece bireysel davranışları değil, kamu politikalarının başarısızlıklarını da açıklamakta kullanılabilir.

Kamu politikaları, yalnızca teknik ve rasyonel analizlere değil, bireylerin psikolojik eğilimleri ve toplumsal algılara da dayanır. Özellikle afet öncesi risk yönetimi gibi alanlarda, bu bilişsel sapmalar oldukça belirleyicidir. Bireylerin irrasyonel tepkileri dikkate alınmadan geliştirilen kamu politikalarının etkili olması beklenemez.

Türkiye'de afet yönetimi ve kentsel planlama politikaları, uzun yıllar boyunca teknik ve hukuki yaklaşımlarla sınırlı kalmış; toplumsal algılar ve davranışsal yönler büyük ölçüde göz ardı edilmiştir. Bu durumun sonuçları, 6 Şubat 2023'te meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremlerle acı şekilde ortaya çıkmıştır. On bir ili etkileyen bu felaket, on binlerce insanın hayatını kaybetmesine ve yüz binlerce yapının yıkılmasına yol açmıştır. Oysa bu bölgelerdeki sismik riskler, bilimsel raporlarla yıllar öncesinden belirlenmiştir.

Ancak hem halk hem de yerel ve merkezi otoriteler, bu riski yeterince ciddiye almamış; riskli yapılaşmalar imar aflarıyla meşrulaştırılmıştır. Kentsel dönüşüme yönelik halk direnci, genellikle "evini kaybetme" veya "yerinden edilme" gibi kısa vadeli kaygılara dayandığından, uzun vadeli güvenlikten feragat edilmiştir. Bu davranış biçimi Prospect Teorisi'nin "kayıptan kaçınma" ilkesine birebir uymaktadır. Öte yandan yöneticilerin, uzun vadeli önlemler yerine kısa vadeli siyasi kazanımları tercih etmeleri ise teoride "kayıp bölgesinde riskli tercihler" olarak tanımlanır.

Deprem sonrasında ise halkın risk algısı ani ve dramatik biçimde değişmiştir. Daha önce göz ardı edilen tehlike, bu kez abartılı bir korkuyla algılanmaya başlanmıştır. Bu dönüşüm, bireylerin referans noktalarının değişmesiyle ilgilidir: artık "hayatta kalmak" birincil hedef haline gelmiştir. Ancak bu geç gelen farkındalık, kamu otoritelerine duyulan güvensizlik nedeniyle etkili önlemlerin benimsenmesini zorlaştırmıştır.

Bu çalışma, Prospect Teorisi çerçevesinde Türkiye'deki afet riski algısını, kamu politikalarının davranışsal bileşenlerini ve 2023 Maraş Depremleri özelinde yaşanan süreci bütüncül biçimde değerlendirmektedir. Bireylerin ve kurumların rasyonellikten uzak kararlarının, hayati önemdeki politika alanlarında nasıl başarısızlıklara yol açtığını gözler önüne sermek temel amaçtır.
Anahtar Kelimeler: Prospect teorisi, Kayıptan kaçınma, Kamu politikası, Risk algısı, Afet yönetimi.

RISK PERCEPTION AND PUBLIC POLICY FROM A PROSPECT THEORY PERSPECTIVE: AN ANALYSIS OF URBAN PLANNING AND DISASTER MANAGEMENT IN TURKEY THROUGH THE MARAŞ EARTHQUAKES

ABSTRACT

Decision-making under risk and uncertainty is a fundamental challenge not only for individuals but also for public institutions and policymakers. Traditional economics portrays individuals as rational actors who maximize utility; however, real-world behavior often fails to conform to this model. Prospect Theory, developed by Daniel Kahneman and Amos Tversky, provides an effective theoretical framework for explaining how people systematically deviate from rationality in their decision-making processes.

According to the theory, individuals evaluate their decisions not based on absolute outcomes, but rather on the gains and losses that occur relative to their own reference points. One of its most prominent characteristics is loss aversion: people perceive losses as more intense and threatening than gains of equal magnitude. Furthermore, low-probability but high-impact events are either underestimated or exaggerated. These tendencies can lead to significant distortions in decision-making processes. In this respect, Prospect Theory can be used to explain not only individual behavior but also the failures of public policies.

Public policies are based not only on technical and rational analyses but also on individuals' psychological tendencies and social perceptions. These cognitive biases are particularly decisive in areas such as pre-disaster risk management. Public policies developed without considering individuals' irrational reactions cannot be expected to be effective.

For many years, disaster management and urban planning policies in Turkey have been limited to technical and legal approaches, with social perceptions and behavioral aspects largely ignored. The consequences of this situation were painfully revealed by the earthquakes centered in Kahramanmaraş on February 6, 2023. This disaster, which affected eleven provinces, led to the deaths of tens of thousands of people and the collapse of hundreds of thousands of structures. Yet, seismic risks in these regions were identified years in advance by scientific reports.

However, neither the public nor local and central authorities took this risk seriously enough; risky developments were legitimized with zoning amnesties. Public resistance to urban transformation was often based on short-term concerns such as "losing one's home" or "being displaced," foregoing long-term security. This behavior perfectly aligns with Prospect Theory's principle of "loss aversion." Conversely, when administrators prioritize short-term political gains over long-term measures, the theory defines them as "risky choices in the realm of loss."

Following the earthquake, public perception of risk shifted suddenly and dramatically. The previously ignored danger was now perceived with exaggerated fear. This transformation stems from a shift in individuals' reference points: "survival" became the primary goal. However, this delayed awareness made it difficult to adopt effective measures due to distrust of public authorities.

This study holistically evaluates disaster risk perception in Turkey, the behavioral components of public policies, and the 2023 Maraş earthquakes within the framework of Prospect Theory. The primary objective is to reveal how irrational decisions by individuals and institutions lead to failures in vital policy areas.

Keywords: Prospect theory, Loss aversion, Public policy, Risk perception, Disaster management.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ULUSLARARASI TİCARETTE ASEAN'IN ROLÜ: ABD–ÇİN TİCARET SAVAŞLARI EKSENİNDE YENİ EKONOMİK DENGE ARAYIŞLARI

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır Murat ÇAKMAKLI
Sinop Üniversitesi/Gerze Meslek Yüksekokulu/Deniz ve Liman İşletmeciliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-7390-0056

ÖZET
Son yıllarda küresel ticaret sisteminin en dikkat çekici gelişmelerinden biri, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ile Çin Halk Cumhuriyeti arasındaki ticaret ve tarife savaşlarıdır. Bu rekabet, yalnızca iki ülkenin ekonomik ilişkilerini değil, küresel üretim ve tedarik zincirlerini de derinden etkilemiştir. Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN), söz konusu dönüşümün merkezinde yer almakta; hem küresel değer zincirlerindeki kırılmalardan etkilenmekte hem de yeni fırsatlar elde etmektedir. Bu bildiri, ABD-Çin ticaret savaşlarının ASEAN üzerindeki ekonomik yansımalarını, üretim ve tedarik zincirlerinin yeniden yapılanmasını ve bölgenin küresel ekonomide üstlendiği yeni rolü incelemektedir. Çalışmanın bulguları, ASEAN ülkelerinin yalnızca dışsal baskılara maruz kalmadığını, aynı zamanda üretim kaymalarından ve yatırım çeşitlenmesinden yararlandığını göstermektedir. Bununla birlikte, bölgenin bu fırsatları sürdürülebilir büyümeye dönüştürebilmesi için altyapı, dijitalleşme ve kurumsal kapasite alanlarında ilerleme sağlaması gerekmektedir.
Anahtar Kelimeler: ASEAN, ABD-Çin ticaret savaşı, tedarik zinciri, üretim kayması, bölgesel entegrasyon.

ASEAN'S ROLE IN INTERNATIONAL TRADE: THE SEARCH FOR A NEW ECONOMIC BALANCE IN THE AXIS OF THE US–CHINA TRADE WARS

ABSTRACT
In recent years, one of the most notable developments in the global trade system has been the trade and tariff wars between the United States (US) and the People's Republic of China. This rivalry has profoundly affected not only the economic relations between the two countries but also global production and supply chains. The Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) has been at the center of this transformation, being both impacted by disruptions in global value chains and presented with new opportunities. This paper examines the economic implications of the US–China trade wars for ASEAN, the restructuring of production and supply chains, and the new role the region has assumed in the global economy. The findings reveal that ASEAN countries have not merely been exposed to external pressures but have also benefited from production shifts and investment diversification. However, for the region to translate these opportunities into sustainable growth, progress in infrastructure, digitalization, and institutional capacity is essential.
Keywords: ASEAN, US–China trade war, supply chain, production shift, regional integration.

GİRİŞ
Küresel ticaret, 21. yüzyılın başından itibaren hem hızla büyümüş hem de dışsal şoklara karşı daha kırılgan hale gelmiştir. 2018'de ABD'nin Çin'e karşı uyguladığı ek gümrük tarifeleri, yalnızca iki ülkenin dış ticaretini değil, dünya ekonomisinin tamamını etkileyen zincirleme sonuçlar doğurmuştur (Fajgelbaum & Khandelwal, 2021, s. 5).

Bu süreçte, ABD'nin Çin'e yönelik teknoloji transferi kısıtlamaları ve karşılıklı misilleme politikaları, küresel değer zincirlerinde yapısal bir yeniden konumlanmaya yol açmıştır (Chen, Ahamd, Mahamed & Kasimon, 2022, s. 11).

2025 itibarıyla Donald Trump'ın ikinci başkanlık döneminde bu korumacı yaklaşım yeniden güçlenmiş; ABD, yalnızca Çin'e değil, Meksika, Vietnam ve Avrupa Birliği ülkeleri gibi diğer ticaret ortaklarına da belirli sektörlerde ek tarifeler getirmiştir. Bu yeni dalga, küresel ticaret sisteminde belirsizliği artırarak, tedarik zincirlerinde yeniden yönelimleri hızlandırmış ve üretim coğrafyasında "çok merkezli" bir yapı oluşumunu teşvik etmiştir (USTR, 2025). Böylece ABD-Çin rekabeti, artık iki ülke arasındaki bir ikili anlaşmazlık olmaktan çıkmış; çok taraflı bir ekonomik yeniden yapılanmanın tetikleyicisine dönüşmüştür.

Bu yeniden yapılanma sürecinde ASEAN ülkeleri dikkat çekici bir ara denge noktası olarak ortaya çıkmıştır. Endonezya, Vietnam, Tayland, Malezya ve Filipinler gibi ülkeler, Çin'in üretim maliyetlerindeki artış ve jeopolitik riskler nedeniyle üretim hatlarını çeşitlendirmek isteyen çok uluslu firmalar için alternatif üretim merkezlerine dönüşmüştür (Lin, 2023, s. 14). Aynı zamanda bölge, artan doğrudan yabancı yatırım (DYY) akışları ve serbest ticaret anlaşmaları sayesinde ekonomik entegrasyonunu güçlendirmiştir (OECD, 2025).

Bu çalışmanın amacı, ABD-Çin ticaret savaşlarının ASEAN ekonomileri üzerindeki etkilerini analiz ederek, örgütün küresel ticaretteki yeni konumunu açıklamaktır. Bu çerçevede, (i) ASEAN'ın ekonomik ve kurumsal yapısı, (ii) ABD-Çin ticaret savaşlarının küresel ticarete etkileri, (iii) ASEAN'ın yeni rolü ve bölgesel üretim ağlarındaki konumu, (iv) politika önerileri ele alınacaktır.

ASEAN'IN EKONOMİK VE KURUMSAL YAPISI

Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN), 8 Ağustos 1967 tarihinde Bangkok Deklarasyonu ile kurulmuş; kuruluşta Endonezya, Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland yer almıştır (ASEAN Sekretaryası, 2024). Daha sonra Brunei Darüsselam (1984), Vietnam (1995), Laos ve Myanmar (1997), Kamboçya (1999) birliğe katılmıştır. Kuruluşun temel amacı, ekonomik, siyasi ve sosyal iş birliğini geliştirerek bölgesel barış ve refahı artırmaktır.

ASEAN, özellikle 2000'li yıllardan itibaren ekonomik bütünleşme çabalarını hızlandırmış; 2015'te "ASEAN Ekonomik Topluluğu "nu (AEC) resmen ilan ederek, mal, hizmet, yatırım, sermaye ve emek dolaşımında serbestleşmeyi hedeflemiştir (ASEAN Secretariat, 2015). Bu hedef doğrultusunda ASEAN hem bölge içi ticareti artıran hem de dış ortaklarla serbest ticaret anlaşmaları (FTA) imzalayan bir yapıya dönüşmüştür.

ASEAN ekonomilerinin toplam GSYİH'sı 2024 itibarıyla 4,5 trilyon ABD dolarını aşmış ve bölge dünya ticaret hacminin yaklaşık %7'sini oluşturmuştur (World Bank, 2024). Bununla birlikte, üretim yapısı ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir: Singapur ve Malezya yüksek teknoloji ve finans merkezleri olarak öne çıkarken, Vietnam ve Endonezya sanayi üretiminde, Filipinler ve Tayland hizmet sektörlerinde uzmanlaşmıştır (OECD, 2025).

Ekonomik bütünleşmenin kurumsal ayağı "ASEAN Ekonomik Topluluğu Mimarisi"dir. Bu yapı; ticaretin kolaylaştırılması, yatırım teşviki, gümrük entegrasyonu ve dijital ekonomi stratejilerini kapsamaktadır (ASEAN, 2024). Ayrıca, 2020 yılında imzalanan Bölgesel Kapsamlı Ekonomik Ortaklık Anlaşması (RCEP) ile ASEAN, Çin, Japonya, Güney Kore, Avustralya ve Yeni Zelanda'yı kapsayan dünyanın en büyük ticaret bloğunun merkezine yerleşmiştir (RCEP Sekretaryası, 2021).

Bu kurumsal genişleme ASEAN'ın yalnızca bölgesel değil, küresel bir ticaret aktörü haline geldiğini göstermektedir. McKinsey (2024) raporuna göre, küresel üretim zincirinde "Çin + 1" stratejisinin temel yararlanıcısı ASEAN'dır; çünkü bölge hem düşük maliyetli üretim hem de stratejik tedarik çeşitliliği sunmaktadır (McKinsey, 2024).

Bununla birlikte ASEAN ülkeleri arasında gelir, altyapı ve dijital dönüşüm bakımından belirgin farklar vardır. OECD'nin (2025) "Emerging Markets Forum" raporu, bölgenin tedarik zinciri verimliliğini artırmak için lojistik altyapı, veri entegrasyonu ve enerji güvenliği alanlarında ilerleme gerektiğini vurgulamaktadır. Bu eksiklikler, ASEAN'ın küresel ticaretteki potansiyelini tam olarak gerçekleştirmesinin önündeki temel engellerdir (OECD, 2025, s. 22).

ABD–ÇİN TİCARET SAVAŞLARININ KÜRESEL TİCARET ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

2017-2021 dönemleri arasında ve 2025 sonrası yani 1. ve 2. Trump dönemlerinde Çin ile ticaretteki yüksek stres (ABD'nin Çin'den ithal edilen ürünlere uyguladığı yüksek tarifeler ile Çin'in misilleme de bulunması) iki ülke arasındaki ticareti doğrudan etkilemenin ötesinde küresel değer zincirlerinde de ciddi değişimlere yol açmıştır (Fajgelbaum & Khandelwal, 2021, s. 8). Çin'in karşı misillemeleri ve devam eden gümrük tarifeleri, sadece ABD ve Çin ekonomilerini değil, üçüncü taraf ülkeleri ve çok uluslu firmaların üretim stratejilerini de değiştirmiştir (Chen, Ahamd, Mahamed & Kasimon, 2022, s. 12).

Tedarik Zincirlerinde Yeniden Konumlanma

Tarifeler ve artan jeopolitik riskler, firmaları üretim hatlarını çeşitlendirmeye zorlamıştır. "China + 1" stratejisi çerçevesinde, üretimin bir kısmı Çin dışındaki ülkelere kaydırılmıştır (McKinsey, 2024). Bu durum, Güneydoğu Asya ülkeleri için büyük bir fırsat alanı yaratmış, bölgeyi küresel tedarik zincirinin merkezi hâline getirmiştir.

Ticaret Sapması ve Üçüncü Taraf Ülkeler

Tarife uygulamaları, bazı ürünlerin Çin'den başka ülkelere yönlendirilmesine sebep olmuş; ASEAN ülkeleri bu süreçte "alternatif üretim üsleri" olarak öne çıkmıştır (Lin, 2023, s. 14). Örneğin, Vietnam ve Tayland'ın ABD'ye ihracatı artarken, Çin'den yapılan ithalatın bir kısmı bölge üzerinden yönlendirilmiştir (Setiawan, 2020, s. 35). Bu, ASEAN ekonomilerinin hem ABD hem Çin ticaretinden dolaylı kazanç sağladığını göstermektedir.

Küresel Değer Zincirlerinde Fonksiyonel Değişim

Ticaret savaşları, üretim zincirlerinin yalnızca coğrafi değil fonksiyonel olarak da yeniden konumlanmasına yol açmıştır. ASEAN ülkeleri artık sadece montaj değil, yüksek katma değerli ürünlerin üretiminde de rol almaya başlamıştır (OECD, 2025). Bu gelişme, bölgenin küresel ticaretteki önemini artırmış ve çok uluslu firmaların stratejik yatırım kararlarını etkilemiştir.

ASEAN'IN YENİ ROLÜ

ABD–Çin ticaret savaşı ortamında ASEAN, yalnızca üçüncü taraf ülke değil; aynı zamanda küresel tedarik zincirlerinde güvenli bir liman ve alternatif üretim merkezi olarak stratejik önem kazanmıştır.

China + 1 Stratejisi ve ASEAN'ın Yükselişi

Çin'de üretim maliyetlerinin artması ve ticari risklerin yükselmesi, firmaları alternatif lokasyonlara yöneltmiştir. Bu bağlamda ASEAN, coğrafi yakınlığı, genç iş gücü potansiyeli ve yatırım teşvikleriyle cazibe merkezi hâline gelmiştir (McKinsey, 2024). Bölge, yalnızca üretim kaymalarından değil, doğrudan yabancı yatırım ve teknoloji transferinden de fayda sağlamaktadır (ASEAN, 2024).

Tedarik Zinciri Dayanıklılığı ve Dijitalleşme

Pandemi ve ticaret savaşları, tedarik zincirlerindeki kırılganlıkları görünür kılmıştır. ASEAN ülkeleri, tedarik zinciri verimliliğini artırmak ve dış şoklara karşı dayanıklılık sağlamak için lojistik altyapısını güçlendirmekte ve dijitalleşme stratejileri geliştirmektedir (OECD, 2025, s. 22).

Spill-Over Etkiler ve Fırsatlar

Lin (2023, s. 17) tarafından yapılan bir çalışmada, ASEAN ülkelerinin ticaret savaşlarından dolaylı olarak kazanç sağladığı; ABD'ye ihracatın ve bölgesel üretimin arttığı gözlemlenmiştir. Bu, bölgenin küresel ticarette üçüncü taraf bir kazanan olarak konumlandığını göstermektedir.

SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

ABD–Çin ticaret savaşları, küresel ticaret düzenini yeniden şekillendiren en önemli ekonomik olaylardan biri olmuş ve ASEAN ülkeleri bu dönüşümden hem doğrudan hem de dolaylı biçimde etkilenmiştir. Çalışmanın bulguları, ASEAN'ın yalnızca ticaret sapması yoluyla kısa vadeli kazanç elde etmediğini; aynı zamanda küresel üretim ve tedarik zincirlerinin yeniden yapılanmasında stratejik bir merkez haline geldiğini ortaya koymaktadır. "China + 1" stratejisi çerçevesinde bölge, düşük üretim maliyetleri, genç ve dinamik iş gücü, politik istikrar ve serbest ticaret anlaşmalarının sağladığı avantajlar sayesinde çok uluslu firmalar için çekim noktası haline gelmiştir. Özellikle Vietnam, Tayland ve Malezya gibi ülkeler, elektronik, otomotiv ve tekstil sektörlerinde önemli üretim kaymalarını kendilerine çekmeyi başarmıştır.

Bununla birlikte, ASEAN'ın bu fırsatları sürdürülebilir kalkınmaya dönüştürmesi belirli yapısal koşullara bağlıdır. Öncelikle, bölgedeki ülkeler arasında altyapı kalitesi, dijital kapasite ve kurumsal yönetişim bakımından önemli farklar bulunmaktadır. Bu farkların giderilmesi, bölgesel entegrasyonun derinleştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle "ASEAN Connectivity Master Plan 2025" kapsamındaki ulaştırma, enerji ve dijital altyapı projelerinin hızlandırılması, bölge içi ticaret maliyetlerini azaltarak tedarik zinciri verimliliğini artıracaktır.

İkinci olarak, ASEAN ülkelerinin dijital dönüşüme yatırım yapması gerekmektedir. Ticaret savaşları ve COVID-19 pandemisi, dijital altyapının küresel tedarik zinciri dayanıklılığı için ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Veri yönetimi, e-ticaret ve yapay zekâ tabanlı lojistik sistemlerinin geliştirilmesi, ASEAN'ın üretimden inovasyona geçişini destekleyecektir.

Üçüncü olarak, doğrudan yabancı yatırımların uzun vadeli katma değer yaratabilmesi için bölge ülkelerinin eğitim, Ar-Ge ve teknoloji transferi politikalarını güçlendirmesi gereklidir. Yalnızca üretim hatlarının taşınmasına değil, bilgi ve teknoloji tabanlı üretimin geliştirilmesine odaklanmak, ASEAN'ı küresel değer zincirlerinde daha üst bir konuma taşıyacaktır.

Son olarak, ASEAN'ın küresel ticaretteki konumunu sağlamlaştırmak için kurumsal dayanıklılığını ve politika koordinasyonunu artırması gerekmektedir. Bölge içi standartların uyumlaştırılması, gümrük prosedürlerinin sadeleştirilmesi ve yeşil ekonomi politikalarının entegrasyonu, ASEAN'ı yalnızca bir üretim üssü değil, sürdürülebilir ticaretin lider aktörlerinden biri haline getirebilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ABD–Çin ticaret savaşları ASEAN için yalnızca bir meydan okuma değil, aynı zamanda stratejik bir fırsat alanı yaratmıştır. Bölge, bu fırsatı uzun vadeli kalkınma ve inovasyon odaklı politikalarla desteklediği takdirde, küresel ticaretin yeni ağırlık merkezlerinden biri olma potansiyeline sahiptir.

Kaynakça (APA 7)

ASEAN. (2015). ASEAN Economic Community Blueprint 2025. Jakarta: ASEAN Secretariat.

ASEAN. (2024). ASEAN Supply Chain Efficiency and Resilience Framework. Jakarta: ASEAN Secretariat.

Chen, X., Ahamd, S., Mahamed, L., & Kasimon, R. (2022). Impacts of US-China Trade War on Global Supply Chains. Journal of International Trade Studies, 17(2), 10–25.

Fajgelbaum, P. D., & Khandelwal, A. K. (2021). Measuring the Distortionary Effects of US Tariffs on China. National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w29315/w29315.pdf

Lin, J. (2023). Spillover Effects of China-US Trade War on Southeast Asia. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/369424127

McKinsey & Company. (2024). Diversifying Global Supply Chains: Opportunities in Southeast Asia. https://www.mckinsey.com/industries/logistics/our-insights/diversifying-global-supply-chains-opportunities-in-southeast-asia

OECD. (2025). Supply Chains in Southeast Asia: Emerging Markets Forum Background Note. Paris: OECD. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/events/2025/04/oecd-emerging-markets-forum/Panel%203_OECD%20EMF%20Background%20Note%20-%20Supply%20Chains%20in%20Southeast%20Asia.pdf

RCEP Sekretaryası. (2021). Regional Comprehensive Economic Partnership Agreement Text. https://rcepsec.org

Setiawan, R. (2020). Does US-China Trade War Matter on ASEAN Stock Market? An Event-study Approach. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/345841035

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

KAMU HİZMETİ TASARIMI VE SUNUMUNDA YAPAY ZEKÂ: BRISE, PULSE, ALBERT VE AKILLI MİSYON ÖRNEKLERI ÜZERİNDEN KARŞILAŞTIRMALI BIR İNCELEME

Reha BAYANSAR
Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü
ORCID: 0000-0003-0967-5365

ÖZET
Günümüzde dijital dönüşüm, yaşamın hemen her alanını derinden etkilemektedir. Kamu yönetimi de bu dönüşümün önemli bir paydaşı olarak, kamu hizmetlerinin planlanması, tasarımı ve sunulması süreçlerinde yapay zekâdan (YZ) yoğun biçimde yararlanmaktadır. Bu çalışma, Avusturya'daki BRISE, Finlandiya'daki Tampere Pulse, Fransa'daki Albert ve Birleşik Arap Emirlikleri'ndeki Akıllı Misyon uygulamalarını inceleyerek kamu hizmetlerinde yapay zekânın rolünü karşılaştırmalı bir yaklaşımla ele almaktadır. İnceleme, vatandaş odaklı hizmet üretimi, karar alma süreçlerinde verimlilik artışı ve kamu hizmeti süreçlerinin hızlandırılması gibi boyutlara odaklanmaktadır. Araştırmada yöntem olarak karşılaştırmalı vaka analizi kullanılmış; her bir örnek, kurumsal yapı, veri yönetişimi, etik ilkeler ve katılım mekanizmaları açısından değerlendirilmiştir. Bulgular, yapay zekânın yalnızca hizmet verimliliğini artırmakla kalmayıp, kamusal değer üretiminin biçimini de dönüştürdüğünü göstermektedir. Bu dönüşüm, kamu hizmetlerinin tasarımında insan merkezli, şeffaf ve hesap verebilir bir yönetişim anlayışının önemini vurgulamaktadır. Sonuç olarak, kamu hizmetlerinde yapay zekâ uygulamalarının başarılı biçimde hayata geçirilebilmesi yalnızca teknolojik kapasiteye değil, aynı zamanda kurumlar arası iş birliği, etik yönetişim ve vatandaş katılımının güçlendirilmesine bağlıdır. Bu bağlamda çalışma, Türkiye'de kamu hizmetlerinin dijital dönüşümüne yönelik politika yapıcılar ve uygulayıcılar için somut çıkarımlar sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Kamu Hizmeti Tasarımı, Dijital Yönetişim, Karşılaştırmalı Analiz, Kamu İnovasyonu

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DESIGN AND DELIVERY OF PUBLIC SERVICES: A COMPARATIVE ANALYSIS OF BRISE, PULSE, ALBERT, AND SMART MISSION INITIATIVES

ABSTRACT
Today, digital transformation profoundly affects nearly every aspect of life. Public administration, as a key actor in this process, increasingly utilizes artificial intelligence (AI) in the planning, design, and delivery of public services. This study examines the role of AI in public service delivery through a comparative analysis of four initiatives: BRISE in Austria, Tampere Pulse in Finland, Albert in France, and the Smart Mission in the United Arab Emirates. The analysis focuses on enhancing citizen-centered service production, improving the efficiency of decision-making processes, and accelerating public service delivery. The study adopts a comparative case study approach, evaluating each initiative in terms of institutional structure, data governance, ethical principles, and participation mechanisms. The findings reveal that AI not only improves service efficiency but also transforms the way public value is produced. This transformation highlights the importance of a human-centered, transparent, and accountable governance approach in the design of public services.

Ultimately, the successful implementation of AI-based public services depends not only on technological capacity but also on inter-institutional collaboration, ethical governance, and strengthened citizen participation. In this context, the study offers concrete insights and recommendations for policymakers and practitioners seeking to advance the digital transformation of public services in Türkiye.

Keywords: Artificial Intelligence, Public Service Design, Digital Governance, Comparative Analysis, Public Innovation

KAMU HİZMETİNİN GELECEĞİ: TÜRKİYE'DE MODERN İŞ GÜCÜNE UYUM

Reha BAYANSAR
Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü
ORCID: 0000-0003-0967-5365

ÖZET
İçinde yaşadığımız yüzyılda yapay zekâ teknolojileri, dijital dönüşüm ve uzaktan çalışma modelleri kamu hizmetine yönelik paradigmaları yeniden şekillendirmektedir. Bu değişim ve dönüşüm kamu hizmetlerinin sunulmasının yanı sıra kamu personelinin rolleri, becerileri, sorumlulukları ve çalışma şartlarında da bir dönüşümü beraberinde getirmektedir. Dijital okuryazarlık, yeniliklere açıklık, çok boyutlu düşünebilme, öğrenme faaliyetlerinde süreklilik, esnek çalışma koşulları gibi çalışma hayatında son dönemde sıkça duyulan kavramlar modern iş gücünün bileşenleri haline gelmiştir. Türk kamu yönetimi, güçlü bir idari geçmişe ve geleneğe sahip olmakla birlikte, dijitalleşme sürecinde insan kaynağının niteliği, yönetim anlayışı ve örgütsel yapılar bağlamında geniş çaplı bir yenilenmeye ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışma, Türkiye'de kamu hizmetinin modern iş gücü dinamiklerine nasıl uyum sağlayabileceğini tartışmakta ve geleceğe yönelik temel yönelimleri analiz etmektedir. Araştırma kapsamında mevcut kamu politikaları, dijital dönüşüm girişimleri ve insan kaynakları stratejileri genel bir çerçevede ele alınmış, Türkiye'nin modernleşme sürecinde öne çıkan eğilimler değerlendirilmiştir. Bulgular, kamu hizmetinin geleceğinin yalnızca teknolojik altyapının güçlendirilmesiyle değil, aynı zamanda yönetişim kültürünün, liderlik biçimlerinin ve çalışan profilinin dönüşümüyle mümkün olacağını göstermektedir. Sonuç olarak, Türkiye'de kamu kurumlarının dijital yetkinlikleri geliştirmesi, sürekli mesleki gelişim fırsatlarını artırması, yenilikçi liderlik yaklaşımlarını desteklemesi ve esnek çalışma modellerine uyum sağlaması, kamu hizmetinin geleceği açısından temel bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Kamu Hizmeti, Modern İş Gücü, Dijital Dönüşüm, Kamu Yönetimi, Yönetişim, Yenilikçilik.

THE FUTURE OF PUBLIC SERVICE: ADAPTING TO THE MODERN WORKFORCE IN TURKEY

ABSTRACT
In the current century, artificial intelligence technologies, digital transformation, and remote working models are reshaping the paradigms of public service. This wave of change not only transforms the delivery of public services but also redefines the roles, skills, responsibilities, and working conditions of public employees. Concepts such as digital literacy, openness to innovation, multidimensional thinking, continuous learning, and flexible working conditions—frequently mentioned in today's labor discourse—have become key components of the modern workforce. Although Turkish public administration possesses a strong institutional legacy and administrative tradition, it requires a comprehensive renewal in terms of human capital, management approach, and organizational structures within the process of digitalization. This study discusses how public service in Turkey can adapt to the dynamics of the modern workforce and analyzes key future directions. Within the scope of the research, current public policies, digital transformation initiatives, and human resources strategies are examined within a general framework, and the emerging trends in Turkey's modernization process are evaluated.

The findings reveal that the future of public service depends not only on strengthening technological infrastructure but also on transforming governance culture, leadership models, and employee profiles. Consequently, developing digital competencies, expanding continuous professional development opportunities, promoting innovative, and adapting to flexible working models are identified as essential prerequisites for shaping the future of public service in Turkey.

Keywords: Public Service, Modern Workforce, Digital Transformation, Public Administration, Governance, Innovation.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ULUSLARARASI TİCARETTE ÖDEME YÖNTEMLERİ ÇERÇEVESİNDE KAMBİYO İŞLEMİ HATALARI VE SONUÇLARI

Doç. Dr. Metin KETBOĞA
Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sosyal ve Beşerî Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü
ORCID: 0000-0002-0107-3557

ÖZET
Uluslararası ticarette ödeme yöntemleri, yalnızca ticari taraflar arasındaki risk paylaşımını belirleyen araçlar değildir. Aynı zamanda kambiyo süreçlerinin işleyişini, döviz akışının zamanlamasını ve firmaların finansal yapısını doğrudan etkileyen temel unsurlardır. Peşin ödeme, mal mukabili ödeme, vesaik mukabili ödeme, kabul kredili ödeme ve akreditifli ödeme yöntemlerinin her biri, farklı düzeylerde tahsilat riski, kur riski ve mevzuata uyum yükümlülükleri doğurmaktadır. Bu durum, dış ticaret firmalarının nakit akışı yönetimi, borçlanma yapısı ve finansmana erişim koşulları üzerinde belirleyici etkiler yaratmaktadır.
Bu çalışma, uluslararası ticarette kullanılan ödeme yöntemleri çerçevesinde ortaya çıkan kambiyo sorunlarını firma finansmanı perspektifinden incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, ödeme yöntemlerine bağlı olarak yaşanan tahsilat gecikmeleri, repatriasyon yükümlülükleri, kur dalgalanmaları ve mevzuat uyumsuzluklarının firmaların finansal yapısı üzerindeki etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Nitel araştırma yaklaşımı benimsenen çalışmada, ilgili literatür, uluslararası düzenlemeler ve uygulamaya dayalı bulgular birlikte değerlendirilmiştir.
Elde edilen bulgular, kambiyo sorunlarının firmalar açısından yalnızca kısa vadeli operasyonel aksaklıklar değil; uzun vadede borçlanma baskısı, likidite zayıflaması ve kredi maliyetlerinde artış gibi yapısal finansal riskler doğurduğunu göstermektedir. Özellikle vadeli ödeme yöntemlerinin yoğun kullanıldığı işlemlerde, ihracat bedellerinin zamanında tahsil edilememesi firmaların finansal kırılganlığını artırmaktadır. Sonuç olarak çalışma, ödeme yöntemleri ile kambiyo süreçleri arasındaki ilişkinin stratejik bir bakış açısıyla ele alınması gerektiğini ortaya koymakta ve dış ticarette finansal sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için kambiyo risklerinin etkin biçimde yönetilmesinin önemini vurgulamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Uluslararası Ticaret, Ödeme Yöntemleri, Kambiyo Sorunları, Likidite ve Tahsilat Riski

ERRORS IN FOREIGN EXCHANGE TRANSACTIONS WITHIN THE FRAMEWORK OF INTERNATIONAL TRADE PAYMENT METHODS AND THEIR CONSEQUENCES

ABSTRACT
Payment methods used in international trade are not only instruments that determine the allocation of commercial risk between trading parties, but also fundamental mechanisms that directly affect exchange transaction processes, the timing of foreign currency inflows, and firms' financial structures. Advance payment, open account, documentary collection, acceptance credit, and letter of credit payment methods each generate different levels of collection risk, exchange rate exposure, and regulatory compliance obligations. These differences have a decisive impact on exporting firms' cash flow management, borrowing behavior, and access to finance.

This paper aims to examine exchange-related problems arising from international payment methods from a firm finance perspective. The study analyzes how delays in collection, repatriation requirements, exchange rate volatility, and regulatory non-compliance affect firms' financial structures depending on the payment method employed. Adopting a qualitative research approach, the paper evaluates relevant academic literature, international regulations, and practice-based evidence.

The findings indicate that exchange transaction problems do not merely create short-term operational disruptions but also lead to long-term structural financial risks such as increased borrowing pressure, weakened liquidity, and higher credit costs. In particular, the intensive use of deferred payment methods increases firms' financial fragility when export proceeds cannot be collected on time. Overall, the study demonstrates that the relationship between payment methods and exchange processes should be addressed within a strategic financial management framework and highlights the importance of effective exchange risk management for sustaining financial stability in international trade.

Keywords: International Trade, Payment Methods, Exchange Transactions, Liquidity and Collection Risk

GİRİŞ

Uluslararası ticarette faaliyet gösteren firmalar açısından finansmana hızlı erişim, yalnızca büyüme ve yatırım kararları bakımından değil, günlük operasyonların sürdürülebilirliği açısından da hayati bir öneme sahiptir. Özellikle ihracata dayalı çalışan firmalarda üretim, hammadde tedariki, lojistik, sigorta ve gümrük işlemleri büyük ölçüde ön finansman gerektirmektedir. Bu çerçevede, ihracat bedellerinin zamanında tahsil edilememesi firmaların nakit akış dengesini bozmakta; işletme sermayesi ihtiyacını artırarak firmaları kısa vadeli banka kredilerine ve alternatif finansman araçlarına yönlendirmektedir. Zamanında tahsil edilemeyen döviz gelirleri, firmaların finansal yükümlülüklerini yerine getirme kapasitesini zayıflatmakta ve faiz giderlerinin artmasına neden olarak maliyet yapısını olumsuz etkilemektedir.

Finansmana erişimin gecikmesi veya maliyetli hâle gelmesi, dış ticaret firmalarının bilançolarında likidite sorunlarının derinleşmesine yol açmakta; özellikle küçük ve orta ölçekli ihracatçıların finansal kırılganlığını artırmaktadır. İhracat bedellerinin geç tahsil edilmesi, firmaların açık pozisyon riskini yükseltirken aynı zamanda kredi değerliliklerini olumsuz etkileyebilmektedir. Bankalar nezdinde kapanmamış ihracat işlemleri ve düzensiz nakit akışları, firmaların kredi limitlerinin daralmasına ve dış ticaret finansmanı araçlarından yeterince yararlanamamasına yol açamaktadır. Bu durum, dış ticarette rekabet gücünün zayıflamasına ve firmaların yeni pazarlara açılma kapasitesinin sınırlanmasına neden olmaktadır.

Bu bağlamda, ödeme yöntemleri ile kambiyo süreçleri arasındaki ilişki, yalnızca teknik veya mevzuat boyutuyla ele alınmamalı; aynı zamanda firmaların finansal yapısı, likidite yönetimi ve sürdürülebilir büyüme hedefleri çerçevesinde değerlendirilmelidir. İhracat bedellerinin tahsil zamanı, finansmana erişim maliyeti üzerinde doğrudan belirleyici olmakta; yanlış veya riskli ödeme yöntemi tercihleri, kambiyo sorunlarını derinleştirerek firmaların finansal dengelerini daha da hassas hâle getirmektedir. Bu nedenle dış ticarette ödeme yöntemlerinin yol açtığı kambiyo sorunlarının analiz edilmesi, firmaların finansal sağlamlığının korunması açısından kritik bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

ULUSLARARASI TİCARETTE ÖDEME YÖNTEMLERİNİN GENEL YAPISI VE KAMBİYO İLİŞKİSİ

Uluslararası ticarette kullanılan ödeme yöntemleri, büyük ölçüde ticari işlemlerde riskin hangi tarafça üstlenildiğine bağlı olarak şekillenmektedir. Peşin ödeme, mal mukabili ödeme, vesaik mukabili ödeme ve akreditif yöntemleri; ihracatçı ve ithalatçı arasındaki güven düzeyi, bankaların işlem sürecindeki müdahale kapsamı ve belgesel yükümlülüklerin niteliği açısından birbirinden belirgin farklılıklar göstermektedir (Clarke, 2020:45–48; ICC, 2023). Bu farklılıklar yalnızca sözleşmesel ilişkileri değil, aynı zamanda kambiyo işlemlerinin yürütülme biçimini, döviz transferlerinin izlenmesini ve ödeme süreçlerinin mevzuata uygunluğunu da doğrudan etkilemektedir (OECD, 2019).

Ödeme yöntemleri, dış ticaret işlemlerinde ödemenin hangi aşamada yapılacağını belirlemekle sınırlı olmayıp; ihracat bedellerinin beyan edilmesi, dövizin yurda getirilme zamanlaması, bankacılık sistemleri üzerinden yürütülen işlemlerin yoğunluğu ve kambiyo mevzuatına uyum gerekliliklerinin kapsamını da şekillendirmektedir. Bu bağlamda, her ödeme yöntemi kendine özgü bir kambiyo işlem süreci oluşturmakta ve farklı risk alanlarını beraberinde getirmektedir. Örneğin, bazı ödeme yöntemlerinde bankaların rolü daha sınırlı kalırken, bazılarında belgesel kontrol ve ödeme onayı süreçleri nedeniyle bankacılık operasyonları daha karmaşık hâle gelmektedir. Bu durum, kambiyo işlemlerinde hata oluşma ihtimalini ve işlem süresini doğrudan etkilemektedir (Farrugia, 2017:84).

Ayrıca ödeme yöntemlerinin seçimi, firmaların nakit akışı yönetimi ve finansman ihtiyacı üzerinde de önemli sonuçlar doğurmaktadır. İhracat bedelinin tahsil zamanı, döviz girişinin hızını belirleyerek işletme sermayesi dengesini etkilemekte; gecikmeli tahsilatlar firmaların kısa vadeli finansman kaynaklarına yönelmesine neden olmaktadır. Bu süreçte kambiyo işlemlerinde yaşanan aksaklıklar, yalnızca teknik sorunlar olarak değil; aynı zamanda firmaların finansal yapılarını ve rekabet güçlerini dolaylı biçimde etkileyen unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır (Wright & Reddy, 2018:183).

Bu nedenle, uluslararası ticarette ödeme yöntemleri ile kambiyo süreçleri arasındaki ilişkinin analiz edilmesi, hem firmaların risk yönetimi stratejilerinin anlaşılması hem de dış ticaretin finansal altyapısının sağlıklı biçimde değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ödeme yöntemlerinin ortaya çıkardığı kambiyo risklerinin doğru şekilde tespit edilmesi, firmaların daha etkin finansal planlama yapabilmelerine ve dış ticaret faaliyetlerini sürdürülebilir bir yapı içinde yürütmelerine katkı sağlayacaktır.

Peşin Ödeme Yöntemi ve Ortaya Çıkan Kambiyo Sorunları

Peşin ödeme yöntemi, ithalatçının mal sevk edilmeden önce satış bedelini tamamen ihracatçıya ödemesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntem, ticari açıdan bakıldığında ihracatçı lehine bir yapı sunmakta ve alacak riskini büyük ölçüde ortadan kaldırmaktadır. Özellikle tahsilat belirsizliğinin ortadan kalkması ve nakit girişinin erken gerçekleşmesi, ihracatçı firmalar açısından finansal güvenlik sağlamaktadır. Ancak kambiyo süreçleri açısından değerlendirildiğinde, peşin ödeme yönteminin uygulamada çeşitli yapısal ve mevzuat kaynaklı sorunlara yol açtığı görülmektedir (Clarke, 2020:146).

Peşin ödemede döviz, sevkiyat gerçekleşmeden önce tahsil edildiği için ihracatçı açısından ihracat bedelinin yurda getirilmesine ilişkin repatriasyon yükümlülüğü erken bir aşamada yerine getirilmiş olmaktadır. Buna karşın sevkiyatın gecikmesi, kısmen gerçekleştirilmesi veya tamamen iptal edilmesi hâlinde, tahsil edilen döviz tutarı ile fiili ihracat tutarı arasında uyumsuzluk ortaya çıkabilmektedir. Bu uyumsuzluk kambiyo mevzuatı açısından sorun teşkil etmekte ve tahsil edilen dövizin fiili ihracatla ilişkilendirilememesi durumunda iade veya mahsup işlemlerini zorunlu kılmaktadır.

Türkiye'de kambiyo işlemlerine ilişkin düzenlemeler, ihracat bedellerinin doğru şekilde beyan edilmesini ve fiili ihracatla birebir ilişkilendirilmesini esas aldığından, bu tür uyumsuzluklar kambiyo kayıtlarında düzeltme yapılmasını gerektirmektedir (TCMB, 2020:41).

Söz konusu düzeltme ve mahsup işlemleri, bankalar nezdinde ek belgesel yükümlülükler ve operasyonel süreçler doğurmakta; bu durum ihracatçı firmalar için zaman kaybına ve ilave işlem maliyetlerine yol açmaktadır. OECD tarafından hazırlanan raporlarda da, sevkiyat ve ödeme zamanlaması arasındaki uyumsuzlukların özellikle gelişmekte olan ülkelerde kambiyo uyum riskini artırdığı ve firmalar üzerinde ilave finansal baskılar oluşturduğu vurgulanmaktadır (OECD, 2019:77).

Peşin ödeme yönteminde ortaya çıkan bir diğer önemli kambiyo sorunu ise kur dalgalanmalarından kaynaklanmaktadır. Dövizin erken tahsil edilmesi, sevkiyat tarihine kadar geçen sürede kurun düşmesi hâlinde ihracatçı açısından kambiyo zararı doğurabilmektedir. Özellikle uzun teslim süresine sahip sözleşmelerde, tahsilat ile fiili ihracat arasındaki zaman farkı arttıkça, kur riskinin firmaların kârlılığı üzerindeki etkisi de belirginleşmektedir. Clarke, erken tahsil edilen döviz gelirlerinin yanlış kur yönetimi nedeniyle bilanço üzerinde olumsuz kur farkı etkisi yaratabileceğini ve bu durumun ihracatçı firmaların finansal yapısını zayıflatabileceğini belirtmektedir (Clarke, 2020:152).

Bu çerçevede peşin ödeme yöntemi, tahsilat güvenliği açısından avantajlı görünmesine rağmen, kambiyo süreçleri ve kur riski bakımından dikkatle yönetilmesi gereken bir ödeme yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Özellikle sevkiyat planlaması, kur riski yönetimi ve kambiyo kayıtlarının mevzuata uygun şekilde tutulmaması hâlinde, peşin ödeme yöntemi ihracatçı firmalar için beklenmeyen finansal ve idari sonuçlar doğurabilmektedir.

Mal Mukabili Ödeme Yöntemi ve Ortaya Çıkan Kambiyo Sorunları

Mal mukabili ödeme yöntemi, ihracatçının malı sevk ettikten sonra bedelin belirlenen vadede ithalatçı tarafından ödenmesi esasına dayanmaktadır. Bu ödeme yönteminde sevkiyat, faturalama ve belgelendirme süreçleri tamamlandıktan sonra ödeme gerçekleştiği için ticari riskin büyük bölümü ihracatçı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Uluslararası ticaret uygulamalarında mal mukabili ödeme, taraflar arasındaki güven düzeyinin yüksek olduğu durumlarda tercih edilmekle birlikte, kambiyo süreçleri açısından en kırılgan ödeme yöntemlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Clarke, 2020:168).

Mal mukabili ödemede temel sorun, ihracat bedelinin tahsilat zamanlamasının belirsizliğidir. İhracatçı, malı sevk etmiş olmasına rağmen, ödeme sürecinin gecikmesi veya hiç gerçekleşmemesi riskini üstlenmektedir. Bu durum, kambiyo mevzuatı açısından ihracat bedelinin yurda getirilmesine ilişkin yükümlülüklerin yerine getirilmesini zorlaştırmakta ve repatriasyon süresi üzerinde ciddi baskı oluşturmaktadır. Türkiye'de yürürlükte bulunan kambiyo düzenlemelerine göre ihracat bedelinin belirli süreler içinde yurda getirilmesi zorunlu olduğundan, mal mukabili işlemlerde yaşanan tahsilat gecikmeleri doğrudan mevzuat ihlali riski yaratmaktadır (TCMB, 2020:38).

Mal mukabili ödeme yönteminde sık karşılaşılan kambiyo sorunlarından biri, repatriasyon süresinin aşılmasıdır. İthalatçının ödeme vadesini uzatması, ödeme talimatını geciktirmesi veya finansal sorunlar yaşaması durumunda ihracatçı, sevkiyatını gerçekleştirmiş olmasına rağmen ihracat bedelini zamanında tahsil edememektedir. Bu gecikme, kambiyo kayıtlarında kapanmamış ihracat işlemleri olarak izlenmekte ve bankalar tarafından ilgili kamu otoritelerine bildirim yapılmasını zorunlu hâle getirmektedir. Kokkola, ödeme gecikmelerinin bankacılık sisteminde izleme yükünün artmasına ve işlemlerin riskli işlem kategorisine alınmasına yol açtığını belirtmektedir (Kokkola, 2010:112).

Tahsilat süresinin uzaması, ihracatçı firmaların finansal yapısı üzerinde de önemli sonuçlar doğurmaktadır. İhracat bedelinin zamanında tahsil edilememesi, firmaların nakit akış dengesini bozmakta ve işletme sermayesi ihtiyacını artırmaktadır. Bu durum, firmaların kısa vadeli banka kredilerine yönelmesine, kredi maliyetlerinin artmasına ve finansman giderlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Clarke, uzun vadeli mal mukabili işlemlerin özellikle küçük ve orta ölçekli ihracatçılar için finansal kırılganlığı artırdığını ve bilanço yapısını zayıflattığını vurgulamaktadır (Clarke, 2020:172).

Mal mukabili ödeme yönteminde kur riski de kambiyo sorunlarını derinleştiren bir diğer unsurdur. İhracat bedelinin sevkiyattan uzun süre sonra tahsil edilmesi, döviz kurunda yaşanan olumsuz hareketler nedeniyle beklenen gelir tutarının düşmesine yol açabilmektedir. Özellikle yerel para biriminin değer kazanması durumunda, ihracatçı fiili olarak daha düşük bir döviz geliri elde etmekte ve kambiyo zararına maruz kalmaktadır. OECD raporlarında, ödeme vadelerinin uzamasının kur riskini artırarak dış ticaret işlemlerini daha kırılgan hâle getirdiği ifade edilmektedir (OECD, 2019:81).

Bunun yanı sıra, mal mukabili işlemlerde tahsilatın kısmen yapılması veya tamamen yapılamaması durumunda kambiyo kayıtlarında düzeltme ve takip süreçleri gündeme gelmektedir. Tahsil edilemeyen ihracat bedelleri, bankalar nezdinde sürekli izleme ve raporlama gerektirmekte; bu durum hem bankaların operasyonel yükünü artırmakta hem de firmaların kamu otoriteleri nezdinde riskli mükellef olarak değerlendirilme olasılığını yükseltmektedir. Wright ve Reddy, tahsilat belirsizliğinin ödeme sistemlerinde operasyonel riskleri artırdığını ve bankaların manuel takip yükünü önemli ölçüde yükselttiğini belirtmektedir (Wright & Reddy, 2018:184).

Sonuç olarak mal mukabili ödeme yöntemi, ticari ilişkilerin devamlılığı açısından esnek bir yapı sunmasına rağmen, kambiyo süreçleri bakımından yüksek risk barındırmaktadır. Tahsilat gecikmeleri, kur riski, repatriasyon süresi ihlalleri ve kambiyo mevzuatına uyum yükümlülükleri birlikte değerlendirildiğinde, bu ödeme yönteminin firmalar açısından dikkatle yönetilmesi gereken bir finansal araç olduğu ortaya çıkmaktadır. İhracatçıların mal mukabili ödeme yöntemini tercih ederken ödeme vadelerini kısa tutmaları, alıcı riskini analiz etmeleri ve kambiyo yükümlülüklerini önceden planlamaları, olası finansal ve idari risklerin azaltılması açısından kritik önem taşımaktadır.

Vesaik Mukabili Ödeme Yöntemi ve Ortaya Çıkan Kambiyo Sorunları

Vesaik mukabili ödeme yöntemi, ihracatçının malı sevk ettikten sonra taşıma ve ticari belgeleri bankası aracılığıyla ithalatçıya ilettiği; ödemenin ise belgelerin alıcı bankaya ulaşması ve ithalatçı tarafından kabul edilmesiyle gerçekleştirildiği bir ödeme yöntemidir. Bu yöntemde bankalar, ödeme sürecinde aracı rol üstlenmekte; ancak ödeme taahhüdü altına girmemektedir. Dolayısıyla vesaik mukabili ödeme, peşin ödemeye kıyasla ihracatçı açısından daha yüksek risk içerirken, mal mukabili ödemeye göre ise daha kontrollü bir yapı sunmaktadır (Clarke, 2020:181).

Vesaik mukabili işlemlerde kambiyo sorunlarının temel kaynağı, belgelere bağlı ödeme mekanizmasının yarattığı zamanlama ve uyum riskleridir. İhracatçı tarafından hazırlanan belgelerin alıcı bankaya iletilmesi, ithalatçının belgeleri incelemesi ve ödeme talimatını vermesi süreci belirli bir zaman almaktadır. Bu süre zarfında yaşanan gecikmeler, kambiyo mevzuatı çerçevesinde ihracat bedelinin yurda getirilme süresi üzerinde baskı oluşturmaktadır. Özellikle ithalatçının belge teslimini geciktirmesi veya ödeme için ek süre talep etmesi hâlinde, ihracat bedelinin tahsilat süresi uzamakta ve repatriasyon yükümlülüğünün ihlali riski ortaya çıkmaktadır.

Vesaik mukabili ödemelerde sık karşılaşılan kambiyo sorunlarından biri, belge uyumsuzluklarıdır. Bankalar ödeme taahhüdünde bulunmamakla birlikte, belgelerin şekli uygunluğunu incelemekte ve ithalatçıya sunmaktadır. Belgelerde tespit edilen eksiklikler, tutarsızlıklar veya sevkiyata ilişkin belirsizlikler, ithalatçının ödeme yapmaktan kaçınmasına veya süreci uzatmasına yol açabilmektedir. Clarke, vesaik mukabili işlemlerde belge kaynaklı gecikmelerin, ödeme süresini ortalama 7–15 gün boyunca uzatabildiğini ve bunun kambiyo süreçlerinde ek takip ihtiyacı doğurduğunu belirtmektedir (Clarke, 2020:185).

Bu ödeme yönteminde kambiyo açısından önemli bir diğer sorun, kısmi ödeme veya vadeli ödeme talepleridir. İthalatçılar, belgeleri teslim aldıktan sonra çeşitli gerekçelerle ödemenin bir kısmını geciktirebilmekte ya da vadeli ödeme talep edebilmektedir. Bu durum, ihracat bedelinin tamamının zamanında yurda getirilmesini zorlaştırmakta ve kambiyo kayıtlarında eksik kapanan işlemler oluşmasına neden olmaktadır. OECD, vesaik mukabili işlemlerde ödeme süresinin uzamasının, ihracatçı firmaların nakit akışını olumsuz etkileyerek kısa vadeli finansman ihtiyacını artırdığını vurgulamaktadır (OECD, 2019:82).

Kur riski, vesaik mukabili ödeme yönteminde kambiyo sorunlarını derinleştiren bir diğer önemli unsurdur. Sevkiyat tarihi ile ödeme tarihi arasındaki sürenin belirsizliği, döviz kuru dalgalanmalarına karşı ihracatçı firmaları daha savunmasız hâle getirmektedir. Özellikle kurun ihracatçı aleyhine hareket ettiği dönemlerde, tahsil edilen döviz tutarının reel değeri düşmekte ve bu durum firmaların kârlılığı üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Wright ve Reddy, belgeli ödemelerde ödeme zamanının kontrol edilememesinin kur riskini artırdığını ve firmaların finansal planlama kabiliyetini zayıflattığını ifade etmektedir (Wright & Reddy, 2018:186).

Vesaik mukabili işlemlerde bankaların rolü ödeme garantisi içermediğinden, ihracatçı firmalar tahsilat riskini büyük ölçüde kendileri üstlenmektedir. Bu durum, kambiyo süreçlerinin yalnızca teknik değil; aynı zamanda finansal risk unsuru olarak yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Tahsilatın gecikmesi veya sorunlu hâle gelmesi, bankalar tarafından işlemin daha yakından izlenmesine, ek belge taleplerine ve raporlama yükümlülüklerinin artmasına neden olmaktadır. Kokkola, bankaların tahsilatı geciken vesaik mukabili işlemleri riskli kategoride değerlendirdiğini ve bu işlemler için daha yoğun operasyonel takip uyguladığını belirtmektedir (Kokkola, 2010:118).

Sonuç olarak, vesaik mukabili ödeme yöntemi, bankaların aracı olduğu ancak ödeme garantisi sunmadığı bir yapı nedeniyle kambiyo süreçleri bakımından orta düzeyde risk içeren bir ödeme yöntemidir. Belge uyumsuzlukları, tahsilat gecikmeleri, kur riski ve repatriasyon yükümlülüklerine uyum sorunları birlikte değerlendirildiğinde, bu yöntemin ihracatçı firmalar açısından dikkatle planlanması ve etkin biçimde izlenmesi gerekmektedir. Özellikle belgelerin doğru ve eksiksiz hazırlanması, ödeme vadelerinin net belirlenmesi ve kambiyo yükümlülüklerinin önceden öngörülmesi, vesaik mukabili işlemlerden kaynaklanan kambiyo sorunlarının azaltılmasında kritik rol oynamaktadır.

Akreditifli Ödeme Yöntemi ve Ortaya Çıkan Kambiyo Sorunları

Akreditifli ödeme yöntemi, bankaların ödeme taahhüdü altına girdiği, belgelere dayalı ve yüksek düzeyde güvenli kabul edilen bir ödeme mekanizmasıdır. Bu yöntemde bankalar yalnızca aracı değil, aynı zamanda ödeme garantörü konumundadır. Bu yapısı nedeniyle akreditif, özellikle taraflar arasındaki güvenin düşük olduğu uluslararası işlemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak akreditifin sağladığı ticari güven, kambiyo süreçleri açısından daha karmaşık ve hata üretmeye açık bir yapı oluşturmaktadır (Ellinger, Lomnicka & Hare, 2016:214).

Akreditifli işlemlerde kambiyo kaynaklı sorunların temelinde, belgeler ile akreditif şartları arasındaki mutlak uyum zorunluluğu yer almaktadır. Akreditif işlemlerinde bankalar, malın fiili durumunu değil yalnızca ibraz edilen belgeleri esas almakta; en küçük belge uyumsuzluğu dahi ödemenin gecikmesine veya reddine yol açabilmektedir. Goode, bu durumu "akreditif sisteminin yapısal katılığı" olarak tanımlamakta ve belgesel titizliğin ticari akış üzerinde önemli bir baskı oluşturduğunu vurgulamaktadır (Goode, 2016:987).

Akreditif kapsamında ödemede gecikme yaşanması, ihracat bedelinin kambiyo mevzuatında öngörülen süreler içerisinde yurda getirilmesini zorlaştırmakta; bu durum ihracatçı firmalar açısından repatriasyon riskini artırmaktadır. Özellikle rezervli belgeler nedeniyle ödemenin askıya alınması hâlinde, ihracat bedelinin tahsil zamanı belirsizleşmekte ve kambiyo yükümlülükleri açısından firmalar ilave açıklama ve belge sunmak zorunda kalmaktadır. Dolan, rezervli belgelerin ödeme sürecini ortalama 15–30 gün uzattığını ve bunun firmalar için ciddi finansman maliyetleri yarattığını belirtmektedir (Dolan, 2014:64).

Akreditifli işlemler, kambiyo açısından yalnızca zamanlama sorunu değil, aynı zamanda maliyet kaynaklı riskler de doğurmaktadır. Banka komisyonları, teyit ücretleri, rezerv kaldırma masrafları ve belge düzeltme giderleri, ihracat bedelinin net değerini azaltmaktadır. Chorafas, akreditif kullanımının özellikle gelişmekte olan ülkelerde faaliyet gösteren firmalar için finansman maliyetini artıran bir unsur hâline geldiğini vurgulamaktadır (Chorafas, 2011:142).

Buna ek olarak, akreditifli işlemlerin yürütülmesinde yer alan çok sayıda banka (ihbar bankası, teyit bankası, muhabir banka vb.), kambiyo süreçlerinde operasyonel hataların ortaya çıkma ihtimalini artırmaktadır. Her bankanın kambiyo uygulamalarında farklı operasyonel standartlar benimsemesi, belge yorumlarında ve işlem sürelerinde uyumsuzluklara yol açabilmektedir. Ramirez, bu çok katmanlı bankacılık yapısının kambiyo işlemlerinde sistemsel kırılganlık yarattığını ifade etmektedir (Ramirez, 2015:201).

Sonuç olarak akreditifli ödeme yöntemi, ticari güvenlik sağlamakla birlikte, kambiyo işlemleri açısından yüksek düzeyde teknik bilgi, dikkatli belge yönetimi ve güçlü finansal planlama gerektirmektedir. Özellikle belge uyumsuzlukları, maliyet artışı ve ödeme gecikmeleri, akreditifin kambiyo süreçlerinde karmaşık bir risk alanı oluşturmasına neden olmaktadır.

Kabul Kredili Ödeme Sistemi ve Ortaya Çıkan Kambiyo Sorunları

Kabul kredili ödeme sistemi, ihracatçının malı sevk ettikten sonra düzenlenen poliçenin ithalatçı veya onun bankası tarafından kabul edilmesi esasına dayanan, vadeli bir ödeme yöntemidir. Bu sistemde ödeme, belirli bir vade sonunda gerçekleştirildiğinden, ihracatçı açısından tahsilat süreci ileri bir tarihe ötelenmektedir. Kabul kredili ödeme, özellikle finansman ihtiyacı bulunan ithalatçılar tarafından tercih edilmekte; ihracatçıya ise ödemeyi bankacılık sistemi üzerinden güvence altına alma imkânı sunmaktadır. Ancak bu yapı, kambiyo süreçleri açısından önemli riskler ve uyum sorunları doğurmaktadır (Dolan, 2014:112).

Kabul kredili işlemlerde temel kambiyo sorunu, ihracat bedelinin tahsilat zamanlamasının uzun ve belirsiz olmasıdır. İhracatçı, sevkiyatı gerçekleştirmiş olmasına rağmen, ödeme vadesinin genellikle 90, 120 veya 180 gün gibi uzun süreleri kapsaması nedeniyle, ihracat bedelini ilgili kambiyo mevzuatında öngörülen süreler içinde yurda getirmekte zorlanabilmektedir. Türkiye'de kambiyo rejimi çerçevesinde ihracat bedellerinin belirli süreler içinde yurda getirilmesi zorunlu olduğundan, kabul kredili işlemler repatriasyon riski açısından firmalar üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır (TCMB, 2020:47).

Kabul kredili ödeme sisteminde karşılaşılan bir diğer önemli kambiyo sorunu, poliçenin vade sonunda ödenmemesi veya ödemenin gecikmesidir. Poliçeyi kabul eden ithalatçı veya banka, çeşitli finansal veya operasyonel nedenlerle ödemeyi geciktirebilmekte ya da yerine getirememektedir. Bu durumda ihracatçı, hem tahsilat riskiyle karşı karşıya kalmakta hem de kambiyo yükümlülüklerini yerine getiremediği için idari yaptırımlarla karşılaşma riski taşımaktadır. Ellinger ve arkadaşları, kabul kredili işlemlerde ödeme gecikmelerinin ihracatçılar açısından yüksek düzeyde finansal ve hukuki belirsizlik yarattığını belirtmektedir (Ellinger et al., 2016:238).

Kur riski, kabul kredili işlemlerde kambiyo sorunlarını daha da derinleştiren bir unsurdur. Uzun vadeli ödeme yapısı nedeniyle, sevkiyat tarihi ile tahsilat tarihi arasındaki süre uzadıkça döviz kuru dalgalanmalarına maruz kalma ihtimali artmaktadır. Döviz kurunun ihracatçı aleyhine hareket etmesi durumunda, tahsil edilen döviz tutarının reel değeri azalmakta ve firmaların kârlılığı ciddi biçimde etkilenmektedir. Chorafas, vadeli ödeme sistemlerinde kur riskinin etkin şekilde yönetilmemesinin firmaları yapısal finansal zayıflıklara sürükleyebileceğini vurgulamaktadır (Chorafas, 2011:156).

Bunun yanı sıra, kabul kredili işlemlerde poliçelerin teminat gösterilmesi veya iskonto edilmesi süreci de ek kambiyo sorunları doğurabilmektedir. İhracatçılar, nakit akışlarını dengelemek amacıyla kabul edilmiş poliçeleri bankalara iskonto ettirmekte; ancak bu işlem hem kredi maliyetlerini artırmakta hem de firmaların borçluluk oranlarını yükseltmektedir. Bankalar, kabul kredili ödeme işlemlerini genellikle orta ve yüksek riskli işlem kategorisinde değerlendirdiğinden, uygulanan iskonto oranları ve komisyonlar firmalar açısından ek finansman yükü oluşturmaktadır (Ramirez, 2015:214).

Sonuç olarak kabul kredili ödeme sistemi, ithalatçı açısından finansman kolaylığı sağlarken, ihracatçı firmalar için önemli kambiyo, tahsilat ve kur riski içeren bir yapı ortaya çıkarmaktadır. Uzayan tahsilat süresi, repatriasyon yükümlülükleriyle uyumsuzluk, kur dalgalanmaları ve artan finansman maliyetleri birlikte değerlendirildiğinde, kabul kredili ödeme sisteminin firmalar açısından dikkatle planlanması ve etkin risk yönetimi araçlarıyla desteklenmesi gereken bir ödeme yöntemi olduğu görülmektedir.

KAMBİYO SORUNLARININ FİRMALARIN FİNANSAL YAPISINA ETKİLERİ

Uluslararası ticarette kambiyo işlemlerinde ortaya çıkan sorunlar, firmaların yalnızca dış ticaret operasyonlarını değil; aynı zamanda borçlanma yapısını, likidite dengesini ve kredi maliyetlerini de doğrudan etkilemektedir. Ödeme yöntemlerine bağlı olarak ihracat bedellerinin zamanında tahsil edilememesi, döviz girişlerinde gecikme yaşanması ve kambiyo mevzuatına uyumda karşılaşılan aksaklıklar, firmaların finansal sürdürülebilirliği açısından önemli riskler doğurmaktadır. Bu risklerin etkisi özellikle dış ticaret hacmi yüksek olan ve işletme sermayesi ihtiyacını ihracat gelirleriyle finanse eden firmalarda daha belirgin hâle gelmektedir (Beck, Demirgüç-Kunt & Martinez Peria, 2015:41).

Borçlanma Yapısı Üzerindeki Etkiler

Kambiyo kaynaklı tahsilat gecikmeleri, firmaların kısa vadeli yükümlülüklerini zamanında yerine getirememesine yol açabilmektedir. İhracat bedelinin beklenen sürede yurda getirilememesi durumunda firmalar, faaliyetlerini sürdürebilmek için banka kredilerine veya ticari borçlanma araçlarına yönelmektedir. Bu durum, firmaların borç/özsermaye oranını yükseltmekte ve finansal kaldıraç seviyesini artırmaktadır. Chorafas, dış ticarette tahsilat belirsizliği yaşayan firmaların giderek daha fazla borçlanmaya yöneldiğini ve bu yapının firmaları finansal kırılganlığa sürüklediğini vurgulamaktadır (Chorafas, 2011:203).

Özellikle mal mukabili ve kabul kredili ödeme yöntemlerinin yoğun olarak kullanıldığı firmalarda, uzun vadeli alacakların bilançoda artması, finansal riskin yükselmesine neden olmaktadır. Bu tür firmalar için kambiyo sorunları, yalnızca geçici bir nakit sıkıntısı değil; kalıcı bir borçlanma baskısı yaratan yapısal bir problem hâline gelebilmektedir (Ramirez, 2015:219).

Likidite ve Nakit Akışı Üzerindeki Etkiler

Kambiyo sorunlarının firmaların finansal yapısı üzerindeki en doğrudan etkilerinden biri likidite alanında ortaya çıkmaktadır. İhracat bedellerinin zamanında tahsil edilememesi, firmaların nakit girişlerini geciktirmekte ve günlük operasyonların finansmanında ciddi dengesizliklere yol açmaktadır. Nakit akışındaki bu bozulma, firmaların çalışan ödemeleri, tedarikçi borçları ve vergi yükümlülükleri açısından zorlayıcı bir ortam yaratmaktadır.

OECD, dış ticaret işlemlerinde ödeme gecikmelerinin firmaların likidite pozisyonunu zayıflattığını ve özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde finansal stres seviyesini artırdığını belirtmektedir (OECD, 2019:85). Likidite açığını kapatmak amacıyla kullanılan kısa vadeli finansman araçları, firmalar üzerinde ek faiz yükü oluşturmakta; bu durum kârlılığı ve rekabet gücünü olumsuz etkilemektedir.

Ayrıca kambiyo süreçlerinde yaşanan teknik veya mevzuat kaynaklı gecikmeler, ihracat bedelinin bilanço üzerinde "şüpheli alacak" niteliği kazanmasına da sebep olabilmektedir. Bu durum, firmanın likidite oranlarının bozulmasına ve mali tablolarının dış paydaşlar nezdinde olumsuz algılanmasına yol açmaktadır (Beck et al., 2015:46).

Kredi Maliyeti ve Finansmana Erişim Üzerindeki Etkiler

Kambiyo sorunlarının dolaylı ancak uzun vadeli etkilerinden biri de kredi maliyetlerinde artış ve finansmana erişimin zorlaşmasıdır. Bankalar, ihracat bedellerini zamanında tahsil edemeyen veya kambiyo yükümlülüklerinde sorun yaşayan firmaları daha riskli müşteri grubu içinde değerlendirmektedir. Bu durum, firmalara uygulanan faiz oranlarının yükselmesine, teminat taleplerinin artmasına ve kredi limitlerinin daraltılmasına neden olabilmektedir.

Demirgüç-Kunt ve Martinez Peria, bankaların dış ticaret işlemlerinde ödeme performansını kredi riskinin temel göstergelerinden biri olarak kullandığını ve kambiyo uyumsuzluğu yaşayan firmaların kredi koşullarının belirgin şekilde ağırlaştığını ifade etmektedir (Demirgüç-Kunt & Martinez Peria, 2017:93). Bu süreç, firmaların dış ticaret faaliyetlerini genişletme veya yeni pazarlara açılma kapasitelerini de sınırlamaktadır.

Ayrıca ihracat teşvikleri ve kamu desteklerinden yararlanma süreçlerinde, kambiyo kayıtlarının sağlıklı olmaması firmalar açısından ek engeller doğurmaktadır. Kapanmamış ihracat bedelleri veya mevzuat ihlalleri, firmaların destek mekanizmalarından yeterince faydalanamamasına yol açmaktadır. Bu durum, finansman maliyetlerinin dolaylı biçimde daha da artmasına neden olmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, kambiyo sorunları firmaların finansal yapısını üç temel kanaldan etkilemektedir: artan borçlanma baskısı, bozulan likidite dengesi ve yükselen kredi maliyetleri. Bu etkiler, birbirini besleyen bir mekanizma oluşturarak firmaların finansal esnekliğini azaltmakta ve dış ticaret faaliyetlerini sınırlandırmaktadır. Dolayısıyla kambiyo süreçlerinin etkin yönetimi, yalnızca mevzuat uyumu açısından değil; firmaların finansal istikrarının korunması açısından da kritik öneme sahiptir.

KAMBİYO SORUNLARININ FİRMALAR AÇISINDAN OLASI UZUN VADELİ RİSK SENARYOLARI

Kambiyo işlemlerinde ortaya çıkan sorunlar, kısa vadede operasyonel aksaklıklar ve geçici finansman baskıları şeklinde görülse de, uzun vadede firmaların finansal yapısını, rekabet gücünü ve kurumsal sürdürülebilirliğini tehdit eden daha derin risk senaryolarına dönüşebilmektedir. Bu riskler, özellikle dış ticarete bağımlı ve ihracat gelirleriyle finansal döngüsünü sürdüren firmalarda daha belirgin hâle gelmektedir.

İlk risk senaryosu, kronik likidite sıkışıklığı ve kalıcı borçlanma baskısıdır. Kambiyo kaynaklı tahsilat gecikmelerinin süreklilik kazanması, firmaların işletme sermayesi ihtiyaçlarını sürekli dış finansmanla karşılamasına yol açmaktadır. Bu durum, borç/özsermaye oranlarının yükselmesine ve firmaların finansal kırılganlığının artmasına neden olmaktadır. Chorafas, uzun süreli tahsilat belirsizliğinin firmaları yapısal borç bağımlılığına ittiğini ve bu yapının kriz dönemlerinde iflas riskini önemli ölçüde artırdığını belirtmektedir (Chorafas, 2011:211).

İkinci risk senaryosu, kredi değerliliğinin zayıflaması ve finansmana erişimin kısıtlanmasıdır. Kambiyo yükümlülüklerini zamanında yerine getiremeyen veya ihracat bedelleri kapanmamış firmalar, bankalar nezdinde daha riskli müşteri grubunda değerlendirilmektedir. Bu durum, kredi limitlerinin daraltılması, teminat taleplerinin artırılması ve kredi maliyetlerinin yükselmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Demirgüç-Kunt ve Martinez Peria, ödeme performansındaki bozulmanın bankaların kredi risk değerlendirmesinde temel belirleyici unsurlardan biri olduğunu vurgulamaktadır (Demirgüç-Kunt & Martinez Peria, 2017:97).

Üçüncü risk senaryosu, rekabet gücü kaybı ve pazar daralmasıdır. Kambiyo sorunları nedeniyle artan finansman maliyetleri ve nakit akışı bozuklukları, firmaların fiyatlama esnekliğini azaltmakta ve ihracat pazarlarında rekabet avantajını zayıflatmaktadır. Özellikle fiyat rekabetinin yoğun olduğu sektörlerde, kambiyo kaynaklı ek maliyetler firmaların pazardan çekilmesine veya ihracat hacmini küçültmesine neden olabilmektedir (OECD, 2019:88).

Dördüncü risk senaryosu ise kurumsal itibar ve iş ilişkileri üzerinde oluşan olumsuz etkilerdir. İhracat bedellerinin gecikmesi, ödeme uyuşmazlıkları ve kambiyo kaynaklı ihtilaflar, firmaların yabancı alıcılar ve bankalar nezdindeki güvenilirliğini zayıflatabilmektedir. Ramirez, finansal yükümlülüklerini düzenli yerine getiremeyen firmaların uzun vadede ticari ağlardan dışlanma riskiyle karşı karşıya kaldığını ifade etmektedir (Ramirez, 2015:226).

Son olarak, kamu desteklerinden ve teşvik mekanizmalarından dışlanma riski kambiyo sorunlarının uzun vadeli etkilerinden biridir. Kapanmamış ihracat bedelleri veya mevzuat ihlalleri, firmaların ihracat teşvikleri, kredi garanti mekanizmaları ve kamu desteklerinden yeterince yararlanamamasına yol açmakta; bu durum finansal baskıları daha da artırmaktadır.

Çözüm Önerileri: Firma–Banka–Kamu Ekseni

Kambiyo sorunlarının çok boyutlu yapısı dikkate alındığında, bu sorunların çözümü yalnızca firmaların bireysel çabalarıyla değil; banka uygulamaları ve kamu politikalarıyla eşgüdümlü bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu nedenle çözüm önerilerinin firma, banka ve kamu ekseninde bütüncül biçimde ele alınması önem taşımaktadır.

Firma düzeyinde öncelikli çözüm, ödeme yöntemi seçiminde finansal risklerin daha sistematik biçimde analiz edilmesidir. Firmaların mal mukabili, vesaik mukabili veya kabul kredili gibi vadeli ödeme yöntemlerini tercih ederken alıcı riskini, vade yapısını ve kambiyo yükümlülüklerini birlikte değerlendirmesi gerekmektedir. Ayrıca kur riskine karşı türev ürünlerin kullanılması, döviz pozisyonunun düzenli izlenmesi ve kambiyo kayıtlarının profesyonel bir yapı içinde tutulması, finansal kırılganlığın azaltılmasına katkı sağlayacaktır (Clarke, 2020:193). Firmalarda dış ticaret ve kambiyo mevzuatı konusunda uzman personel istihdamı da hata oranlarının düşürülmesi açısından kritik bir unsurdur.

Banka ekseninde, operasyonel süreçlerin sadeleştirilmesi ve müşteri bilgilendirme mekanizmalarının güçlendirilmesi önem taşımaktadır. Bankaların ihracatçı firmalara kambiyo yükümlülükleri, repatriasyon süreleri ve ödeme yöntemi bazlı riskler konusunda düzenli bilgilendirme yapması; erken uyarı sistemleri geliştirerek olası mevzuat ihlallerini önceden tespit etmesi gerekmektedir. Wright ve Reddy, dijital ön kontrol sistemlerinin ödeme hatalarını ve operasyonel gecikmeleri önemli ölçüde azalttığını vurgulamaktadır (Wright & Reddy, 2018:191).

Kamu ekseninde ise kambiyo mevzuatının sadeleştirilmesi ve uygulamada öngörülebilirliğin artırılması temel bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Özellikle farklı ödeme yöntemlerine göre repatriasyon sürelerinin daha esnek ve işlem gerçekleriyle uyumlu hâle getirilmesi, firmalar üzerindeki idari baskıyı azaltacaktır. Ayrıca dijital tek pencere uygulamalarının yaygınlaştırılması, ihracat bedellerinin izlenmesini kolaylaştırarak hem firmalar hem de kamu otoriteleri için süreç etkinliğini artıracaktır (OECD, 2019:91).

Sonuç olarak, kambiyo sorunlarının etkin biçimde yönetilmesi; firmaların finansal dayanıklılığının artırılması, bankacılık süreçlerinin daha şeffaf ve etkin hâle getirilmesi ve kamu politikalarının ticari gerçeklikle uyumlu biçimde tasarlanmasıyla mümkün olacaktır. Bu bütüncül yaklaşım, dış ticaretin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, uluslararası ticarette kullanılan ödeme yöntemleri çerçevesinde ortaya çıkan kambiyo sorunlarını, firma finansmanı ve nakit akışı yönetimi perspektifinden ele alarak bütüncül bir değerlendirme sunmuştur. Çalışmada peşin ödeme, mal mukabili ödeme, vesaik mukabili ödeme, kabul kredili ödeme ve akreditifli ödeme yöntemlerinin her birinin, kambiyo süreçleri açısından farklı risk dinamikleri oluşturduğu ve bu risklerin firmaların finansal yapısı üzerinde doğrudan etkiler yarattığı ortaya konulmuştur. Bulgular, kambiyo sorunlarının yalnızca teknik veya mevzuat kaynaklı birer uygulama hatası olarak değil; borçlanma yapısını şekillendiren, likidite dengesini bozan ve kredi maliyetlerini artıran yapısal unsurlar olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çalışma sonuçları, özellikle ihracat bedellerinin zamanında tahsil edilememesinin firmalar üzerinde zincirleme etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Tahsilat gecikmeleri, işletme sermayesi ihtiyacını artırarak firmaları kısa vadeli ve maliyetli finansman araçlarına yöneltmekte; bu durum finansal kırılganlığı derinleştirmektedir. Kambiyo yükümlülüklerinin aksaması, yalnızca likidite sorunlarına yol açmakla kalmamakta; aynı zamanda firmaların bankalar nezdindeki kredi değerliliğini zayıflatarak finansmana erişim koşullarını da olumsuz etkilemektedir. Bu etki mekanizması, kambiyo sorunlarının geçici değil, uzun vadeli stratejik sonuçlar doğurabilen bir risk alanı olduğunu göstermektedir.

Ödeme yöntemleri ile kambiyo riskleri arasındaki ilişkinin ortaya koyduğu temel bulgulardan biri, riskin yalnızca ödeme yönteminin kendisinden değil; bu yöntemin firma finansmanı, kur riski yönetimi ve mevzuat uyumu ile birlikte ele alınmamasından kaynaklandığıdır. Dolayısıyla yanlış yapılandırılmış veya yeterince yönetilmeyen ödeme tercihleri, kambiyo sorunlarını derinleştirerek firmaların rekabet gücünü ve sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu durum, dış ticarette ödeme yöntemlerinin seçiminin salt ticari bir karar değil, aynı zamanda finansal ve kurumsal bir strateji kararı olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda çalışma, dış ticarette kambiyo süreçlerinin etkin yönetilmesinin; firmaların finansal dayanıklılığının artırılması, bankacılık sisteminde işlem etkinliğinin sağlanması ve kamu otoritelerinin uygulama düzeyinde öngörülebilirliği güçlendirmesiyle mümkün olabileceğine işaret etmektedir.

Uluslararası ticaretin giderek daha karmaşık hâle geldiği bir ortamda, ödeme yöntemleri ile kambiyo süreçleri arasındaki etkileşimin doğru anlaşılması hem firmalar hem de politika yapıcılar açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışma, söz konusu etkileşimi finansal yapı merkezli bir bakışla ele alarak literatüre katkı sağlamayı ve uygulamacılar için analitik bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır.

KAYNAKLAR

Chorafas, D. N. (2011). *Global Banking and Systemic Risk*. Palgrave Macmillan, London. https://doi.org/10.1057/9780230358423_3 Erişim Tarihi : 19.11.2025.

Clarke, M. (2020). *International trade documentation and compliance*. Routledge. https://doi.org/10.1108/JMLC-05-2020-0057 Erişim Tarihi: 15.09.2025.

Demirgüç-Kunt, A., & Martinez Peria, M. S. (2017). *Financial inclusion and the role of banks*. World Bank. https://dx.doi.org/10.1353/eca.2013.0002 Erişim Tarihi: 30.11.2025.

Dolan, J. (2014). *The law of letters of credit*. Wolters Kluwer. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1020705 Erişim Tarihi: 01.12.2025.

Ellinger, E. P., Lomnicka, E., & Hare, C. (2016). *Ellinger's modern banking law*. Oxford University Press. https://global.oup.com/academic/product/ellingers-modern-banking-law-9780199232093?cc=tr&lang=en& Erişim Tarihi: 12.11.2025.

Goode, R. McKendrick, E. (2016). *Goode on commercial law*. Penguin. https://www.penguin.co.uk/books/315741/goode-and-mckendrick-on-commercial-law-by-mckendrick-roy-goode-ewan/9780141991887 Erişim Tarihi: 29.11.2025.

Kokkola, T. (2010). *The payment system: Payments, securities and derivatives, and the role of the Eurosystem*. European Central Bank. https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/paymentsystem201009en.pdf Erişim Tarihi: 08.10.2025.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *Trade facilitation and compliance report*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2019/12/development-co-operation-report-2019_8cdc520b/9a58c83f-en.pdf Erişim Tarihi: 05.11.2025.

Ramirez, C. D. (2015). *International banking and finance*. Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/journals/international-and-comparative-law-quarterly/article/abs/international-banking-and-finance-by-baxter-ian-f-g-toronto-carswell-1989-246-pp-inc-index-and-appendices-isbn-0459332414-the-law-of-international-trade-finance-edited-by-horn-norbert-studies-in-transnational-economic-law-vol6-deventer-kluwer-1989-xxxviii-708-pp-isbn-9065443959-dfl246131/385D294BA62DFF54A282CBAC930947B9 Erişim Tarihi: 27.10.2025.

TCMB. (2020). *Kambiyo İşlemleri ve Repatriasyon Süreçleri Raporu*. TCMB Yayınları. https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/0a7f3ff8-f356-4995-a679-b32f8fa688dc/Yonetmelik.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-0a7f3ff8-f356-4995-a679-b32f8fa688dc-oNZj-nh Erişim Tarihi: 17.10.2025.

Wright, O., & Reddy, S. (2018). Digital risks in international payments: An operational perspective. *Journal of Banking Operations, 14*(3), 180–195. https://www.globeco.ro/wp-content/uploads/vol/split/vol_10_no_2/geo_2022_vol10_no2_art_004.pdf Erişim Tarihi: 09.11.2025.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

CEBRÎ İCRA KANUNU TASLAĞI'NDA İCRA TEŞKİLÂTINA İLİŞKİN DEĞİŞİKLİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üye. Mehmet Emin ALPASLAN
Yeditepe Üniversitesi Hukuk Fakültesi, Medenî Usûl ve İcra İflâs Hukuku Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-0821-9192

ÖZET
2004 sayılı İcra ve İflâs Kanunu 1932 yılında kabul edilmiş olup, temel kanunlarımız içerisindeki en eski tarihli kanunlardandır. İcra ve İflâs Kanunu yüzyıla yaklaşan bu süreçte çok sayıda değişikliğe uğramıştır. Bu çerçevede icra teşkilâtına ilişkin hükümlerde de çok sayıda değişiklik olmuştur. 2025 yılında ise Cebrî İcra Kanunu Taslağı adı ile yeni bir icra kanunu taslağı kamuoyu ile paylaşılmıştır. Bu taslakta icra teşkilâtına ilişkin de değişiklikler yapılmış olup, bu çalışmanın amacı Cebrî İcra Kanunu Taslağı ile icra teşkilâtında yapılan değişikliklerin ortaya konulması ve değerlendirilmesidir.
Cebrî İcra Kanunu Taslağı'nda da icra daireleri, iflâs daireleri, icra başmüdürlüğü ve icra daireleri başkanlığı korunmuştur. Bununla birlikte Cebrî İcra Kanunu Taslağı'nın isimlendirme tercihleri çerçevesinde "icra daireleri başkanlığı", "icra ve iflas daireleri başkanlığı" olarak; "icra başmüdürü" ise "icra ve iflas başmüdürü" olarak düzenlenmiştir.
Cebrî İcra Kanunu Taslağı'nda iflâs dairelerinin yetki çevresinin iş ve ihtiyaç durumu dikkate alınarak birden fazla il veya ilçeyi kapsayacak şekilde belirlenebileceği kabul edilmiş, mevcut İcra ve İflâs Kanunu'nda yer alan bazı hususlar düzenlenmeyerek bu konuda bir Teşkilât Kanunu Taslağı'na atıf yapılmış, icra hukuk mahkemesi ve icra ceza mahkemesi ayrı mahkemeler olarak düzenlenmiş, yine iflâs mahkemelerinin kurulması öngörülmüştür.
Yine Cebrî İcra Kanunu Taslağı ile icra memurlarının iş görmekten yasaklılığı daha detaylı şekilde düzenlenmiştir. Özellikle İcra ve İflâs Kanunu'nda bulunmamakla birlikte; Hukuk Muhakemeleri Kanunu m. 36 hükmüne paralel şekilde icra ve iflâs dairesi görevlilerinin, tarafsızlığından kuşku duyulan bir sebep bulunursa işlem yapamayacakları kabul edilerek genel bir yasaklılık sebebi düzenlenmiştir.
Cebrî İcra Kanunu Taslağı icra görevlilerinin hukukî sorumluluğunu da daha detaylı şekilde düzenlemiştir. Bu düzenleme ile hangi görevlilerin filleri nedeniyle sorumluluk davası açılabileceği, bu davanın davalısının kim olacağı, görevli mahkeme, tazminatın hesabı ve rücu meseleleri önceki düzenlemeye nazaran detaylı olarak düzenlenmiştir.
Keza, Cebrî İcra Kanunu Taslağı'nda icra teşkilâtına ilişkin bazı sistematik değişikliklerin ve kavramsal bazı farklılıkların da bulunduğu ifade edilmelidir.
İcra teşkilâtına ilişkin tüm bu değişikliklerin saptanması, olumlu ve olumsuz yönlerinin ortaya konularak değerlendirilmesi, icra teşkilâtının hayatî fonksiyonu nedeniyle oldukça önem arz etmektedir.
Anahtar Kelimeler: İcra teşkilâtı, Cebrî İcra Kanunu Taslağı, İcra daireleri, İş görmekten yasaklılık, Hukukî sorumluluk.

EVALUATION OF CHANGES REGARDING THE ENFORCEMENT ORGANIZATION IN THE DRAFT COMPULSORY ENFORCEMENT CODE

ABSTRACT
The Enforcement and Bankruptcy Code No. 2004 was adopted in 1932 and is one of the oldest codes among our fundamental codes. Over its nearly century-long history, the Code has undergone numerous amendments, including substantial revisions to the provisions governing the enforcement organization.

In 2025, a new draft law titled the Draft Code of Compulsory Enforcement was released to the public. The Draft introduces several amendments concerning the structure of enforcement organization. The aim of this study is to determine and evaluate the changes introduced by the Draft Code in relation to the enforcement organization.

Under the Draft Code of Compulsory Enforcement, the existing institutional framework comprising enforcement offices, bankruptcy offices, chief enforcement offices, and directorate of enforcement offices has been retained. However, in line with the Draft's terminological choices, the "*directorate of enforcement offices*" has been redesignated as the "*directorate of enforcement and bankruptcy offices*", and the title of "*chief enforcement officer*" has been revised to "*chief enforcement and bankruptcy officer*".

The Draft further provides that the territorial jurisdiction of bankruptcy offices may be determined so as to cover more than one province or district, based on workload and operational needs. Certain matters currently regulated under the Enforcement and Bankruptcy Code are omitted from the Draft and instead referred to a separate Draft Law on the Organization. In addition, the Draft Code of Compulsory Enforcement establishes enforcement law courts and enforcement criminal courts as separate judicial bodies and introduces the establishment of dedicated bankruptcy courts.

The Draft Code also elaborates on the rules concerning the recusal and disqualification of enforcement officers. In particular -despite the absence of a corresponding provision in the current Enforcement and Bankruptcy Code- it introduces a general ground for disqualification, providing, in parallel with Article 36 of the Code of Civil Procedure, that enforcement and bankruptcy officers shall refrain from conducting proceedings where there is a reason giving rise to doubts as to their impartiality.

Moreover, the Draft regulates in greater detail the civil liability of enforcement officials. Compared to the current framework, it provides a more comprehensive regime concerning the officials against whom liability actions may be brought, identification of the proper defendant, jurisdiction of the competent court, calculation of damages, and recourse proceedings.

It should also be noted that the Draft Code introduces certain systematic and conceptual changes concerning the enforcement organization.

Identifying all these changes regarding the enforcement organization and evaluating their merits and shortcomings is of critical importance, given the vital function of the enforcement system within the administration of justice.

Keywords: Enforcement organization, Draft Code of Compulsory Enforcement, Enforcement offices, Recusal and disqualification of enforcement officers, Civil liability.

GİRİŞ

2004 sayılı İcra ve İflâs Kanunu ("İİK") 1932 yılında kabul edilmiş olup, temel kanunlarımız içerisindeki en eski tarihli kanunlardandır. İcra ve İflâs Kanunu yüzyıla yaklaşan bu süreçte çok sayıda değişikliğe uğramıştır[1]. Bu uzun süreçte değişiklikler yapılırken zaman zaman kanunun diğer hükümleriyle uyum sağlanamamış, terim birliği tesis edilememiş; zaman zaman ise önceki düzenlemelerin tekrarı ile yetinilmiştir[2].

İİK'da değişiklikler yapılırken icra teşkilâtına ilişkin hükümlerde de çok sayıda değişiklik olmuştur[3]. 2025 yılında ise Cebrî İcra Kanunu Taslağı ("CİKT") adı ile yeni bir icra kanunu taslağı kamuoyu ile paylaşılmıştır. Bu taslakta icra teşkilâtına[4] ilişkin de değişiklikler yapılmış olup, Cebrî İcra Kanunu Taslağı ile icra teşkilâtında yapılan değişikliklerin ortaya konulması ve değerlendirilmesi; icra teşkilâtının icra faaliyetindeki hayatî rolü nazara alındığında azamî önemdedir.

[1] İİK'nın zaman içerisinde geçirdiği değişiklere ilişkin olarak bkz. Sabri Şakir Ansay, İcra ve İflâs Kanunundaki Son Tadil Etrafında, Adliye Ceridesi 1940, Yıl: 31, S. 9, s. 839 vd.; Mustafa Reşit Belgesay, İcra ve İflâs Hukuku, 1. Cilt : İcra, İstanbul 1945, s. 11 vd.; Necmeddin M. Berkin, İcra Dairelerinin Faaliyetini Tanzim Eden Hükümler, İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası, Yıl: 1976, C. 42, S. 1-4, s. 201-232; Saim Üstündağ, İcra Dairelerinin Reorganizasyonu ve Uygulamadaki Engellerin Ortadan Kaldırılması, Makaleler, İçtihat Tahlilleri ve Çeviriler, Ankara 2010, s. 295 vd.; Baki Kuru, İcra ve İflâs Kanunu Değişikliği Hakkında Düşünceler, Ankara 1962, s. 7 vd.; İlhan E. Postacıoğlu, 538 Sayılı Kanunun İcra ve İflâs Kanununa Getirdiği Yenilikler, Makaleler ve Karar İncelemeleri, İstanbul 2011, s. 311 vd.; Bilge Umar, İcra ve İflâs Hukukunun Tarihî Gelişmesi ve Genel Teorisi, İzmir 1973, s. 136 vd.; Ejder Yılmaz, Dünden Bugüne İcra ve İflâs Kanunumuz, Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 3-4, Yıl 2003, s. 9 vd.; Hakan Pekcanıtez, 4949 Sayılı Kanun'la İcra Hukukunda Yapılan Değişikliklerin Değerlendirilmesi, Makaleler, C. I, İstanbul 2016, s. 823 vd.; Hakan Pekcanıtez, İcra Hukukunda Yapılan Yeni Düzenlemeler, Makaleler, C. I, İstanbul 2016, s. 849 vd.; Hakan Pekcanıtez/Mine Akkan, 7343 Sayılı Kanunla İcra ve İflâs Kanunu'nda Yapılan Değişikliklerin Zaman Bakımından Uygulanması, Makaleler, C. III, İstanbul 2023, s. 725 vd.; Hakan Pekcanıtez/Evrim Erişir, 6352 Sayılı Kanunla İcra ve İflâs Kanunu'nda Yapılan Değişikliklerin Zaman İtibariyle Uygulanması, Makaleler, C. II, İstanbul 2016, s. 555 vd.; Mustafa Özbek, İcra ve İflâs Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Taslağıyla Getirilmek İstenen Değişikliklerin Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Yıl: 2008, C. 57, S. 3, s. 463-524.

[2] Mehmet Emin Alpaslan, Cumhuriyetimizin İlk Yüzyılında İcra Teşkilâtındaki Değişim ve Gelişmeler, Cumhuriyetin 100. Yılında Medenî Usûl ve İcra İflâs Hukukumuzun Gelişim ve Değişim Süreci (Ed. Hakan Pekcanıtez/Muhammet Özekes), İstanbul 2023, s. 959 vd. ve özellikle s. 989-990.

[3] Teşkilâta ilişkin bu değişikliklere ilişkin genel bir bakış için bkz. Alpaslan, İcra Teşkilâtı, s. 959 vd.

[4] Doktrinde işaret edilen yapısal sorunlar ve çeşitli sistem önerileri için bkz. Muhammet Özekes, Türk İcra Hukukunun Sorunları ve Temel Haklar Bakımından Genel Değerlendirme, Doç. Dr. Halûk Konuralp'in Anısına Medenî Usûl ve İcra-İflâs Hukukçuları Toplantısı VIII: İlâmsız İcra, 24-25 Ekim 2008, Ankara 2009, s. 263 vd.; Muhammet Özekes, Yeni Bir İcra Sistemi Önerisi, Prof. Dr. Bilge Umar'a Armağan, DEÜHFD, C. 11, Özel Sayı: 2009, s. 921 vd.; Cengiz Topel Çelikoğlu, Cebri İcra Organizasyon Reformu İhtiyacı, Prof. Dr. Necmettin M. Berkin'e Armağan, İstanbul 2021, s. 363 vd. Ayrıca bkz. Mehmet Emin Alpaslan, İcra Dairelerinin Özerkleştirilmesi: Fransız İcra Görevliliği Modeli, İstanbul 2018, s. 55 vd.

I. CEBRÎ İCRA KANUNU TASLAĞI'NIN İCRA TEŞKİLÂTINA İLİŞKİN HÜKÜMLERİNDEKİ GENEL YAKLAŞIM

Cebrî İcra Kanunu Taslağı'nda mevcut icra teşkilâtı[5] ana hatlarıyla muhafaza edilmiş olmakla birlikte, teşkilâta ilişkin düzenlemelerin önemli bir kısmı İcra Mahkemeleri ve İflas Mahkemeleri ile İcra Teşkilatı Hakkında Kanun Taslağı'na bırakılmıştır. Ancak önemli bazı hususlarda Teşkilât Kanunu'na atıf yapılırken, esasen Teşkilât Kanunu'nda veya Yönetmelik'te düzenlenmesi uygun olabilecek bazı hususlar ise CİKT'de varlığını korumuştur[6].

CİKT'nin icra teşkilâtına ilişkin en önemli yeniliği, icra hukuk mahkemeleri ile icra ceza mahkemelerini ayrı mahkemeler olarak düzenlenmesi ve ayrıca iflâs mahkemelerinin düzenlenmesinin öngörülmesidir. Yine CİKT'de, kanun dili günümüz Türkçesine yaklaştırılmış, bazı hususlar tasrih edilmiş, bazı hususların düzenlenmesinden imtina edilmiş, bazı hususlar ise daha detaylı şekilde düzenlenmiştir. Tüm bu meselelerin üzerinde ayrıca durulması gerekmektedir.

II. İCRA VE İFLÂS DAİRELERİNE İLİŞKİN DEĞİŞİKLİKLERİN TESPİTİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

A. GENEL ÇERÇEVE

Cebrî İcra Kanunu Taslağı'nda da icra daireleri, iflâs daireleri, icra başmüdürlüğü ve icra daireleri başkanlığı korunmuştur. Bununla birlikte Cebrî İcra Kanunu Taslağı'nın isimlendirme tercihleri çerçevesinde "icra daireleri başkanlığı", "icra ve iflas daireleri başkanlığı" olarak; "icra başmüdürü" ise "icra ve iflas başmüdürü" olarak düzenlenmiştir. Ancak bu isimlendirme tercihi farklılığı haricinde, İİK'daki sistemin genel olarak korunduğu kabul edilebilir.

CİKT m. 2 hükmü uyarınca icra ve iflâs daireleri başkanlığı İİK m. 3/a hükmüne nazaran daha genel şekilde düzenlenmiş, diğer düzenlemeler ise Teşkilât Kanunu Taslağı'na bırakılmıştır. Teşkilât Kanunu'nun henüz kamuoyu ile paylaşılmaması nedeniyle bu konuda tam bir değerlendirme yapılması mümkün değildir. Ancak teşkilâta ilişkin düzenlemeler ayrı bir Teşkilât Kanunu ile yapılacaksa, bu kanun taslağının da paylaşılması ve tartışmaya açılması, her iki kanun taslağının birbirini tamamlayan niteliği nazara alındığında kanunlar arası uyumun temini bakımından daha uygun olabilecektir. Vurgulanmalıdır ki, Teşkilât Kanunu ile CİK arasında zamansal veya sistemsel bir uyumsuzluk ortaya çıkması durumunda, önemli sorunlarla karşılaşılabilecektir.

B. İCRA DAİRELERİNE İLİŞKİN DEĞİŞİKLİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

CİKT m. 3 hükmünde icra dairelerinin kuruluşu düzenlenmiştir. CİKT m. 3/1 hükmü uyarınca; Adalet Bakanlığı tarafından her asliye hukuk mahkemesinin yargı çevresinde yeteri kadar icra dairesi kurulur.

---

[5] Mevcut icra teşkilâtı hakkında bkz. Baki Kuru, İcra ve İflâs Hukuku El Kitabı, 2. Baskı, Ankara 2013, s. 63 vd.; Hakan Pekcanıtez/Oğuz Atalay/Meral Sungurtekin Özkan/Muhammet Özekes, İcra ve İflâs Hukuku Ders Kitabı, 12. Bası, İstanbul 2025, s. 43 vd.; Ramazan Arslan/Ejder Yılmaz/Sema Taşpınar Ayvaz/Emel Hanağası, İcra ve İflâs Hukuku, 10. Baskı, Ankara 2024, s. 60 vd.; Murat Atalı/İbrahim Ermenek/Ersin Erdoğan, İcra ve İflâs Hukuku, 6. Baskı, Ankara 2022, s. 25 vd.; L. Şanal Görgün/Levent Börü/Mehmet Kodakoğlu, İcra ve İflâs Hukuku, 3. Baskı, Ankara 2022, s. 49 vd.; Mehmet Kâmil Yıldırım/Nevhis Deren-Yıldırım Nevhis, İcra ve İflas Hukuku, 8. Baskı, İstanbul 2021, s. 32 vd. Türk hukukunda zaman zaman incelenmiş ve tartışılmış olmakla birlikte, CİKT'de icra dairelerinin özerkleştirilmesi sistemi isabetle tercih edilmemiştir. Konuya ilişkin inceleme ve değerlendirmeler için bkz. Alpaslan, İcra Daireleri, s. 1 vd. ve özellikle s. 256. Ayrıca bkz. Özekes, İcra Sistemi, s. 928-929; Mustafa Serdar Özbek, Avrupa Birliği ve Türk Hukukunda İlâmlı İcranın Etkinliği, 5. Baskı, Ankara 2022, s. 278 vd.; Alpaslan, İcra Teşkilâtı, s. 986.

[6] Bkz. aşa. II, B.

CİKT m. 3 hükmünde, icra dairesinin görevleri ise açıkça düzenlenmemiş, bu konuda CİKT ve diğer mevzuata genel bir atıf yapılmasıyla yetinilmiştir. Gerçekten de CİKT m. 3/2 hükmü uyarınca icra daireleri, CİKT ve diğer mevzuatla verilen görevleri yerine getirir.
İİK m. 1 hükmünde icra dairelerinin teşkilâtı ve icra görevlilerinin mesleğe kabullerine ilişkin detaylı düzenlemelere yer verilmekte iken[7], CİKT m. 3 hükmünde ise bu hususlara yer verilmemiştir. Gerekçede bu hususların Teşkilât Kanunu Taslağı'nda düzenleneceği belirtilmiştir. Ancak bu hükümde düzenlenmeyen ve gerekçede de düzenlenmeme nedeni belirtilen hususların bir kısmının CİKT m. 6 hükmünde düzenlendiği görülmektedir.
Gerçekten de CİKT m. 6 hükmünde icra ve iflâs dairelerinde görev alacak personel düzenlenmiştir. Bu düzenleme, personele ilişkin hususları Teşkilât Kanunu Taslağı'na bırakan CİKT m. 3 hükmünün gerekçesi ile uyumlu görünmemektedir. Eğer ayrı bir Teşkilât Kanunu düzenlenecekse, CİKT m. 6 hükmü CİKT'den ziyade Teşkilât Kanunu'nda yer almaya daha uygun niteliktedir.
CİKT m. 3/3 hükmü, İİK m. 359 hükmüne tekabül etmektedir. CİKT m. 3/3 hükmünde İİK m. 359 hükmünden farklı olarak, icra dairelerinin özel hukuk kişileri ile de doğrudan yazışma yapabilecekleri açık şekilde madde metninde düzenlenmiştir. Bu hususta düzenleme gerektirir düzeyde bir tereddüt bulunmamaktaysa da, hükümde bu hususun açıkça düzenlenmesi tercih edilmiştir. Belirtmek gerekir ki, icra dairelerinin doğrudan yazışmasına ilişkin esasların CİKT yerine Teşkilât Kanunu Taslağı'nda yer alması daha uygun bir tercih olacaktır. Zira bu düzenleme, cebrî icra yollarından ziyade icra teşkilâtını ilgilendirmektedir.

C. İFLÂS DAİRELERİNE İLİŞKİN DEĞİŞİKLİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

CİKT m. 4/1 hükmü uyarınca; Adalet Bakanlığı tarafından iş ve ihtiyaç durumu gözetilerek gerekli görülen yerlerde yeteri kadar iflâs dairesi kurulabilir. CİKT m. 4/2 hükmü uyarınca; Adalet Bakanlığı, iflâs dairelerinin yetki çevresini iş ve ihtiyaç durumunu dikkate alarak birden fazla il veya ilçeyi kapsayacak şekilde belirleyebilir. Bu düzenleme önemli bir değişiklik içermektedir. Ancak bu tercihin bazı sakıncaları ortaya çıkabilecektir. Özellikle, iflâs dairelerinin yetki çevresinin birden fazla ili kapsaması, iflâs sürecinde yapılacak işlemlerde tereddütlere, gecikmelere ve istinabe kaynaklı sorunlara neden olabilecektir. Keza bu düzenleme, icra hukukunda da geçerli olan doğrudanlık ilkesi[8] ile de bağdaşmayacaktır. Bu nedenlerle, meseleye ilişkin olarak CİKT'de tercih edilen sisteme çekinceyle yaklaşılması gerektiği kanaatindeyiz.
İİK m. 2 hükmünde, her asliye mahkemesinin yargı çevresinde lüzumu kadar iflâs dairesi bulunacağı düzenlenmiş, diğer hususlarda ise icra dairelerine ilişkin olan İİK m. 1 hükmüne atıf yapmakla iktifa edilmiştir. CİKT m. 4 hükmünde ise bu tercih izlenmemiş, CİKT m. 3 hükmünde düzenlenen hususlar iflâs daireleri bakımından da ayrıca düzenlenmiştir. Esasen İİK'daki tercihin korunması suretiyle, iflâs dairelerinin görevleri ve yazışmalarının CİKT m. 3 hükmüne atıf yapılarak da çözümlenmesi tercih edilebilirdi.
Gerekçede, iflâs dairelerinin teşkilâtına ilişkin detaylı hususların Teşkilât Kanunu Taslağı'nda düzenleneceği belirtilmiştir. Esasen hükümdeki düzenlemelerin önemli bir kısmının da, örneğin CİKT m. 4/2 ve CİKT m. 4/3 hükümlerinin de, Teşkilât Kanunu'nda yer almaları daha uygun olabilecektir. Zira bu düzenlemeler, cebrî icra yollarından ziyade iflâs teşkilâtını ilgilendirmektedir.

[7] Bu düzenlemelerin gelişimi hakkında genel olarak bkz. Alpaslan, İcra Teşkilâtı, s. 962 vd.
[8] İcra hukukunda doğrudanlık ilkesi hakkında bkz. Muhammet Özekes, İcra Hukukunda Temel Haklar ve İlkeler, Ankara 2009, s. 80 vd.

CİKT m. 5 hükmü uyarınca iflâs dairesi kurulmayan ve kurulu bir iflâs dairesinin yetki çevresinde olmayan yerlerde, iflâs dairesinin iş ve işlemleri o yerdeki icra dairesi tarafından yerine getirilir. Bu hükümde dikkat çekici olan yön "kurulu bir iflâs dairesinin yetki çevresinde olmayan yerlere" şeklindeki ibaredir. Bu ibare; iflâs dairelerinin yetki çevresinin birden fazla il veya ilçeyi kapsayacak şekilde belirlenebilmesi yönündeki CİKT m. 4 hükmünün tamamlanması amacını taşımaktadır. Esasen bu husus ayrıca belirtilmeseydi de, CİKT sistemi içerisinde hükmün bu şekilde anlaşılması gerekirdi. Bu nokta haricinde CİKT m. 5 hükmü, İİK m. 3 hükmüne benzer şekilde düzenlenmiştir. Yine cebrî icra yollarından ziyade teşkilâtı ilgilendiren bu düzenlemenin, ayrı bir Teşkilât Kanunu düzenlenmesi durumunda Teşkilât Kanunu'nda yer alması daha uygun olabilecektir.

D. İCRA VE İFLÂS DAİRESİ GÖREVLİLERİNİN YASAKLILIĞI VE MEMNU İŞLER

İcra ve iflâs daireleri görevlilerinin iş görmekten yasaklılığı, CİKT m. 14 hükmünde düzenlenmiş olup; bu hüküm genel olarak İİK m. 10 hükmünü tekrar etmiştir[9]. Bununla birlikte İİK m. 10 hükmü ile CİKT m. 14 hükmü arasında bir kısmı önemli olan bazı değişiklikler de vardır. Evvela, CİKT m. 14 hükmünde icra görevlisinin kendi dosyası yanında ayrıca doğrudan doğruya ya da dolayısıyla ilgili olduğu icra takip dosyasında görev yapamayacağı açık şekilde düzenlenmiştir. Yine eşin dosyasında yasaklılığın eski eşi de kapsadığı ve eşin belli derecede hısımlarına ilişkin yasaklılığın eski eş bakımından da uygulanacağı hükme bağlanmıştır. İcra memurunun arasında evlatlık bağı bulunan kişilerin işlerinde de yasaklı olduğu düzenlenmiştir.

CİKT m. 14 hükmündeki en önemli değişiklik, İİK'daki düzenlemeyi aşar şekilde ve Hukuk Muhakemeleri Kanunu ("HMK") m. 36 hükmüne benzer biçimde icra ve iflâs dairesi görevlilerinin, tarafsızlıklarından kuşku duyulan bir sebep bulunursa işlem yapamayacaklarının açıkça düzenlenmiş olmasıdır. Bu düzenleme yeni, önemli ve uygulamada etkileri olacak bir düzenlemedir. Bu düzenleme ile birlikte genel bir yasaklılık sebebi kabul edilmiş olmakta ve CİKT m. 14 hükmünde açıkça sayılmasa dahi icra ve iflâs dairesi görevlilerinin, tarafsızlıklarından kuşku duyulan bir sebebin bulunması hâlinde yasaklılıkları düzenlenmektedir. Yasaklılık hâllerinde izlenecek usûl ise CİKT'de İİK'ya benzer şekilde düzenlenmiştir.

Memnu işler (akit yapma yasağı[10]) İİK'da tek hükümde (İİK m. 11) düzenlenmiş iken, CİKT'de icra ve iflâs dairesi görevlileri bakımından ayrı bir hükümde (CİKT m. 15), hâkimler bakımından ise birebir aynı şekilde ayrı bir hükümde (CİKT m. 21) düzenlenmiştir. İçerik olarak ise CİKT'nin her iki hükmü de İİK m. 11 hükmüne paraleldir. O hâlde İİK m. 11; CİKT m. 15 ve CİKT m. 21 olmak üzere CİKT'de iki ayrı hükümde düzenlenmiştir. Tek bir hükümde düzenlenebilecek olan ve İİK'da tek hükümde düzenlenen hususların, aynı içerikte olmasına rağmen iki ayrı hükümde düzenlenmesi tartışmaya açık bir tercihtir.

[9] Bu konudaki gelişmelere genel bir bakış için bkz. Alpaslan, İcra Teşkilâtı, s. 976 vd.
[10] Bu konuda bkz. Kuru, El Kitabı, s. 97; Pekcanıtez/Atalay/Sungurtekin Özkan/Özekes, s. 51. Ayrıca bkz. Alpaslan, İcra Teşkilâtı, s. 978-979.

E. İCRA VE İFLÂS DAİRELERİ GÖREVLİLERİNİN HUKUKÎ SORUMLULUĞU

İcra ve iflâs dairesi görevlilerinin hukukî sorumluluğu, CİKT m. 7 hükmünde düzenlenmiştir. CİKT m. 7 hükmü, İİK m. 5 ve İİK m. 7 hükümlerine tekabül etmektedir[11]. Öte yandan CİKT m. 7 hükmünde İİK m. 5 ve İİK m. 7 hükmünde düzenlenmeyen bazı hususlara da yer verildiği görülmektedir.

İlk olarak madde başlığında İİK m. 5 hükmünün aksine "sorumluluk" yerine, "hukukî sorumluluk" ibaresi tercih edilmiştir. Bu tercih hükmün içeriğine daha uygundur.

CİKT m. 7 hükmü, İİK m. 5 hükmünün aksine icra ve iflâs dairesi görevlilerini zikretmekle yetinmemiş, icra ve iflâs dairesi görevlilerini hükümde de açıkça gösterme yolunu seçmiştir. CİKT m. 7/1 hükmü uyarınca icra ve iflâs daireleri görevlilerinin, iflâs idare memurlarının, komiserlerin, proje denetçilerinin, tasfiye memurlarının, icra ve iflâs dairelerince cebrî icra faaliyetinde görevlendirilen kişilerin ve kolluk görevlilerinin bu kapsamda olduğu açıkça düzenlenmiştir. Buradaki sayım tahdidî değildir. Nitekim madde gerekçesinde "icra ve iflâs daireleri tarafından cebrî icra faaliyetinde görevlendirilen kişiler" kapsamına bilirkişilerin, kayyımın, muhafaza işlemi sırasında eşyayı demonte edenlerin, eşyayı taşıyanların, araçla nakledenlerin, yediemin sıfatıyla kendisine eşya teslim edilenlerin, yediemin mümessillerinin, muhtarın, ihtiyar heyetinin, ihtiyar meclisi üyelerinin ve icra faaliyetinde görevlendirilen diğer kişilerin de girdiğinde tereddüt olmadığı belirtilmiştir.

Yine CİKT m. 7/1 hükmü uyarınca; belirtilen kişilerin CİKT uyarınca verilen görevlerin ifası sırasında kusurlarından doğan tazminat davaları ancak Adalet Bakanlığı aleyhine açılabilir. CİKT m. 7/1 hükmünde; İİK m. 5 hükmünden farklı olarak davanın "idare" aleyhine açılacağının ifade edilmesiyle yetinilmemiş, davalı idarenin "Adalet Bakanlığı" olduğu açıkça belirtilmiştir. Esasen bu konuda önemli bir tereddüt bulunmamaktaysa da, düzenleme ile mesele daha açık hâle getirilmiştir.

CİKT m. 7/1, c. 2 hükmü uyarınca; mezkûr davalara, zarara neden olan işlemin yapıldığı yer asliye hukuk mahkemelerinde bakılır. CİKT m. 7/1, c. 3 hükmü uyarınca mahkeme, açılan tazminat davasını ilgiliye re'sen ihbar eder. CİKT'de İİK'nın aksine "adliye mahkemeleri" şeklindeki kullanım yerine "asliye hukuk mahkemeleri" belirtilmek suretiyle görevli mahkeme açık şekilde belirtilmiştir. Esasen İİK m. 5 hükmü de bu şekilde anlaşılmaktadır[12].

CİKT m. 7/2 hükmü uyarınca; tazminat istemi, zarar görenin zararı öğrendiği tarihten itibaren iki yıl ve her hâlde zararı doğuran fiilin işlendiği tarihten itibaren on yılın geçmesiyle zamanaşımına uğrar. Zarar cezayı gerektiren bir fiilin neticesi olup da ceza kanunları bu fiili daha uzun bir zamanaşımına tâbi tutmakta ise tazminat davasında da ceza zamanaşımı uygulanır. Bu düzenleme ile, zamanaşımı süresi Türk Borçlar Kanunu ("TBK") hükümlerine uygun hâle getirilmiştir,

CİKT m. 7/3 hükmünde tazminat davasının esastan reddi hâlinde davacı aleyhine disiplin para cezasına hükmedileceği düzenlenmiştir.

CİKT m. 7/4 hükmü uyarınca Adalet Bakanlığı, ödemek zorunda kaldığı tazminat nedeniyle zararın meydana gelmesinde kusuru bulunanlara ödeme tarihinden itibaren bir yıl içinde rücu eder. Rücu davası, tazminat davasını karara bağlamış olan mahkemede görülür. Bu düzenleme ile Adalet Bakanlığı'nın kusuru bulunanlara rücu etmesi gerektiği açıkça düzenlenmiş ve rücu davalarının görüleceği mahkeme açıkça belirtilmiştir. Keza CİKT m. 7/5 hükmü uyarınca; Adalet Bakanlığı, ödemek zorunda kaldığı tazminat nedeniyle sebepsiz yere zenginleşenlere genel hükümlere göre başvurabilir. Bu dava, tazminat davasını karara bağlamış olan mahkemede görülür.

---

[11] İcra memurlarının sorumluluğu hakkında bkz. Pekcanıtez/Atalay/Sungurtekin Özkan/Özekes, s. 52 vd. İcra memurlarının sorumluluğunun gelişimine ilişkin genel bir değerlendirme için bkz. Alpaslan, İcra Teşkilâtı, s. 969 vd.

[12] Pekcanıtez/Atalay/Sungurtekin Özkan/Özekes, s. 53.

CİKT m. 7/6 hükmü uyarınca ise "*şikâyet ve diğer kanun yollarına*" başvurmayarak zararı engellemeye veya zararın miktarını azaltmaya yönelik işlem yapmayan veya borçlunun başkaca mal varlığını paraya çevirme imkânı bulunan tarafın açtığı tazminat davasında, bu hususlar zararın tespiti bakımından re'sen değerlendirilir.

Bu noktada kanaatimizce CİKT'de zamanaşımı süresi, zararın hesaplanmasına ilişkin detaylar ve sebepsiz zenginleşenlere açılabilecek davalar bakımından ayrı düzenlemeler yapılması yerine genel hükümlere yollama yapılması daha uygun olurdu. Yani bu hususların CİKT'de düzenlenmesi yerine maddî hukuka bırakılması daha uygun olabilirdi. TBK'ya yapılacak bir atıfla çözülebilecek meselelerin ayrıca düzenlenmesi başka bazı riskler de barındırmaktadır. Örneğin, gelecekte TBK ve CİK'ten biri değişirse düzenlemeler arasında (aynen hâlihazırda İİK m. 7/I hükmündeki zamanaşımı süresinde olduğu gibi) ikilik tehlikesi de ortaya çıkabilecektir.

Öte yandan CİKT m. 7/6 hükmünde esasa ilişkin ciddi tereddütler yaratabilecek bir kullanım da vardır. Mezkûr hükümdeki "*şikâyet ve diğer kanun yollarına*" ifadesi yerine "*şikâyete ve zararı engellemeye veya azaltmaya elverişli diğer hukukî çarelere*" gibi bir ifade kullanılması daha uygun olurdu. Zira şikâyet bir kanun yolu olmayıp[13], hükmün mevcut hâli çeşitli tereddütler yaratma riski taşımaktadır.

Zimmet, İİK'da olduğu gibi CİKT'de de özel olarak düzenlenmiş ve genel olarak İİK'daki sistem muhafaza edilmiştir. "*Paranın zimmete geçirilmesi ve rücu*" başlıklı CİKT m. 8 hükmünde; İİK m. 6 hükmünde yer alan "icra dairesi" şeklindeki kullanım; CİKT'deki genel kavramsal tercihe uygun olarak "icra ve iflâs dairesi" şeklinde belirtilmiş, tahsil edilen paraların CİKT'de belirtilen usûller çerçevesinde tahsil edilmiş olması gerekliliği açıkça belirtilmiştir. Zimmet hâlinde; İİK m. 7 hükmünde ödemenin "hazine" tarafından yapılacağı yönündeki düzenleme yerine, ödemenin Adalet Bakanlığı tarafından yapılacağı ve her hâlde ilgili görevliye bir yıl içerisinde rücu edilmesi gerekliliği açıkça hükme bağlanmıştır. İİK m. 6 hükmünde yer alan "cezai takibat" ibaresi ise "ceza soruşturması veya kovuşturması" şeklinde düzenlenmiştir.

II. MAHKEME TEŞKİLÂTINA İLİŞKİN DEĞİŞİKLİKLER

CİKT'de mahkeme teşkilâtına ilişkin olarak önemli değişiklikler öngörülmüştür[14]. Bu çerçevede; icra hukuk mahkemesi ve icra ceza mahkemesi ayrı mahkemeler şeklinde düzenlenmiş, ayrıca iflâs mahkemelerinin de kurulması öngörülmüştür.

CİKT m. 18/1 hükmü uyarınca iflâs mahkemeleri; iflâs yoluyla takip, iflâsın kaldırılması ve kapatılması da dahil olmak üzere iflâs ve konkordatodan kaynaklanan tüm talep, iş, şikâyet ve davalara bakmakla görevlidir. CİKT m.18/2 hükmü uyarınca iflâs mahkemeleri, CİKT ve diğer kanunlarla verilen görevleri yerine getirir. Uygulamada görevli mahkemenin tespitine ilişkin sorunlar, geçiş döneminde yaşanabilecek tereddütler ve potansiyel organizasyon sorunları nazara alındığında, yeni mahkemelerin kurulması yönündeki tercihin çeşitli sorunlar yaratması muhtemel görünmektedir.

İİK m. 18/3 hükmünde ise iflâs mahkemesi ile asliye ticaret mahkemesi ve diğer hukuk mahkemeleri arasındaki ilişkinin "görev" ilişkisi olduğu açıkça hükme bağlanmıştır. Bu husus açıkça düzenlenmeseydi de ulaşılması gereken neticenin aynı olması gerekmektedir.

CİKT m. 16 hükmünde, icra hukuk mahkemelerinde basit yargılama usûlünün "niteliğine uygun düştüğü ölçüde" uygulanacağı düzenlenmiştir. Oysa İİK m. 18 hükmünde ise bu yönde (yani basit yargılama usûlünün "niteliğine uygun düştüğü ölçüde" uygulanması hususunda) açık bir belirleme bulunmamaktaydı.

[13] Hakan Pekcanıtez/Cemil Simil, İcra-İflâs Hukukunda Şikâyet, 2. Bası, İstanbul 2017 s. 17-18 ve s. 27 vd.
[14] İİK'daki duruma ilişkin genel bir bakış için bkz. Alpaslan, İcra Teşkilâtı, s. 979 vd.

Gerçekten de bu hükümde icra mahkemesine arz edilen işlerde basit yargılama usûlünün uygulanacağı düzenlenmiş, "niteliğine uygun düştüğü ölçüde" şeklinde bir tercihe yer verilmemiştir.

CİKT m. 19 hükmü uyarınca icra hukuk, icra ceza ve iflâs mahkemelerinin kuruluş, görev, yetki, çalışma usûl ve esasları özel kanun hükümleriyle düzenlenir. Hükümde ifade edilen özel kanunun Teşkilât Kanunu olduğu açıkça gerekçede ifade edilmiştir. Mahkemelere ilişkin en temel hususların Teşkilât Kanunu Taslağı'nda düzenlenmesi karşısında, her iki kanunun aynı tarihte yürürlüğe girmesi (veya her hâlde Teşkilât Kanunu'nun CİKT'den daha sonraki bir tarihte yürürlüğe girmemesi) önemli bir zorunluluktur. Yine her iki taslağın beraber değerlendirilmesi imkânı ciddi bir gereklilik teşkil etmektedir.

SONUÇ

Cebrî İcra Kanunu Taslağı'nda icra teşkilâtı, genel olarak mevcut sistemde olduğu şekliyle muhafaza edilmiştir. Türk hukukunda zaman zaman incelenmiş ve tartışılmış olmakla birlikte, CİKT'de icra dairelerinin özerkleştirilmesi sistemi isabetle tercih edilmemiştir.

CİKT'de icra teşkilâtı ana hatlarıyla muhafaza edilmiş olmakla birlikte, teşkilâta ilişkin düzenlemelerin önemli bir kısmı İcra Mahkemeleri ve İflas Mahkemeleri ile İcra Teşkilatı Hakkında Kanun Taslağı'na bırakılmıştır. Ancak önemli bazı hususlarda Teşkilât Kanunu Taslağı'na atıf yapılırken, esasen Teşkilât Kanunu Taslağı'nda düzenlenmesi daha uygun olacak bazı hususlar ise CİKT'de varlığını korumuştur. Bu noktada yaklaşımın yeknesaklaştırılması ve teşkilâta ilişkin tüm hususların aynı mevzuatta düzenlenmesi daha uygun olacaktır. Öte yandan teşkilâta ilişkin hususlar ayrı bir Teşkilât Kanunu'nda düzenlenecekse, bu kanun taslağının da CİKT ile beraber tartışmaya açılması, her iki kanun taslağının birbirini tamamlayan niteliği nazara alındığında kanunlar arası uyumun temini bakımından daha uygun olabilecektir. Teşkilât Kanunu ile CİK arasında zamansal veya sistemsel bir uyumsuzluk ortaya çıkması durumunda, önemli sorunlarla karşılaşılabilecektir.

Genel olarak bakıldığında CİKT'de, kanun dili günümüz Türkçesine yaklaştırılmış, bazı hususlar tasrih edilmiş, bazı hususların düzenlenmesinden imtina edilmiş, bazı hususlar ise daha detaylı şekilde düzenlenmiştir. Yine bazı hususlar atıf yoluyla düzenlenebilecekken ayrıca tekrar edilerek düzenlenmiştir. Vurgulamak gerekir ki; CİKT'de yer alan ve teknik açıdan tereddüt yaratabilecek bazı kullanımlara ihtiyatla yaklaşılmalıdır. Örneğin CİKT m. 7/6 hükmünde yer alan "*şikâyet ve diğer kanun yollarına*" ifadesi yerine "*şikâyete ve zararı engellemeye veya azaltmaya elverişli diğer hukukî çarelere*" gibi bir ifade kullanılması, bir kanun yolu olmayan şikâyetin hukukî niteliğine ilişkin tereddütleri engelleyebilecektir.

CİKT uyarınca iflâs dairelerinin yetki çevresinin birden fazla ili kapsaması önemli bir değişiklik olup, iflâs sürecinde yapılacak işlemlerde gecikmelere ve organizasyon sorunlarına neden olma riski barındırmaktadır. İflâs dairelerinin yetki çevresinin birden fazla ili kapsaması, iflâs sürecinde yapılacak işlemlerde tereddütlere, gecikmelere, doğrudanlık ilkesinden uzaklaşılmasına ve istinabe kaynaklı sorunlara neden olabileceğinden, bu konuda CİKT'de tercih edilen sisteme çekinceyle yaklaşılması gerektiği kanaatindeyiz.

İİK'da bulunmamakla birlikte; HMK m. 36 hükmüne paralel şekilde icra ve iflâs dairesi görevlilerinin, tarafsızlığından kuşku duyulan bir sebep bulunursa işlem yapamayacakları kabul edilmiş; bu şekilde genel bir yasaklılık sebebi düzenlenmiştir. Bu düzenleme yeni ve önemli olup, ciddi etkiler yaratabilecektir.

Memnu işler (akit yapma yasağı) İİK'da tek hükümde düzenlenmişken, CİKT'de icra ve iflâs dairesi görevlileri bakımından ayrı bir hükümde, hâkimler bakımından ise birebir aynı şekilde ayrı bir hükümde düzenlenmiştir. Tek bir hükümde düzenlenebilecek olan ve İİK'da tek hükümde düzenlenen hususların, aynı içerikte olmasına rağmen iki ayrı hükümde düzenlenmesi tartışmaya açık bir tercihtir.

Cebrî İcra Kanunu Taslağı'nda icra ve iflâs görevlilerinin hukukî sorumluluğu İİK'ya nazaran daha geniş şekilde düzenlemiştir. Bu düzenleme ile hangi görevlilerin filleri nedeniyle tazminat davası açılabileceği, bu davanın davalısının kim olacağı, görevli mahkeme, tazminatın hesabı ve rücu meseleleri daha açık ve detaylı olarak düzenlenmiştir. Esasen TBK'ya yapılacak bir atıfla bu meselelerin önemli bir kısmının ayrı bir düzenlemeye gerek kalmaksızın çözülmesi de mümkündür. Özellikle CİKT'de zamanaşımı süresi, zararın hesaplanmasına ilişkin detaylar ve sebepsiz zenginleşenlere açılabilecek davalar bakımından ayrı düzenlemeler yapılması yerine genel hükümlere yollama yapılmasının daha uygun olacağı ve zaman içerisinde kanunlar arasında çelişkilerin ortaya çıkmasını da engelleyebileceği düşünülmektedir.

CİKT'de icra hukuk mahkemesi ve icra ceza mahkemesi ayrı mahkemeler olarak düzenlenmiş, ayrıca iflâs mahkemelerinin kurulması öngörülmüştür. Uygulamada görevli mahkemenin tespitine ilişkin sorunlar, geçiş döneminde yaşanabilecek tereddütler ve potansiyel organizasyon sorunları nazara alındığında, yeni mahkemelerin kurulması yönündeki tercihin çeşitli sorunlar yaratması muhtemel görünmektedir.

KAYNAKÇA

Alpaslan Mehmet Emin, Cumhuriyetimizin İlk Yüzyılında İcra Teşkilâtındaki Değişim ve Gelişmeler, Cumhuriyetin 100. Yılında Medenî Usûl ve İcra İflâs Hukukumuzun Gelişim ve Değişim Süreci (Ed. Hakan Pekcanıtez/Muhammet Özekes), İstanbul 2023, s. 959-995 (İcra Teşkilâtı).

Alpaslan Mehmet Emin, İcra Dairelerinin Özerkleştirilmesi: Fransız İcra Görevliliği Modeli, İstanbul 2018 (İcra Daireleri).

Ansay Sabri Şakir, İcra ve İflâs Kanunundaki Son Tadil Etrafında, Adliye Ceridesi 1940, Yıl: 31, S. 9, s. 839-855.

Arslan Ramazan/Yılmaz Ejder/Taşpınar Ayvaz Sema/Hanağası Emel, İcra ve İflâs Hukuku, 10. Baskı, Ankara 2024.

Atalı Murat/Ermenek İbrahim/Erdoğan Ersin, İcra ve İflâs Hukuku, 6. Baskı, Ankara 2022.

Belgesay Mustafa Reşit, İcra ve İflâs Hukuku, 1. Cilt : İcra, Kısım I-II, İstanbul 1945.

Berkin Necmeddin M., İcra Dairelerinin Faaliyetini Tanzim Eden Hükümler, İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası, Yıl: 1976, C. 42, S. 1-4, s. 201-232.

Çelikoğlu Cengiz Topel, Cebri İcra Organizasyon Reformu İhtiyacı, Prof. Dr. Necmettin M. Berkin'e Armağan, İstanbul 2021, s. 363-445.

Görgün L. Şanal/Börü Levent/Kodakoğlu Mehmet, İcra ve İflâs Hukuku, 3. Baskı, Ankara 2022.

Kuru Baki, İcra ve İflâs Kanunu Değişikliği Hakkında Düşünceler, Ankara 1962 (Düşünceler).

Kuru Baki, İcra ve İflâs Hukuku El Kitabı, 2. Baskı, Ankara 2013 (El Kitabı).

Özbek Mustafa Serdar, Avrupa Birliği ve Türk Hukukunda İlâmlı İcranın Etkinliği, 5. Baskı, Ankara 2022 (İcranın Etkinliği).

Özbek Mustafa, İcra ve İflâs Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Taslağıyla Getirilmek İstenen Değişikliklerin Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Yıl: 2008, C. 57, S. 3, s. 463-524 (Değerlendirme).

Özekes Muhammet, İcra Hukukunda Temel Haklar ve İlkeler, Ankara 2009 (Temel Haklar).

Özekes Muhammet, Türk İcra Hukukunun Sorunları ve Temel Haklar Bakımından Genel Değerlendirme, Doç. Dr. Halûk Konuralp'in Anısına Medenî Usûl ve İcra-İflâs Hukukçuları Toplantısı VIII: İlâmsız İcra, 24-25 Ekim 2008, Ankara 2009, s. 263-291 (İcra Hukukunun Sorunları).

Özekes Muhammet, Yeni Bir İcra Sistemi Önerisi, Prof. Dr. Bilge Umar'a Armağan, DEÜHFD, C. 11, Özel Sayı: 2009, s. 921-940 (İcra Sistemi).

Pekcanıtez Hakan, 4949 Sayılı Kanun'la İcra Hukukunda Yapılan Değişikliklerin Değerlendirilmesi, Makaleler, C. I, İstanbul 2016, s. 823-847 (Değerlendirme).

Pekcanıtez Hakan, İcra Hukukunda Yapılan Yeni Düzenlemeler, Makaleler, C. I, İstanbul 2016, s. 849-866 (Yeni Düzenlemeler).

Pekcanıtez Hakan/Akkan Mine, 7343 Sayılı Kanunla İcra ve İflâs Kanunu'nda Yapılan Değişikliklerin Zaman Bakımından Uygulanması, Makaleler, C. III, İstanbul 2023, s. 725-766.

Pekcanıtez Hakan/Atalay Oğuz/Sungurtekin Özkan Meral/Özekes Muhammet, İcra ve İflâs Hukuku Ders Kitabı, 12. Bası, İstanbul 2025.

Pekcanıtez Hakan/Erişir Evrim, 6352 Sayılı Kanunla İcra ve İflâs Kanunu'nda Yapılan Değişikliklerin Zaman İtibariyle Uygulanması, Makaleler, C. II, İstanbul 2016, s. 555-585.

Pekcanıtez Hakan/Simil Cemil, İcra-İflâs Hukukunda Şikâyet, 2. Bası, İstanbul 2017.

Postacıoğlu İlhan E., 538 Sayılı Kanunun İcra ve İflâs Kanununa Getirdiği Yenilikler, Makaleler ve Karar İncelemeleri, İstanbul 2011, s. 311-378.

Umar Bilge, İcra ve İflâs Hukukunun Tarihî Gelişmesi ve Genel Teorisi, İzmir 1973.

Üstündağ Saim, İcra Dairelerinin Reorganizasyonu ve Uygulamadaki Engellerin Ortadan Kaldırılması, Makaleler, İçtihat Tahlilleri ve Çeviriler, Ankara 2010, s. 295-304.

Yıldırım Mehmet Kâmil/Deren-Yıldırım Nevhis, İcra ve İflas Hukuku, 8. Baskı, İstanbul 2021.

Yılmaz Ejder, Dünden Bugüne İcra ve İflâs Kanunumuz, Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 3-4, Yıl 2003, s. 9-45.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

BATMAN İLİNDEKİ BİTKİ KORUMA ÜRÜNLERİ BAYİLERİNİN MESLEKİ KONULAR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ*

Süleyman SAVAŞÇI
Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma ABD
ORCID: 0009-0006-7277-2044

Selime ÖLMEZ BAYHAN
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ORCID: 0000-0002-2285-6518

* Bu çalışma, Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

ÖZET
Bu çalışma, Batman il merkezi ve Beşiri, Kozluk ilçelerinde faaliyet gösteren bitki koruma ürünleri bayilerinin mesleki durumlarını, çiftçilerle olan ilişkilerini ve resmi kurum kuruluşlarla yürüttükleri iş birliği süreçlerini değerlendirmek amacıyla 2025 yılında yüz yüze görüşülerek anket olarak yapılmıştır. Araştırmada, bitki koruma ürünleri bayilerin demografik bilgileri, mesleki eğitim teknik bilgi bilinç düzeyi ve deneyimleri, ruhsat ve denetim süreçlerine uyumları ile bitki koruma ürünlerinin satışında uyguladıkları teknik ilkeler incelenmiştir. Ayrıca bayilerin, üreticiye doğru ürün seçimi, doz belirleme, uygulama zamanı ve zararlı yönetimi gibi konularda sundukları teknik danışmanlık hizmetlerinin niteliği değerlendirilmiştir. Araştırmanın bulguları, Batman ilindeki bayilerin önemli bölümünün mevzuata genel olarak uyum sağladığını; ancak teknik danışmanlık hizmetlerinin tutarlılığı, kayıt düzeni ve ürün takibi gibi alanlarda geliştirme gereksinimlerinin bulunduğunu göstermektedir. Üreticilerle olan ilişkilerin çoğunlukla güven temelli olduğu; buna karşı bazı üreticilerin teknik bilgilendirme ve doğru yönlendirme konularında bayilere bağımlı olduğu belirlenmiştir. Resmi kurumlarla yürütülen ilişkilerin ise büyük ölçüde ruhsatlandırma, denetim ve eğitim faaliyetleri çevresinde şekillendiği; ancak bilgi paylaşımı ve ortak eğitim çalışmalarının sınırlı düzeyde olduğu görülmüştür. Sonuç olarak çalışma, bölgedeki bitki koruma ürünleri bayilerinin mesleki kapasitesinin artırılması için düzenli eğitim programlarının yaygınlaştırılması, denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi ve üretici-bayi-kurum işbirliğinin daha sistematik bir yapıya kavuşturulması gerektiğini önermektedir. Bu doğrultuda gelecek yıllarda bölgesel farkındalığın artırılması, dijital kayıt sistemlerinin yaygın kullanımı ve sürdürülebilir zararlı yönetimi uygulamalarının teşvik edilmesi, sektörün daha etkin ve güvenilir bir yapıya ulaşmasına katkı sağlayacaktır.
Anahtar Kelimeler: Zirai İlaç Bayi, Herbisit, İnsektisit, Fungusit, Batman

EVALUATION OF PLANT PROTECTION PRODUCTS DEALERS IN BATMAN PROVINCE IN TERMS OF PROFESSIONAL ISSUES

ABSTRACT
This study was conducted in 2025 through a face-to-face survey of plant protection product dealers operating in Batman province and the districts of Beşiri and Kozluk to assess their professional status, their relationships with farmers, and their collaboration with official institutions and organizations. The study examined the demographics of plant protection product dealers, their level of awareness and experience in vocational training and technical knowledge, their compliance with licensing and inspection processes, and the technical principles they apply in the sale of plant protection products.

The quality of the technical consulting services dealers provide to producers on issues such as correct product selection, dosage determination, application timing, and pest management was also evaluated. The findings of the study indicate that a significant portion of dealers in Batman province generally comply with legislation; however, there are areas requiring improvement in areas such as consistency of technical consulting services, record keeping, and product monitoring. Relationships with producers are largely based on trust; however, some producers are dependent on dealers for technical information and accurate guidance. Relations with official institutions are largely shaped by licensing, inspection, and training activities; however, knowledge sharing and joint training efforts are limited. In conclusion, the study recommends expanding regular training programs, strengthening inspection mechanisms, and establishing a more systematic structure for producer-dealer-institution collaboration to enhance the professional capacity of plant protection product dealers in the region. In this regard, raising regional awareness, widespread use of digital recording systems, and encouraging sustainable pest management practices in the coming years will contribute to a more effective and reliable structure for the sector.

Keywords: Pesticide Dealer, Herbicide, Insecticide, Fungicide, Batman

EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (XAI) FOR RELIABLE INTERNET OF THINGS

Dr. Sagaya Aurelia
Department of Computer Science, CHRIST University

ABSTRACT
Artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) are extensively used to enhance the precision and independence of various intelligent applications within the Internet of Things (IoT). In these IoT applications, the accuracy and performance of AI/ML models are primary concerns; however, the interpretability, transparency, and accountability of the models' decisions are frequently overlooked. Additionally, in next-generation IoT applications powered by AI/ML, there is a demand for systems that are more reliable, transparent, and explainable. Specifically, irrespective of the simplicity or complexity of decisions, the manner in which a decision is made, the factors influencing the decision, and how people or experts accept and interpret them are critical concerns. Moreover, individuals often view unclear or unexpected AI results with doubt, leading to decreased acceptance and spread of IoT applications. Thus, explainable AI (XAI) has surfaced as a hopeful research field that enables the transparency, comprehensibility, and interpretability of both ante-hoc and post-hoc processes of black-box models.
Keywords: XAI, IoT, AI/ML

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

DEVELOPMENT OF A HIGH-PERFORMANCE KNEE PROSTHESIS USING OPTIMIZED POLYMER–METAL COMBINATIONS

Mohammed AL-HABRI
Başkent University, Institute of Science and Engineering
ORCID: 0009-0007-7708-1039

Prof. Dr. Ulviye Bunyatova
Başkent University, Institute of Science and Engineering
ORCID: 0000-0002-2904-3587

ABSTRACT
TKA is among the most efficient surgeries in case of extreme degeneration of the knee due to osteoarthritis, rheumatoid arthritis and following the trauma [1-3]. Although the use of conventional CoCrMo-UHMWPE implants has proven clinically effective, wear, stress shielding, bone loss, and subsequent loosening of the implants are still significant setbacks [4-7]. This has promoted the creation of alternative biomaterials that can be used with better mechanical compatibility and long term stability [5,7].
In the present research, there was a suggested hybrid TKA design in which PEEK was used as the femur component, XLPE (HXLPE) tibia insert and Ti-6Al-4V titanium alloy tibia baseplate. PEEK has an elastic modulus that is more like that of cortical bone, which diminishes the concentration of stress and minimizes stress-shielding effects [14,18,20], and XLPE has a better wear resistance because of cross-linking improvements than traditional UHMWPE [6,13,17,21]. The earlier tribological studies have indicated that PEEK-on-HXLPE joints exhibit wear behavior that addresses the performance needs of orthopedic bearing surfaces in isolated test conditions [19]. A 3D model of this material combination was built using SolidWorks and examined with the help of Finite Element Analysis (FEA) together with physiological loading conditions as the representation of the daily activities. The stress distributions, contact pressure were studied at 0deg, 45deg and 90deg flexion angles, and the total deformation.
The initial findings show that the PEEK-XLPE setup can be used to work at safe levels of stress and at the same time have a uniform distribution of pressure under the applied physiological loads. These results indicate that the suggested design can potentially contribute to long-term functional performance and allows long-lasting functionality, with fewer chances of wear-related complications. Additional confirmation by tribological (ASTM F732) testing, fatigue, and long-term testing is suggested to aid in the future clinical applicability.
Keywords: TKA, PEEK, XLPE, Titanium Alloy, Wear, Stress Shielding, FEA.

1. Introduction
Total Knee Arthroplasty (TKA) has been listed as a trusted surgical solution to severe degenerative diseases of the knee joint including osteoarthritis, rheumatoid arthritis, and degeneration caused by trauma and was largely used since the first generations of knee implants were invented in the 1970s [1,2]. With time, the advancements of the implant geometry and surgical methods have resulted in improved patient satisfaction and functional outcome [3]. As the global life expectancy and the active population of older patients keeps growing, the need in durable knee prostheses that would allow long-termed biomechanical functioning increases [4,5].

Although the traditional implant systems have been clinically successful, there are still a host of complications which are yet to be addressed especially polyethylene wear, aseptic loosening, inflammatory response and bone resorption in the long run around the implant [6-9]. Conventional systems are mostly centered on cobalt-chromium-molybdenum (CoCrMo) of the femur and ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) of the tibia. Though UHMWPE has been successfully used over a period of decades, wear particles that were emitted on the surface can build up in the joint environment, resulting in osteolysis and the eventual implant loosening. Another disadvantage is caused by the large stiffness dissimilarity between metallic femur components and natural bone, which causes stress shielding with lowered load transfer into the bone and remodeling of the bone to resorption instead of maintenance [10,11]. It is these biomechanical shortcomings that drive on-going studies into a material that more closely resembles the native bone behavior as well as minimizes wear and extends the life of implants.

Over the last few years, much attention has been given to the optimization of polyethylene by cross-linking to form Highly Cross-Linked Polyethylene (XLPE/HXLPE) that is characterized by high wear resistance, low content of free-radicals and high mechanical integrity when compared with traditional UHMWPE [6,13,17,21]. tribological tests have substantiated that the volumetric wear is considerably reduced by crosslinking, such that XLPE is a prospective bearing material to the next generation tibia inserts [13,17]. In parallel with this breakthrough, there has been a more recent trend in interest to use lower elastic modulus polymers as a component of the femur more specifically polyether-ether-ketone (PEEK), which is a high-performance thermoplastic offering radiolucency, chemical stability, corrosion resistance, and an elastic modulus more closely matched to that of cortical bone, allowing a more physiological sharing of loads at the bone-implant interface [14-16]. Multiple computation studies and even experimental studies have found that PEEK-based femoral parts alleviate stress concentration and can potentially decrease stress shielding to enhance long-term bone retention and implant stability [18,20]. PEEK parties that are strengthened with carbon-fiber are even more mechanically strong and make PEEK a potential alternative when it comes to load-bearing structures of implants [15]. The tribological studies also propose that PEEK-on-HXLPE interfaces exhibit acceptable sliding behaviour and favourable surface stability when loaded in multi-direction with multi-directional loading conditions, indicating its compliance with the performance needed in knee prostheses as an articulating pair [19]. Titanium alloy (Ti-6Al-4V) is also one of the most common tibial baseplates because it has the ability to integrate with the bone and resistant to fatigue, which is why it is an ideal base material under polymer articulating components.

Despite extensive studies on polyethylene reinforcing and surface treatments of metallic implants, not much has been done on the application of PEEK femur component with XLPE tibia inserts in full knee prosthesis designs, especially in the presence of physiological relevant loading conditions. There is relatively little research that has assessed stress distribution, contact pressure, and deformation behavior of hybrid PEEK-XLPE systems through finite element analysis and the biomechanical validation needs to be done further to ascertain their mechanical feasibility at daily loads of activities [18,19,20]. This gives a definite research gap, particularly in the way this polymer-polymer articulation would respond to flexion degree related to walking, standing, up and down the stairs and deep bending.

According to these drawbacks of conventional systems and advances in polymer-based biomaterials, the current study will be an evaluation of a recently invented hybrid TKA model that comprises of PEEK as the femur, XLPE/HXLPE as the tibia, and Ti-6Al-4V as the tibia baseplate.

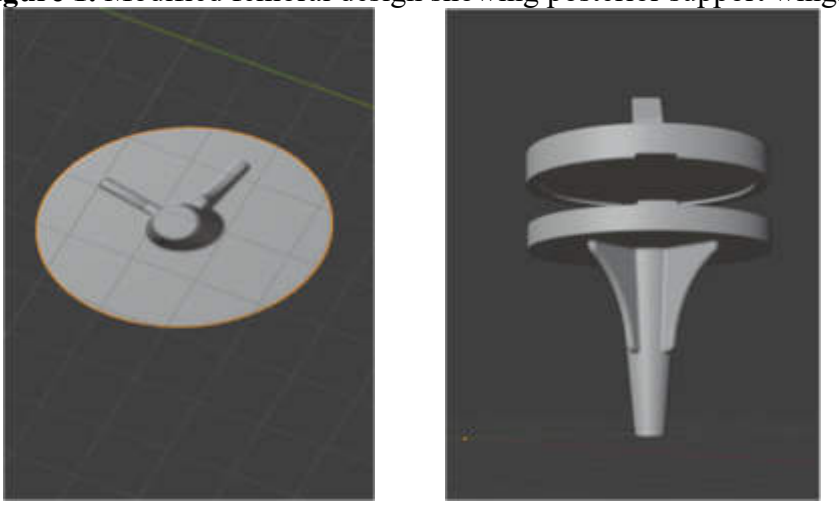
A 3D model of the prosthesis was made and simulated using finite elements under physiological loading conditions to determine the stress distribution, contact pressure and deformation behavior of the prosthesis at flexion angles of 0deg, 45deg and 90deg. The hypothesis of this project presupposes that a hybrid PEEK-XLPE-Ti system may retain stress values within safe physiological range and ensure homogenous distribution of loads which contributes to healthier interaction of the bone and also limits the impact of the wear. Provided that it is proved correct, this solution can help to create the next generation of total knee replacement that will not cause stress shielding, prolong the life of implants and improve the results of the surgical procedure in the patients with high mobility requirements.

2. Methodology

2.1 Structural Design Enhancements

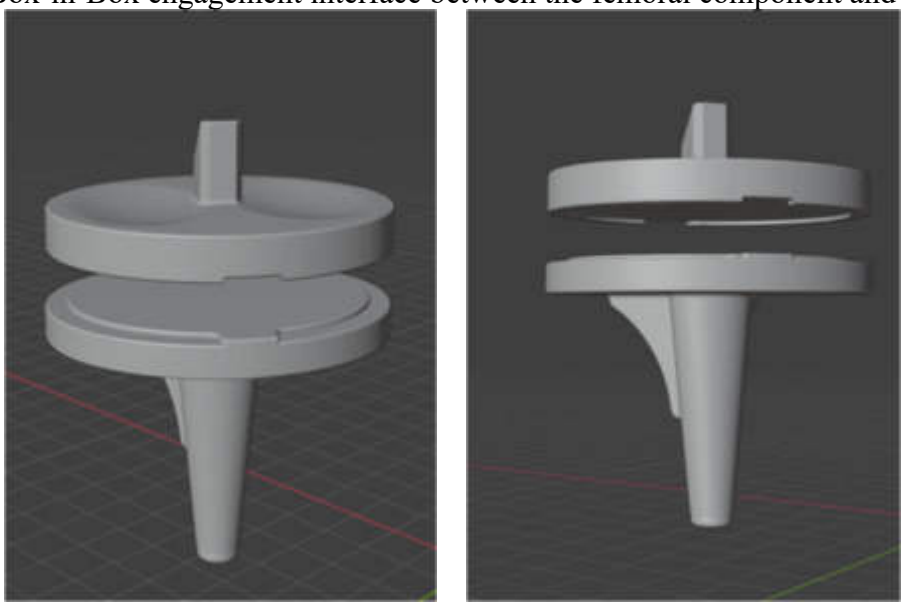
During the initial development phase a number of structural changes were made to increase stability of the mechanical properties of the prosthesis and improve compatibility to the physiological movement pathway of the knee joint. The femur component was improved with addition of the posterior support wings, which were put slightly behind the back to allow the femur roll back during high flexion, and remain in stable contact with the articulation when gliding into deep bending positions.

Figure 1. Modified femoral design showing posterior support wings



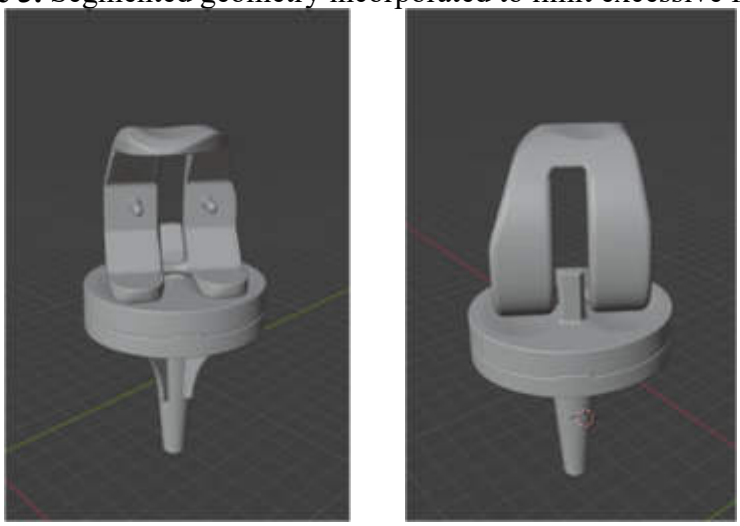
An integrated Box-in-Box articulation system was incorporated between the tibial insert and the femoral component to generate guided personalities, decreased uncontrolled anterior-posterior translation, and enhanced the ability to engage with the load.

Figure 2. Box-in-Box engagement interface between the femoral component and tibial insert



The prosthesis also incorporates a segment feature that restricts femoral motion beyond a predefined bending limit, preventing excessive flexion and ensuring controlled articulation within a safe range.

Figure 3. Segmented geometry incorporated to limit excessive flexion



2.2 3D Modeling and Parameter Definition

SolidWorks (2024) was used to design the entire prosthesis in the form of a 3-part assembly which included 3D printing of PEEK femur, XLPE tibial insert, and Ti-6Al-4 V metallic tibia baseplate. The design was contoured to depict a medium sized knee implant, which facilitates anatomical fit of an average adult knee. Dimensional considerations were made on proximal tibia morphometric measurements as described by Ucak et al. [22] along with clinically adopted geometry references and implant sizing logic as described by Persona(r) OsseoTi Keel Tibia by Zimmer Biomet [23]. Smoothing of curvature and articulation radii were kept to promote regulated rolling-sliding movement in flexion.

2.3 Material Definition in Simulation Environment

Material assignment was carried out directly from the SolidWorks Material Library, where PEEK was assigned to the femoral component, XLPE to the tibial insert, and Ti-6Al-4V alloy to the tibial baseplate. Using the built-in library ensured standard property allocation including elastic modulus, Poisson ratio, and density values suitable for finite element simulation.

2.4 Boundary Conditions and Contact Setup

The tibial baseplate was constrained using Fixed Support on the inferior surface, preventing translation and rotation in all degrees of freedom to simulate cemented fixation. The femoral component was restricted from lateral translation and undesired rotations while allowing displacement only along the load axis, mimicking joint compression during stance. A surface-to-surface frictional contact was defined between the PEEK femoral condyles and HXLPE tibial insert. To reflect lubrication effect similar to synovial articulation, a low friction coefficient 0.04 was used, considering the generally higher friction behavior reported in metal-on-metal pairs, which supports expected lower interaction forces in polymer-based bearings [24]. Contact formulation was set to augmented Lagrange to prevent penetration while allowing roll-slide motion.

2.5 Loading Scenarios and Flexion Angles

A 90 kg body mass was assumed for load application. The femoral component was rotated to each flexion angle (0°, 45°, 90°), followed by axial force application per activity state. Contact areas were measured for each configuration and used for load distribution in the simulation.

Table 1. Applied Loads and Contact Areas

Flexion Angle (°)	Contact Area (mm²)	Load (N)	Activity
0°	621.0	944.7 N	Standing / Neutral stance
45°	413.6	2,790.0 N	Stair ascent
45°	413.6	3,054.8 N	Stair descent
90°	500.0	1,986.5 N	Sitting down
90°	500.0	2,171.9 N	Rising from chair

These five loading cases were simulated independently to analyze mechanical performance during key daily activities. Stress, contact pressure, and total deformation (URES) values were extracted for each condition to evaluate mechanical safety and structural response of the PEEK-XLPE-Ti configuration.

2.6 Output Evaluation

Simulation output was evaluated for:
-Stress distribution within PEEK and XLPE components
- Contact pressure patterns across flexion stages
- Total deformation response under load
These parameters were used to determine whether the hybrid structure remains within safe stress limits and maintains uniform load transmission during bending.

Results

Five physiological loading cases were obtained based on a 90 kg subject at three flexion angles (0deg, 45deg, and 90deg) and analysed using the finite element analysis. Von Mises stress, contact pressure and total deformation (URES) were then extracted as a measure of the mechanical response of the PEEK-XLPE-Ti prosthesis in each of the activity scenarios. The results indicate the effects flexion angle and applied load has on the articulation behaviour and stress transfer between prosthetic components.

3.1 Von Mises Stress Distribution.

The Von Mises stress values rose in direct relation to the applied load as also influenced by the change in flexion angle.

Stress at 0deg extension was largely concentrated in the anterior part of the insert-femur interface, which evidence direct axial loading.

At 45deg, the load was displaced, moving posteriorly with the rollback of the femur and this made the patch of stress localized.

When flexion occurred to 90 deg, the stress shifted even more posterior and was spread on a smaller contact area.

Table 2. gives peak stress values of each case.

Flexion Angle (°)	**Activity Condition**	**Applied Load (N)**	**Von Mises Stress (MPa)**
0°	**Standing**	944.7	**27.42**
45°	**Stair Ascent**	2790.0	**102.4**
45°	**Stair Descent**	3054.8	**114.2**
90°	**Sitting**	1986.5	**75.22**
90°	**Stand-Up**	2171.9	**100.3**

3.2 Total Deformation (URES)

The total deformation changed with flexion and loading.

At 0deg extension, deformation was the lowest and reflected stable axial contact.

At 45deg, deformation increased and reached the highest value among all cases.

When flexion progressed to 90deg, deformation reduced again and remained moderate.

Table 4 presents deformation peaks for each loading condition.

Table 3. Total Deformation (URES) Under Different Flexion Angles and Loads

Flexion Angle (°)	**Activity Condition**	**Applied Load (N)**	**URES (mm)**
0°	**Standing**	**944.7**	0.01246
45°	**Stair Ascent**	**2790.0**	0.09783
45°	**Stair Descent**	**3054.8**	0.08772
90°	**Sitting**	**1986.5**	0.02354
90°	**Stand-Up**	**2171.9**	0.03187

3.2 Contact Pressure Results

Contact pressure followed the same pattern as stress behavior.
At 0deg, pressure was at its lowest due to a wider bearing surface.
At 45deg, pressure increased sharply and reached the maximum during stair-descent.
At 90deg, contact pressure decreased again and remained between the two extremes.
Table 4 provides peak pressure values for all activities.

Table 4. Contact Pressure Results Under Different Activity Loads

Flexion Angle (°)	Activity Condition	Applied Load (N)	Contact Pressure (Mpa)
0°	**Standing**	**944.7**	1.13
45°	**Stair Ascent**	**2790.0**	4.066
45°	**Stair Descent**	**3054.8**	4.501
90°	**Sitting**	**1986.5**	2.523
90°	**Stand-Up**	**2171.9**	3.346

4. Discussion and Conclusion

The finite element simulations have shown the outcomes obtained through the suggested PEEK-XLPE-Ti knee prosthesis design can endure the physiological loading conditions during routine functional activities. The relationship between flexion angle, contact area and applied force was found to be quite clear with a direct impact on stress distribution, contact pressure, and deformation behavior.

4.1 Interpretation of Von Mises Stress

The load magnitude on which von Mises tended to increase was noticeable across all flexion conditions. When neutral standing was done at 0deg, the lowest stress values were recorded and stair-descent at 45deg was seen to be the highest peak stresses which is in a high-demand biomechanical position in which the load distribution shifts back and contact area gets smaller. Nevertheless, the reported stress levels were lower than the yield strength range of PEEK, which points to the structural safety of the femoral component of the functional loads [25].

4.2 Interpretation of Contact Pressure

The trends of contact pressure were the indication of an activity-dependent behavior. Stair loading at 45 degrees produced the maximum pressures because less surface of contact was involved under mid flexion. Nevertheless, no pressure surpassed established tolerance thresholds in XLPE tibial inserts in knee arthroplasty and this was evidence that the insert would be suitable in long-term knee articulation [26]. Pressure was decreased significantly at 90deg, which suggests that deep flexion changes the contact footprint and re-distributes load more efficiently.

4.3 Total Deformation (URES) Response

Deformation values were highest during 45deg full extension under axial loading and lowest at 0deg, where posterior contact increases stability. All deformation magnitudes remained within the acceptable elastic response range of polymeric implant materials, without signs of mechanical failure risk. The hybrid construct functioned within the safe deformation tolerance, supporting the feasibility of PEEK and XLPE as load-bearing surfaces under physiological motion envelopes [26].

4.4 Mechanical Insight and Material Performance

The combined behavior of the prosthesis indicates that the PEEK femoral component effectively controls stress transfer due to its lower elastic modulus relative to CoCr alloys, reducing stress shielding and improving bone-load matching. PEEK has been documented as a biocompatible load-bearing polymer with sufficient tensile and fatigue resistance for orthopedic applications [25]. The use of XLPE further enhances wear performance under sliding and rolling contact, providing stability at the articulating surface [26].

Titanium (Ti-6Al-4V) used for the tibial baseplate offers excellent fatigue strength, corrosion resistance, and long-term osseointegration, making it a clinically established foundation material in joint arthroplasty [27].

4.5 Conclusion

This paper was able to assess the mechanical characteristics of a redesigned total knee prosthesis with a PEEK femur component, XLPE tibial insert and titanium baseplate. The final results of the finite element analysis have indicated that the proposed design is able to handle the physiological loads during everyday activities and that the stresses, pressures, and values of deformation were kept within safe levels that have been reported in the use of orthopedic-grade polymers and titanium alloys.

[10-12]. In spite of stair descent causing the greatest mechanical demand at 45deg, the system showed a saturated response without reaching material safety limits.

The next generation of work should be directed at experimental wear validation and fatigue life simulation, multidirectional tribology as per ASTM F732 standards. A potential of this hybrid polymer-metal knee implant system will be further elaborated through long term biological and mechanical assessment coupled with patient morphological fit.

Reference

1. Insall, J. N., Ranawat, C. S., Aglietti, P., & Shine, J. (1976). *A comparison of four models of total knee-replacement prostheses.* Journal of Bone and Joint Surgery, 58(6), 754–765.

2. Ranawat, C. S., Flynn, W. F., Saddler, S., Hansraj, K. K., & Maynard, M. J. (1984). *Long-term results of the total condylar knee arthroplasty.* Clinical Orthopaedics and Related Research, 185, 93–100.

3. Bourne, R. B., Chesworth, B. M., Davis, A. M., Mahomed, N. N., & Charron, K. D. (2010). *Patient satisfaction after total knee arthroplasty.* Clinical Orthopaedics and Related Research, 468(1), 57–63.

4. Kurtz, S., Ong, K., Lau, E., Mowat, F., & Halpern, M. (2007). *Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty.* Journal of Bone and Joint Surgery, 89(4), 780–785.

5. Sharma, S., Patel, R., & Gupta, P. (2022). *Global trends and future directions in total knee arthroplasty: An epidemiological perspective.* Clinical Orthopaedics and Related Research, 480(8), 1605–1614.

6. Kurtz, S. M., Muratoglu, O. K., Evans, M., & Edidin, A. A. (1999). *Advances in the processing, sterilization, and crosslinking of ultra-high molecular weight polyethylene for total joint arthroplasty.* Biomaterials, 20(18), 1659–1688.

7. Abdel, M. P., Berry, D. J., & Hanssen, A. D. (2023). *Long-term outcomes and complications in total knee arthroplasty: A review of current challenges.* Journal of Arthroplasty, 38(5), 1091–1103.

8. Yan, C., Yang, L., & Chen, D. (2021). *Metal ion release and biological response in total knee arthroplasty: A systematic review.* Journal of Orthopaedic Research, 39(12), 2570–2581.

9. Willert, H. G., & Semlitsch, M. (1977). *Reactions of the articular capsule to wear products of artificial joint prostheses.* Journal of Biomedical Materials Research, 11(2), 157–164.

10. Huiskes, R., Weinans, H., & van Rietbergen, B. (1992). *The relationship between stress shielding and bone resorption around total hip stems and the effects of flexible materials.* Clinical Orthopaedics and Related Research, 274, 124–134.

11. Huiskes, R., Chao, E. Y., & Mori, S. (1987). *Mechanical considerations in bone remodeling and the maintenance of bone mass.* Clinical Orthopaedics and Related Research, 217, 292–302.

12. Zhang, Y., He, W., & Zhou, J. (2020). *Finite element evaluation of stress shielding and bone remodeling in knee implants.* Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 23(8), 439–451.

13. Singh, R., Bhatnagar, N., & Kumar, R. (2021). *Tribological behavior of highly cross-linked polyethylene in joint arthroplasty: A comprehensive review.* Wear, 476, 203699.

14. Chen, X., Li, Y., & Zhang, P. (2022). *PEEK as a promising alternative material in orthopedic implants: A review of recent advances.* Materials Science and Engineering: C, 137, 112311.

15. Li, C., Zhao, Y., & Zhang, H. (2023). *Mechanical and biological evaluation of carbon fiber reinforced PEEK composites for orthopedic applications.* Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 150, 106011.

16. Evans, N. T., Dargusch, M. S., & Bermingham, M. J. (2021). *Surface modification strategies for PEEK in orthopedic applications.* Biomaterials Science, 9(4), 1208–1223.

17. McKellop, H., Shen, F. W., Lu, B., Campbell, P., & Salovey, R. (1999). *Development of an extremely wear-resistant ultra high molecular weight polyethylene for total hip replacements.* Journal of Orthopaedic Research, 17(2), 157–167.

18. Ceddia, M., et al. (2025). *Evaluation of the stress-shielding effect of a PEEK knee prosthesis.* Bioengineering, 5(3), 24.

19. Baykal, D., Siskey, R. S., Underwood, R. J., & Kurtz, S. M. (2016). *The biotribology of PEEK-on-HXLPE bearings is comparable to traditional bearings.* Clinical Orthopaedics and Related Research, 474(11), 2384–2393.

20. De Ruiter, L., Rankin, K., Browne, M., Briscoe, A., Janssen, D., & Verdonschot, N. (2021). Decreased stress shielding with a PEEK femoral total knee prosthesis measured in validated computational models. Journal of Biomechanics, 118, 110270.

21. Yu, B.-F., Yang, G.-J., Wang, W.-L., Zhang, L., & Lin, X.-P. (2016). *Cross-linked versus conventional polyethylene for total knee arthroplasty: A meta-analysis.* Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 11, Article 140.

22.Uçak, M., Sevindik, B., Pirinç, B., & Fazlıoğulları, Z. (2025). *The Morphometrical Characteristics of the Proximal Tibia in the Anatolian Population.* Bakırköy Medical Journal.

23. Zimmer Biomet. (2024). *Persona® OsseoTi Keel Tibia – Design Rationale.*

24. Scholes, S. C., & Unsworth, A. (2000). The wear of metal-on-metal bearings in hip prostheses measured in a hip simulator. *Wear, 241*(2), 220–226.

25. Invibio Biomaterials. PEEK-OPTIMA™ Polymer Datasheet, 2020.

26. Abdelgaied, A., Liu, F., Brockett, C. L., et al. (2018). Comparison of PEEK and UHMWPE knee implant materials under physiological loading conditions. Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 80, 1–11.

27. Davis, J. R. (2000). ASM Specialty Handbook: Titanium and Titanium Alloys. ASM International.

TUNABLE COMPACT METAMATERIAL-BASED RESONATOR FOR 6G THZ WIRELESS APPLICATIONS

P C Praveen Kumar
Department of ECE, G.Pulla Reddy Engineering College

B.Koushik Sai
Department of ECE, G.Pulla Reddy Engineering College

Gorrepati Charan Kumar
Department of ECE, G.Pulla Reddy Engineering College

Abstract
This work presents the design and simulation of a compact, tunable metamaterial (MTM) unit cell tailored for future 6G terahertz (THz) wireless communication systems. Using Ansys HFSS 2024 R2, the MTM was analyzed across the 100–300 GHz frequency range. The simulated reflection coefficient (S11) exhibits a minimum of −0.8876 dB at 116 GHz, indicating favorable impedance matching and partial wave absorption. The structure comprises dual star-shaped splitring resonators (SRRs) connected by a central slotted-strip line, enabling frequency tuning by adjusting the slot length. Constructed on a polyimide substrate with a compact footprint of 160 × 160 μm², the MTM achieves dual-band operation. It demonstrates negative permittivity, near-zero permeability, and double-negative (DNG) refractive index characteristics along both Y- and Z-axes. Equivalent circuit modeling in ADS validates the electromagnetic behavior, showing strong agreement with full-wave simulations. The design is highly suitable for THz device miniaturization and supports enhanced gain and directivity in antenna arrays. The LC resonance behavior, caused by inductive and capacitive elements in the geometry, governs its tunable response. The structure's electromagnetic features enable efficient wave control, making it a strong candidate for smart surfaces and MIMO arrays. Its moderate reflection and low-loss response further reinforce its potential in THz applications. The MTM's reconfigurable nature offers adaptability for future 6G requirements. Thus, the proposed unit cell serves as a foundational element for next-generation wireless devices.
Keywords: THz, metamaterial, DNG, ENG, MNG, wireless communication, 6G

THz MIMO RECONFIGURABLE ANTENNA WITH A MULTI PORT INPUT

P C Praveen Kumar
Department of ECE, G.Pulla Reddy Engineering College

N K Deekshith
Department of ECE, G.Pulla Reddy Engineering College

Pappaka Ganesh
Department of ECE, G.Pulla Reddy Engineering College

ABSTRACT

This research introduces a novel terahertz (THz) frequency Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) reconfigurable antenna designed for high-performance wireless communication systems. The antenna operates at an ultra-high frequency of 9000 GHz (9 THz) and features a multi-input architecture to support enhanced spatial diversity, data throughput, and system reconfigurability. The compact antenna structure is built on a substrate with a relative permittivity (εr) of 4.4 and a thickness of 1.5 µm, tailored for high-frequency miniaturized systems.

The proposed design exhibits a square patch geometry with dimensions of 41 µm × 41 µm, fed by a microstrip feed line of width 5 µm and length 15 µm. The overall substrate and ground plane dimensions are 61 µm × 122 µm, ensuring compactness and ease of integration into chip-scale platforms.

Performance metrics demonstrate the antenna's high efficiency and directional properties. It achieves a peak gain of 1.59 dBi, a peak directivity of 4.43, and a radiation efficiency of 35.9%. The front-to-back ratio of 107 signifies strong directivity with minimal backward radiation. Key system-level parameters such as total efficiency (22.4%), realized gain (0.99 dBi), and system gain (0.99) confirm the antenna's suitability for high-frequency applications. Electromagnetic field simulations reveal stable radiation patterns in both 2D and 3D, with a maximum electric field magnitude of 7.72 V at (352°, 88°). The antenna exhibits strong performance across different polarization states including left-hand circular polarization (LHCP: 6.34 V), right-hand circular polarization (RHCP: 5.43 V), and dominant Ludwig-3 modes, indicating its reconfigurability and suitability for polarization-diverse communication. The return loss (S11) and VSWR plots validate impedance matching at the operational frequency, essential for optimal power transfer. This, combined with the antenna's compact footprint and efficient radiation characteristics, makes it an excellent candidate for next-generation THz MIMO systems, including applications in terahertz imaging, high-speed data transmission, and wireless sensing.

Keywords: Sub-THz frequencies, rectangular plots, 3d polar plots, substrate, radiation pattern.

5G ANTENNA GAIN ENHANCEMENT USING A NOVEL METASURFACE

P C Praveen Kumar
Department of ECE, G.Pulla Reddy Engineering College

B.Uday Kumar Reddy
Department of ECE, G.Pulla Reddy Engineering College

Gandla Roopeshwar
Department of ECE, G.Pulla Reddy Engineering College

Abstract
This paper presents a Sub-6 GHz microstrip patch antenna (MPA) with enhanced gain using a metamaterial (MTM) superstrate. The source MPA operates at 4.8 GHz and achieves a peak gain of 5.3 dBi at the resonance frequency. A window-shaped unit cell exhibiting Epsilon-Near-Zero (ENZ) and Mu-Very-Large (MVL) properties near 4.8 GHz is designed using the wave propagation technique. The unit cell features a fourfold symmetric geometry, making it polarization independent. A 4×4 MTM slab is placed as a superstrate 0.208λ_o above the MPA, where λ_o is the free-space wavelength at 4.8 GHz. This configuration improves impedance matching and boosts gain. Both simulation and experimental results demonstrate a peak gain of 7.68 dBi and an impedance bandwidth of 0.22 GHz. The compact antenna measures 75×60×15 mm³ and operates effectively in the Sub-6 GHz band, making it suitable for 5G applications.
Keywords: Sub-THz frequencies, rectangular plots, 3d polar plots, substrate, radiation pattern.

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

ANALYTICAL STUDY OF WAVE-CURRENT INTERACTION WITH DOUBLE RECTANGULAR TRENCHES

H. MABCHOUR
Engineering and Materials Laboratory (LIMAT), Ben M'Sick Faculty of Science, Hassan II University

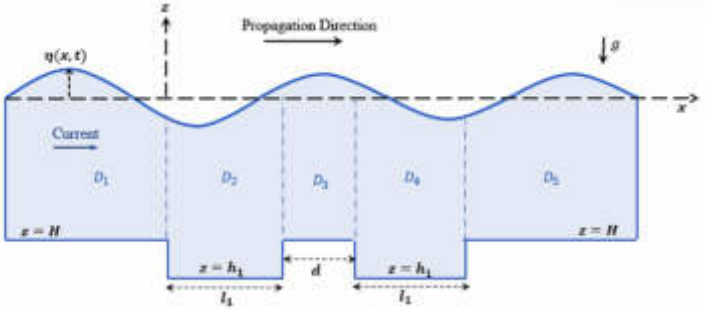
H. AKARNI
Engineering and Materials Laboratory (LIMAT), Ben M'Sick Faculty of Science, Hassan II University

A. AKOUIBAA
Engineering and Materials Laboratory (LIMAT), Ben M'Sick Faculty of Science, Hassan II University

L. EL AARABI
Engineering and Materials Laboratory (LIMAT), Ben M'Sick Faculty of Science, Hassan II University

S. MORDANE
Engineering and Materials Laboratory (LIMAT), Ben M'Sick Faculty of Science, Hassan II University

Abstract
Ocean surface waves are influenced by various physical phenomena, leading to the formation of gravity waves that propagate uniformly from offshore to coastal areas. The interaction between these waves and submerged structures poses significant challenges in ocean engineering and naval architecture. Over the past few decades, extensive research has been conducted using analytical, numerical, and experimental approaches to elucidate the mechanisms of wave attenuation and dissipation.
This study presents an analytical investigation of wave interaction with double submerged trenches under the influence of a uniform current, either co-directional or counter-directional to the incident wave propagation. The primary objective is to examine the impact of the current and geometric parameters on the reflection coefficient. The wave dynamics are analyzed within the framework of potential theory, and the submerged structures comprise two rectangular trenches positioned at the bottom of a wave flume, spaced apart. The analytical model employed is based on the plane wave approximation, and the approach is validated through comparison with experimental results.
Keywords: Wave, submerged structures, current, plane wave, reflection coefficient.
Graphical abstract



LEVERAGING AI-ENHANCED MOBILE TOOLS FOR INCLUSIVE CAREER COUNSELING: A NOVEL APPROACH TO COLOR VISION ASSESSMENT IN VIETNAMESE HIGH SCHOOLS

Dr. Phan Thi Yen
University of Foreign Languages Studies, The University of Danang
ORCID: 0000-0003-4966-0352

Abstract
Color vision deficiency (CVD) poses unique challenges for high school students, particularly in subjects requiring color discrimination and in making informed career choices. Traditional assessment methods, such as the Ishihara test, often lack scalability, personalization, and integration with educational counseling services.
This study introduces an innovative mobile application that combines digitized Ishihara testing with artificial intelligence (AI) to evaluate the severity of CVD and provide tailored career guidance. A field study involving 527 high school students in Da Nang, Vietnam, was conducted to assess the app's usability and effectiveness. Findings reveal that the AI-powered platform offers more precise diagnostic outcomes and generates personalized vocational suggestions aligned with the visual abilities and interests of students.
Feedback from both students and educators underscores the app's potential as a comprehensive solution that enhances inclusivity in both health screening and career planning. The integration of AI into this dual-purpose tool demonstrates promising implications for educational equity and digital transformation in counseling practices.
Keywords: Artificial Intelligence, Inclusive Education, Color Vision Assessment, Career Counseling, Vietnamese High School Students

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

AI-POWERED OPTIMIZATION OF MPPT ALGORITHMS FOR ENHANCED SOLAR PV SYSTEM PERFORMANCE

Muhammad Mateen Afzal Awan
School of Electrical Engineering, Minhaj University Lahore

Abstract
The efficiency of solar photovoltaic (PV) systems is critically dependent on the performance of Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithms. This research presents an AI-driven approach to optimize MPPT algorithms using nature-inspired optimization techniques, including the Enhanced Flower Pollination Algorithm (EFPA) integrated with a neural network-based predictor. The model is validated under dynamic environmental conditions, simulating rapid irradiance and temperature fluctuations. Simulation results and experimental validation reveal significant improvements in tracking speed, convergence time, and overall energy yield compared to conventional perturb and observe (P&O) and incremental conductance (InC) methods. This study demonstrates the potential of hybrid AI-optimization frameworks for advancing real-time power extraction in smart solar PV systems.
Keywords: MPPT, solar photovoltaic, artificial intelligence, optimization algorithms, Flower Pollination Algorithm, energy harvesting, smart grid

5th INTERNATIONAL CANKAYA SCIENTIFIC STUDIES CONGRESS
December 08-09, 2025 / Ankara-TÜRKİYE
WEB: https://www.izdas.org/cankaya
E-MAIL: bilgi@ankarakongresi.org

EXPLORING ORGANIC PHOTOVOLTAIC MATERIALS USING AI FOR SUSTAINABLE SOLAR ENERGY CONVERSION

Muhammad Mateen Afzal Awan
School of Electrical Engineering, Minhaj University Lahore

Abstract
Organic photovoltaic (OPV) materials are gaining attention due to their flexibility, lightweight nature, and potential for low-cost manufacturing. However, their commercial viability is limited by relatively lower efficiencies and stability concerns. This study employs machine learning (ML) models to predict the optoelectronic properties of novel donor-acceptor polymers and small molecules for OPVs. A database of experimentally reported materials is used to train supervised ML algorithms, including random forest and deep neural networks, to forecast energy levels, band gaps, and power conversion efficiencies. The results show promising accuracy in identifying high-efficiency candidates, thereby accelerating the design of next-generation OPV materials. This AI-assisted material discovery approach provides a pathway toward scalable and sustainable solar energy solutions.
Keywords: organic photovoltaics, machine learning, materials informatics, solar energy, donor-acceptor polymers, band gap prediction, sustainable energy

PERFORMANCE OF TIMING CONTROLS RANGE, DETECTION AND PULSE REPETITION INTERVAL IN RADAR

Associate Professor J.Salai Thillai Thilagam
Dept. of Electronics and Communication Engineering, G.Pulla Reddy Engineering College (Autonomous)

Associate Professor D.V.Sri Hari Babu
Dept. of Electronics and Communication Engineering, G.Pulla Reddy Engineering College (Autonomous)

Associate Professor P.C.Praveen Kumar
Dept. of Electronics and Communication Engineering, G.Pulla Reddy Engineering College (Autonomous)

Professor T.R.Ganesh Babu
Dept. of Electronics and Communication Engineering, Muthayammal Engineering College (Autonomous)

Abstract
The performance of timing controls, including range, detection, and pulse repetition interval (PRI) in radar systems, plays a critical role in determining the efficacy of radar detection, tracking, and overall operational performance. This paper examines the impact of these three key timing parameters on the radar's ability to accurately measure distance, detect targets, and avoid ambiguity in target identification. The range control dictates the maximum distance over which a radar can reliably detect objects, with performance being influenced by factors such as transmitted power, antenna design, and signal processing techniques. Detection capabilities are heavily dependent on the signal-to-noise ratio (SNR), and timing controls contribute to optimizing the radar's sensitivity and resolution. The pulse repetition interval (PRI) is a crucial factor in preventing range ambiguities and ensuring that the radar can distinguish between multiple targets at varying distances. By analyzing various configurations of PRI, the study explores how different settings influence radar system performance, particularly in terms of target resolution, detection threshold, and the ability to manage multiple echoes from diverse sources. Through a series of simulations and experimental tests, the paper provides insights into optimizing these timing parameters to enhance radar system capabilities, with applications spanning from military and aerospace to automotive and meteorological radar systems. Ultimately, the results highlight the balance required between timing controls to ensure robust radar functionality in dynamic environments.
Keyword: Radar, PRI, Performance, Range, Detection

İKSAD ENSTİTÜSÜ
Çankaya – Ankara
06-146-071

Konu : Kongre Düzenlenmesi 5 Ağustos 2025
Sayı : BSE-2

İLGİLİ KURUMA

İçişileri Bakanlığı tarafından tahsis edilen 06-146-071 tescil kodu ile Tüzel Kişiliğe sahip olan İKSAD Enstitüsü 5253 sayılı kanuna uygun olarak "Bilimsel araştırmalar ve akademik çalışmalar" alanında ulusal ve uluslararası düzeyde faaliyetlerini yürütmektedir.

Kurumumuzun Yönetim Kurulu 15 Ocak 2024 tarihinde saat 10.30'da "Bilimsel Diplomasi Projesi" görüşmeleri ile "Bilimsel Kongreler Düzenlenmesi" gündemleri ile toplanmış ve alınan (2 numaralı) karara istinaden aşağıda detayları yazılı olan bilimsel etkinliğin düzenlenmesine ve etkinliğe ilişkin resmi görevlendirme konusunda karar vermiştir.

Bilgi ve gereğini rica ederim

Dr. Mustafa Latif EMEK
Yönetim Kurulu Adına

Etkinlik Adı:
5. Uluslararası Çankaya Bilimsel Çalışmalar Kongresi
Etkinlik Tarihi ve Yeri: 08-09 Aralık 2025, Ankara

DÜZENLEME KURULU
Prof. Dr. Salih ÖZTÜRK- Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Prof. Dr. Ebülfet PELENGOV - Azerbaijan State Pedagogical University
Doç. Dr. Hüseyin ERİŞ- Harran Üniversitesi
Doç. Dr. Ayşe ERKMEN- Gaziantep Üniversitesi
Doç. Dr. Hacer KAYA- Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Hakan ÇETİNER- Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Tülin KARTAL GÜNGÖR- Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Doç. Dr. Ethem İlhan ŞAHİN -Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Dr. Mehriban EMEK - Adıyaman Üniversitesi
Dr. Serkan GÜN- Siirt Üniversitesi

Etkinlik linki: https://www.izdas.org/cankaya

REF : Akademik Teşvik 25/12/2025

İLGİLİ MAKAMA

5. Uluslararası Çankaya Bilimsel Çalışmalar Kongresi 08-09 Aralık 2025 tarihleri arasında Ankara / Türkiye'de 24 farklı ülkenin (Türkiye-112, Diğer Ülkelerden-123) akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir. Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir,
Saygılarımla

Prof. Dr. Salih ÖZTÜRK
Head of Conference / Kongre Başkanı

