ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

MOGAN GÖLÜ (ANKARA, TÜRKİYE)'NÜ BESLEYEN DERELERİN KİRLİLİK DURUMUNUN BELİRLENMESİ

Dijar LATİFİ

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

MOGAN GÖLÜ (ANKARA, TÜRKİYE)'NÜ BESLEYEN DERELERİN KİRLİLİK DURUMUNUN BELİRLENMESİ

Dijar LATİFİ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Serap PULATSÜ

Bu araştırmada, Mogan Gölü'nü besleyen Başpınar, Gölcük, Sukesen, Yavrucak Derelerinin; a) bazı fiziko-kimyasal parametrelerine (su sıcaklığı, pH, çözünmüş oksijen (ÇO), askıda katı madde (AKM), toplam azot (TA), toplam fosfor (TF), toplam organik karbon (TOK)) ve ağır metal (Cd, As, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg, Cr) konsantrasyonlarına ilişkin güncel verilerin elde edilmesi, b) Su kalite parametrelerine göre dere sularının su kalite sınıflarının belirlenmesi, c) Su kalite parametreleri ile ağır metal düzeylerinde, kirletici kaynakların rolünün değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, derelerden Aralık-2022, Şubat-2023, Nisan-2023 döneminde örnekleme yapılmıştır. Bulgulara göre; a) Her bir derenin üç aya ilişkin ortalama değerlerine göre sıralama; AKM ve TOK için: Gölcük > Başpınar> Sukesen > Yavrucak; TN için: Başpınar>Gölcük>Sukesen>Yavrucak; TP için: Gölcük>Sukesen> Başpınar >Yavrucak olarak belirlenmiştir. Ağır metal düzeyleri açısından dereler; Başpınar>Sukesen>Gölcük>Yavrucak olarak sıralanmıştır, b) ÇO değerlerine göre Sukesen ve Yavrucak Dereleri, pH ve TF açısından ise tüm dere suları sırasıyla I. ve III. Sınıf su kalitesine sahiptir, c) Başpınar ve Sukesen Deresi TF - TOK düzeylerine yerleşim yerleri - tarımsal aktivitelerden ulaşan atık suların, Gölcük ve Yavrucak Dere'lerinin ÇO, TN ve AKM düzeylerine ise, tarımsal faaliyet kaynaklı atık suların katkısı önemli bulunmuştur. Bu bağlamda, dört dereye ilişkin TF, TA ve TOK değerlerinin izlenmesi, gerek derelerin su kalitesini korumak gerekse Mogan Gölü'nün ötrofikasyonundaki katkılarını kontrol etmek açısından önem taşımaktadır. Ayrıca havzadaki antropojenik faaliyetlerin süregelmesi ve Mogan Gölü'nün sürdürülebilirliği açısından uzun-dönemli ağır metal izleme çalışmaları önem arzetmektedir.

Ekim 2024, 66 sayfa

Anahtar Kelimeler: Su kalite parametreleri, besin elementleri, askıda katı maddeler, dereler, Mogan Gölü

ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMINATION OF POLLUTION STATUS OF CREEKS FEEDING LAKE MOGAN (Ankara, Türkiye)

Dijar LATİFİ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Fisheries and Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Serap PULATSÜ

In this study, the objectives regarding the Başpınar, Gölcük, Sukesen, and Yavrucak creeks that feed Lake Mogan were: a) To obtain current data on physical and chemical parameters (water temperature, pH, dissolved oxygen (DO), suspended solids (SS), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), total organic carbon (TOC)) and heavy metal concentrations (Cd, As, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg, Cr); b) To determine the water quality classes of the creeks based on water quality parameters; c) To assess the role of pollutant sources in water quality parameters and heavy metal levels. To this end, sampling was conducted from the streams in December 2022, February 2023, and April 2023. According to the findings: a) The ranking of each creek based on average values over the three months is as follows: for SS and TOC: Gölcük > Başpınar > Sukesen > Yavrucak; for total nitrogen (TN): Başpınar > Gölcük > Sukesen > Yavrucak; and for total phosphorus (TP): Gölcük > Sukesen > Başpınar > Yavrucak. In terms of heavy metal levels, the streams are ranked as: Başpınar > Sukesen > Gölcük > Yavrucak. b) Based on DO values, the Sukesen and Yavrucak streams are classified as class I and class III water quality, respectively, while all stream waters are class I or III in terms of pH and TP. c) For the Başpınar and Sukesen Streams, the levels of TP and TOC are significantly influenced by wastewater from settlements and agricultural activities. In contrast, for the Gölcük and Yavrucak Streams, the contribution of agricultural wastewater is notably significant for DO, TN, and SS levels. In this context, monitoring the total phosphorus (TP), total nitrogen (TN), and total organic carbon (TOC) values for the four streams is crucial for both preserving the water quality of the streams and assessing their contributions to the eutrophication of Lake Mogan. Additionally, long-term heavy metal monitoring studies are important for addressing ongoing anthropogenic activities in the watershed and ensuring the sustainability of Lake Mogan.

October 2024, 66 pages

Key Words: Water quality parameters, nutrients, total suspended solids, creeks, Mogan Lake

TEŞEKKÜR

Tez sürecim boyunca bana yol gösteren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle katkı sağlayan, hem akademik hem de insani yönleriyle gelişimime önemli katkılarda bulunan çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Serap PULATSÜ'ye en derin teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve desteklerini esirgemeyen Tez İzleme Komitesi üyeleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Nilsun DEMİR'e ve Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Sibel ATASAĞUN'a teşekkür ederim. Ayrıca doktora sürecimdeki desteklerinden dolayı Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İç Sular Biyolojisi Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Nedim ÖZDEMİR'e şükranlarımı sunarım. Doktora eğitimim boyunca yardımlarından ötürü Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Esra ÖZCAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Beni her zaman koşulsuz destekleyen, yaşamım boyunca sevgi ve inancını hissettiren canım babam Ahmet LATİFİ'yi saygı ve özlemle anıyorum. Hayatım boyunca bana koşulsuz sevgi ve destek veren, üzerimdeki emekleri asla unutulmayacak sevgili annem Vahide ve kardeşim Kurtish LATİFİ'ye en derin şükranlarımı sunarım.

Dijar LATİFİ
Ankara, Ekim 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK ..... **i**
ÖZET ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
TEŞEKKÜR ..... **iv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **viii**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ÖZETLERİ **4**
2.1 Türkiye Dışında Bazı Yüzey Sularında Yürütülmüş Çalışmalara İlişkin Bildirişler **4**
2.2 Türkiye'de Yapılmış Konuya İlişkin Bildirişler **10**
2.3 Mogan Gölü Havzası'ndaki Derelerde Yürütülen Bazı Çalışmalara İlişkin Bildirişler **22**
2.4 İklim Değişikliğinin Yüzey Sularına Etkisine İlişkin Bildirişler **25**
3. MATERYAL ve YÖNTEM **31**
3.1 Materyal **31**
3.1.1 Araştırma alanı **31**
3.1.2 Araştırma istasyonlarının seçimi **31**
3.2 Yöntem **32**
3.3 İstatistiki Analizler **33**
4. ARAŞTIRMA BULGULARI **34**
4.1 Besin Elementleri ve Askıda Katı Madde Değerlerinin Aylara - Derelere Bağlı Değişimine İlişkin Bulgular **34**
4.2 Dere Sularının Kalite Sınıflarına İlişkin Bulgular **36**
4.3 Derelerde Su Kalite Parametrelerinin Olası Kaynaklarına İlişkin Bulgular **38**
4.4 Ağır Metal Konsantrasyon Değerlerinin Aylara - Derelere Bağlı Değişimine Ilişkin Bulgular **40**
4.5 Derelerdeki Ağır Metallerin Olası Kaynaklarına İlişkin Bulgular **43**
4.6 Korelasyon Analizine İlişkin Bulgular **46**
4.7 Dere Suları Kalitesinin Çevresel Kalite Standartları Kapsamında Değerlendirilmesi **48**
5. TARTIŞMA ve SONUÇ **49**
KAYNAKLAR **57**
ÖZGEÇMİŞ **66**

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat
%	Yüzde konsantrasyon
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
NH_3	Amonyak
NO_2	Nitrit
NO_3	Nitrat
pH	H iyonu konsantrasyonunun 10 tabanında (-) logaritması

Kısaltmalar

AKM	Askıda Katı Madde
TA	Toplam Azot
TOK	Toplam Organik Karbon
TF	Toplam Fosfor

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Araştırma alanı ve seçilen istasyonlar..... 32

Şekil 4.1 Derelere ilişkin su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve pH değerlerinin ayarlara bağlı değişimi..... 34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Mogan Gölü'nü besleyen derelere ilişkin farklı çalışma sonuçları 24

Çizelge 3.1 Dere suları analizlerinde kullanılan yöntemler 33

Çizelge 4.1 Bazı su kalite özelliklerinin aylara ve derelere göre değişimi 36

Çizelge 4.2 Anonim (2106)'ya göre, dere sularının farklı parametrelerine ilişkin kalite sınıfları..... 37

Çizelge 4.3 Başpınar Deresi için faktör analizi sonuçları 38

Çizelge 4.4 Gölcük Deresi için faktör analizi sonuçları 39

Çizelge 4.5 Sukesen Deresi için faktör analizi sonuçları 39

Çizelge 4.6 Yavrucak Deresi için faktör analizi sonuçları..... 40

Çizelge 4.7 Ağır metal konsantrasyonlarının aylara ve derelere bağlı değişimi 41

Çizelge 4.8 Başpınar Deresi için faktör analizi..... 44

Çizelge 4.9 Gölcük Deresi için faktör analizi 44

Çizelge 4.10 Sukesen Deresi için faktör analizi 45

Çizelge 4.11 Yavrucak Deresi için faktör analizi 45

Çizelge 4.12 Derelerde su kalite parametrelerine ilişkin Spearman korelasyon matriks analizi (*p<0.05) 47

1. GİRİŞ

Sanayileşme, kentleşme, kanalizasyon, atık endüstriyel su ve tarımsal faaliyetler gibi çeşitli antropojenik faaliyetler, su kaynaklarına kirletici girişini teşvik etmektedir. Sosyal ve ekonomik büyümeyle birlikte artan antropojenik faaliyetler, iklim ve hidroloji gibi faktörler, yüzey sularında kirleticilerin birikmesine yol açarak su kalitesini kademeli olarak değiştirmektedir. Bu bağlamda, ekosistem ve insan sağlığı açısından fiziksel, kimyasal, biyolojik bileşenlerin ve ağır metaller gibi toksikolojik unsurların izlenmesi gerekmektedir (Pulatsü ve Topçu 2015).

Su kaynaklarının yönetiminde, su kalitesinin sürdürülebilmesi oldukça önem arz etmektedir. Evsel - endüstriyel atık sular ve tarımsal kökenli noktasal olmayan dışsal kirleticilerin göl ekosistemlerine girişi, su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Girdi sularının hidrolojik özellikleri de göl suyu kalitesini belirlemede önemli olup, su kalitesiyle ilişkili biyojeokimyasal döngüleri etkilemektedir. Yüzey akışları ile göllere taşınan kirleticiler su deşarjı ile seyreltilebilmekte, göllerin su-sediment ara yüzünde meydana gelen kirleticilerin dönüşüm, oksidasyon ve indirgeme süreçleri (biyokimyasal reaksiyonlar) su kalitesini önemli ölçüde değiştirebilmektedir (Geng vd. 2024).

Doğal süreçler (yağış girdilerindeki değişiklikler, erozyon, havzadaki kayaçların çözünmesi vb) ve antropojenik faktörlerin (kentsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler, su kaynaklarının artan tüketimi) birleşik etkisinin girdi suyu kalitesi parametrelerini nasıl kontrol ettiğini ve zaman içerisinde nasıl değiştiğini anlamak, girdi sularının kalite yönetimi için havza düzeyinde uygun ölçeklerin belirlenmesine de yardımcı olacaktır. Zamansal dalgalanma çoğunlukla havzada, biyolojik aktivitedeki mevsimsel değişikliklerden, hava koşullarındaki değişimlerden ve girdi sularının hidrolojisindeki değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda, su kaynaklarının korunması ve yönetiminin planlaması için yerelden küresel ölçeğe kadar su kalitesi parametrelerini etkileyen ve şekillendiren çeşitli doğal ve antropojenik faktörler hakkında güvenilir bilgilere sahip olmak önem taşımaktadır.

Sucul sistemlerde doğal bir süreç olan ötrofikasyon; kanalizasyon, evsel, tarımsal ve endüstriyel kaynaklı atık suların su ortamına karışmasıyla hız kazanır. Ötrofikasyon probleminin çözümüne yönelik olarak, girdi sularındaki besin elementi kaynaklarının detaylı bir analizi yapılmalı ve ötrofikasyonun kontrolü için noktasal, noktasal-olmayan ve içsel kaynaklar için farklı yönetim stratejileri geliştirilmelidir (Pulatsü vd. 2014).

Mogan Gölü (Ankara), Ramsar'a aday gösterilen önemli sulak alanlarımızdan olup Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi sınırları içerisinde konumlanmıştır. Gölbaşı İlçesi'nde tarım alanlarının giderek daralmasına rağmen, tarımsal alanlardaki kimyasal gübre ve tarım ilacı kullanımıyla birlikte havzada andezit işleme tesisleri de dahil olmak üzere birçok maden işleme tesisinin bulunması ve bölgedeki sanayi kuruluşlarının atık suları, gölü besleyen derelerin su kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Su kaynaklarının sürdürülebilirliği bakımından, su kalite özelliklerinin tespiti ve izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Sürekli izleme, su kalitesiyle ilgili gerçek zamanlı verilerin sağlanmasına katkıda bulunarak halk sağlığının korunmasına ve su kaynaklarının güvenli kullanımının sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Türkiye'de yürürlükte olan 'Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği' çerçevesinde, sucul ortamların kalitesi çeşitli parametrelere dayalı olarak belirlenmektedir. Bu parametreler ışığında, su kalitesi sınıflandırılmakta ve belirli kirleticiler ile öncelikli maddelerin su kalitesi izleme sonuçları, su kütlesi dikkate alınarak değerlendirilmektedir (Anonim 2016). Anonim (2022)'de Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi için 2015-2019 dönemi yönetim planı çerçevesinde Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nde yer alan standart değerlerin, Mogan-Eymir Gölleri'nin yanı sıra gölleri besleyen dereler için de geçerli olması önerilmiştir.

Günümüzde insan kaynaklı iklim değişikliklerinin kaçınılmaz olduğu kabul edilmektedir. Hava sıcaklığı ve yağıştaki öngörülen değişiklikler nehir akışlarını ve dolayısıyla besin maddelerinin ve kirleticilerin hareketliliğini ve seyrelmesini etkileyecektir. Bunların yanı sıra, artan su sıcaklıkları kimyasal reaksiyon kinetiğini, göl tabakalaşmasını, akarsu içi süreci ve tatlı su ekolojik durumunu da belirleyecektir. Artan akışlar, dere-nehirlerin

morfolojisini ve tortuların göllere taşınmasını değiştirecek ve böylece hem göl hem de akarsu sistemlerindeki su kalitesi ile tatlı su habitatlarını etkileyecektir.

Türkiye genelinde 2022 yılı sonbahar mevsim yağışları normalin altında (%27) gerçekleşerek geçen yılın aynı dönemine göre %9 azalma göstermiştir (Anonim 2023). Mevsimsel değişikliklerden kaynaklanan etkilerin tüm yüzey su kaynakları için olduğu gibi Mogan Gölü Havzası için de geçerli olması söz konusudur. Mogan ve Eymir Göllerini besleyen derelere ilişkin birtakım girişimlerin olduğu ve bu durumun göllerin gerek su kalitelerinde gerekse su miktarlarında olumsuzlukla sonuçlandığı bildirilmiştir. Havzada bahçe sulaması ve içme suyu amaçlı açılan sondaj kuyuları ise yeraltı suyunun kapasitesini negatif etkilemiştir. Bunun yanısıra, bilimsel çalışmalar havzada olası kuraklık ve kısmi taşkın riski nedeniyle sözü edilen iki doğal gölün iklim değişikliğinden etkilenebileceği yönündedir (Apaydın ve Ocakoğlu 2020).

Bu tez çalışması; Mogan Gölü'nde yapılan diğer çalışmalara kıyasla az ele alınmış olan gölü besleyen dört önemli derenin -Başpınar, Gölcük, Sukesen ve Yavrucak Dereleri- a) Bazı fiziko-kimyasal parametreler (su sıcaklığı, pH, çözünmüş oksijen, askıda katı madde, toplam azot, toplam fosfor, toplam organik karbon) ile ağır metal (Cd, As, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg, Cr) konsantrasyonlarına ilişkin güncel verilerin elde edilmesine b) Dikkate alınan su kalite parametrelerine göre dere sularının su kalite sınıflarının belirlenmesine c) Su kalite parametreleri ile ağır metal düzeyleri üzerinde derelere özgü kirletici kaynakların etkisinin tespitine d) Dere suları kalitesinin Çevresel Kalite Standartları kapsamında değerlendirilmesine odaklanmıştır.

Tez çalışmasına ilişkin bulguların, gölü besleyen derelerin özellikle iklim değişikliği sürecindeki güncel kirlilik durumlarının ortaya konması ve havza-göl yönetimi için akılcı stratejilerin geliştirilmesine yol göstermesi açısından önem taşıdığı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Türkiye Dışında Bazı Yüzey Sularında Yürütülmüş Çalışmalara İlişkin Bildirişler

Yüzeysel suların kalitesi halk sağlığı, rekreasyon olanakları ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır. Su ekosistemleri yalnızca insan tüketimi için su-yiyecek sağlamakla kalmamakta kirleticileri filtreleyerek, depolayarak ve dönüştürerek su kalitesini iyileştirme ve korumada da rol oynamaktadırlar.

Sherwood (1999) tarafından bildirildiğine göre, Long Gölü'ne dereler ile ulaşan besin elementleri yükü, gölün hiperötrofik seviyeye ulaşmasına neden olmuştur. Aktif hale geçirilen arıtım sistemine karşın sedimentte fosfor tutulumu ve çevresel faktörlerin de teşvik ettiği fosfor salınımı söz konusu olmuştur.

Jaynes vd. (1999) tarafından, arazinin yaklaşık % 86'sının bitkisel üretim için kullanıldığı 5130 hektarlık bir su havzası olan Walnut Deresi'nin yüzey suyu kalitesi araştırılmıştır. 1990 yılından başlayarak, NO_3-N ve dört herbisidin akışı ve konsantrasyonları, belirlenen sekiz istasyonda ölçülmüştür. Genellikle mayıs, haziran ve temmuz aylarında nitrat-azotu konsantrasyonlarının 10 mg/L'yi aştığının bildirildiği çalışmada, nehirdeki herbisit konsantrasyonları artarken, nitrat-azotu konsantrasyonları düşüş göstermiştir.

İç sularda dış kaynaklı besin elementi yükleme çalışmalarında fosfor, verimliliği sınırlayan öncelikli element olduğu için pek çok çalışmaya da konu olmuştur. Bu kapsamda, Kagalou vd. (2001) tarafından Pamvotis Gölü'nde (Yunanistan) yapılan bir çalışmada, uygulanan restorasyon önlemleri ertesi, on yıl süreyle fosfor yükü tahmin edilmiştir. Gölün kirlilik kaynağının kanalizasyon odaklı olduğu, alınan noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynaklara ilişkin bazı önlemlerden sonra ise tahmini fosfor yükünün azaldığı bildirilmiştir.

Jaji vd. (2007), Nijerya'nın güneybatısındaki Ogun Nehri'nin içme suyu açısından su kalitesini bir yıl boyunca (kuru mevsimi ve yağışlı mevsimi kapsayan) izlemişledir. On üç bölgeden su numuneleri toplanarak fiziko-kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin yanı sıra ağır metal analizleri yapılmıştır. Genel olarak her iki mevsimde de tüm sahalardan elde edilen bulanıklık, fosfat, yağ ve gres, demir ve fekal koliform değerleri Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) içme suyu için belirlediği kabul edilebilir maksimum sınırın üzerinde çıkmıştır. Ayrıca, kurak mevsimde tüm araştırma alanlarında sudaki manganez-kurşun konsantrasyonları ve her iki mevsimde bazı alanlardaki kadmiyum konsantrasyonları, DSÖ'nin önerdiği limit değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. Söz konusu nehrin belirli alanlarında; kurak mevsimde toplam çözünmüş katılar, çözünmüş oksijen, klorür, yağışlı mevsimde ise bir araştırma alanına ait su örneğinde nitrat değerleri DSÖ sınırının üzerinde bulunmuştur. Bu bağlamda, Ogun Nehri suyunun öncelikle evsel su kaynağı olarak nehir suyu kullanan kırsal topluluklar açısından sağlık riski oluşturduğu ve Nijerya'daki yüzey sularının sürekli kirlilik izleme programına ihtiyaç duyduğu vurgulanmıştır.

Kar vd. (2008), Hindistan'ın en kutsal ve önemli nehri olan Batı Bengal'deki Ganga Nehri'nden bir yıl süreyle topladıkları yüzey suyu örneklerinde pH, EC, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Cr, Pb ve Ni analizleri yapmışlardır. Ganga Nehri'nin yüzey sularındaki ağır metal düzeyleri; Fe > Mn > Ni > Cr > Pb > Zn > Cu > Cd olarak dizilim göstermiştir;. Ayrıca, suyun Cd ve Cr değerleri ile elektrik iletkenliği değerleri arasında önemli bir pozitif korelasyon, Mn ve iletkenlik değerleri arasında ise negatif bir korelasyon tespit edilmiştir.

Pejman vd. (2009) tarafından, Haraz Nehri (Mazandaran, İran) su kalitesinin yersel - mevsimsel değişimleri, küme analizi, ana bileşen analizi ve faktör analizi gibi çok değişkenli istatistiksel teknikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Nehirdeki sekiz istasyondan dört mevsim boyunca temin edilen su örneklerinde, toplam on su kalite parametresi (çözünmüş oksijen, fekal koliform, pH, su sıcaklığı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, nitrat, toplam) belirlenmiştir. Temel bileşenler ve faktör analizi sonucunda anlamlı olabilecek parametreler tespit edilmiştir. Bu kapsamda, doğal parametreler (sıcaklık ve deşarj), inorganik parametre (toplam katı madde) ve nitrat, tüm mevsimler

bazında su kalitesi değişimlerine katkıda bulunan en önemli parametreler olarak saptanmıştır.

Wu vd. (2009), Çin'de Yangtze Nehri boyunca belirledikleri altı istasyondan temin ettikleri yüzey sularında ağır metal metal konsantrasyonlarını (As, B, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Li, Mn, Mo, Ni, Sb, Se, Sn, Sr, V ve Zn) belirlemişlerdir. Su numunelerindeki metallerin toplam konsantrasyonları 825.1-950.4 µg/L arasında değişim göstermiştir. Yedi metal seviyesi, uluslararası su kalitesi kılavuzlarında belirtilen izin verilen sınır değerleri aşmış olup özellikle As ve Cd'un yerel halkın sağlığı üzerinde olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir.

Ewa vd. (2011) tarafından, Omoku Deresi (Nijerya-Rivers Eyaleti)'nin su kalitesine endüstriyel atıkların etkisi araştırılmıştır. Dere suyunda fiziko-kimyasal ve organik parametreler tespit edilmiştir. Çalışma bulguları; toplam askıda katı madde değerlerinin 19.8-24.9 mg/L arasında değiştiği ve başlıca kirlilik kaynaklarının dere havzası ile çevresindeki sanayilerden- çöplük alanlarından çıkan atık sular olduğu, bu atıkların da dere ekosistemini ciddi bir şekilde etkilediği yönündedir.

Dan vd. (2014), Qua Iboe Nehri (Nijerya) ağzı ve nehre bitişik derelerin yüzey sularında bazı ağır metallerin dağılımını, bu metallerce zenginleşmesini ve kirlenme seviyesinin mevsimsel değişimini araştırmışlardır. Yağışlı mevsimde ağır metallerin ortalama konsantrasyonu kuru mevsimden daha yüksek bulunmuştur. Fizikokimyasal parametreler ile ağır metal kaynakları arasındaki karşılıklı ilişkileri tanımlamak için Pearson korelasyon matrisi kullanılmıştır. Sonuçlar, yüzey suyunda tuzluluk, pH ve sıcaklığın ağır metallerin adsorpsiyon/desorpsiyon ve çözünmesinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Yüzey sularında ağır metal zenginleşmesinin; atmosferik birikime, sedimentten metal salınımına, kıyı sedimentlerinin çözünmesine/erozyonuna ve antropojenik girdiye bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir. Hesaplanan kirlenme derecesinin kurak mevsimde orta düzeyde iken, yağışlı mevsimde yüksek bulunmasının ise iklim değişikliğinin sonucu olan taşkınlardan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Nijerya'daki bir lagün kompleksinin en batı kesiminde yer alan Badagry Deresi'nde fitoplankton pigmentlerinin, çözünmüş inorganik besinlerin (NO_2, NO_3, NH_4, PO_4 ve SiO_4) ve birincil üretkenliğin yersel-mevsimsel değişimleri, Kasım 2011'den başlayarak 2 yıl boyunca dokuz istasyonda ölçülmüştür. Işık geçirgenliği hariç tüm parametrelerde kurak mevsimde yağışlı döneme göre yüksek ortalama değerler kaydedilmiştir (Balogun ve Ajani 2015).

Bangladeş'teki bir kentsel nehrin yüzey suyu örneklerinde altı ağır metalin (Cr, Ni, Cu, As, Cd ve Pb) konsantrasyon değerleri belirlenmiştir. Metallerin suda, Cr > Cu > As > Ni > Pb > Cd olarak değişim gösterdiği ve çalışılan metal seviyelerinin içme suyu için güvenli sınırları aştığı bildirilmiştir (Islam vd. 2015).

Ma ve Wang (2015), Dianchi Gölü (Güneybatı Çin) Havzası'nın dış kaynaklı yüklemeye karşı zamansal ve yersel değişimini ele almışlardır. Noktasal ve noktasal olmayan kaynaklı kirlilik emisyon özelliklerinin analizine dayanarak, göl simülasyon modellerine kirlilik yükü entegre edilmiştir. TN ve TP kirlilik yükünün 1990 yılından 2005'e kadar artış, 2005'ten 2012'ye kadar ise azalma göstermesine karşılık, KOİ kirlilik yükünün her iki dönemde de arttığı bildirilmiştir. 1990, 2005 ve 2012'de göle en fazla kirlilik yükünün Temmuz veya Ağustos aylarında ulaştığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, havza kontrolü ve göle ulaşan dış kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılarak kontrolünün önemine dikkat çekmişlerdir.

Barakat vd. (2016), Oum Er Rbia Nehri ve onun ana kolu olan El Abid Nehri'ndeki (Fas) yersel-zamansal su kalitesi değişimini değerlendirmek ve ana kirlenme kaynaklarını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Su kalitesi verileri 2000–2012 yılları arasında nehir boyunca dağılmış on dört örnekleme istasyonundan toplanmıştır. Sıcaklık, pH, EC, bulanıklık, toplam askıda katı madde, çözünmüş oksijen, amonyum, amonyak, biyolojik - kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam fosfor ve E. coli gibi parametreler dikkate alınmıştır. Su kalite verileri, Pearson korelasyonu, PCA ve CA gibi çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılarak yorumlanmıştır. Bulgular, bazı istasyonlarda su kalitesi parametrelerinin Fas Su Kalite Standartlarının üzerinde olduğunu ortaya

koymuştur. PCA analiz sonuçları ise, su kalitesindeki değişikliklerin temel olarak noktasal kaynaklı kirlenme (evsel ve endüstriyel atık su), noktasal olmayan kaynak kirlenmesi (tarım faaliyetleri) ve doğal süreçlerle (toprağın ayrışması) ilişkili olduğunu işaret etmiştir. Araştırmacılar, su kalitesinin tüketicilerin sağlığı için potansiyel olarak tehlikeli olduğuna, endüstriyel-belediye atık sularının arıtılmasının ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesinin önemine vurgu yapmışlardır.

Chounlamany vd. (2017), Filipinler, Quezon City'deki Payatas depolama sahası sızıntı suyunun bir dere yoluyla Marikina Nehri'ne boşaltıldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, Marikina Nehri'nin bir bölümünün su kalitesindeki mevsimsel ve yersel değişimleri incelemek için çok değişkenli istatistiksel teknikler uygulamışlardır. Kimyasal oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam çözünmüş katı maddeler, klor ve fosfat düzeylerinin antropojenik etki/ötrofikasyon kirliliğinden, toplam askıda katı madde, bulanıklık ve sülfat değerlerinin ise yağmur ve toprak erozyonundan etkilendiğini belirtmişlerdir. Araştırma bulguları, Payatas depolama sahasının Marikina Nehri üzerindeki etkisini azaltmak için uygun bir sızıntı suyu toplama ve arıtma sistemi gereksinimine işaret etmektedir.

Siddiqui ve Pandey (2019), Hindistan'ın en büyük nehir sistemi olan Ganga yüzey sularında Cr'nin yaklaşık %44,44'ünü ve Cd'un ise %33,33'ünü sırasıyla izin verilen 50 ve 3,0 µg/L limitlerinin altında tespit etmişlerdir. Cu numunelerinin yaklaşık %54,63'ü, izin verilen 50 µg/L sınırını aşmıştır. Sudaki Pb konsantrasyonu 1,64 ile 44,34 µg/L arasında değişmiş ve gözlemlerin yaklaşık %66,66'sı izin verilen 10 µg/L değerini aşmıştır. Sudaki Zn konsantrasyonu ise izin verilen sınır değer olan 5000 µg/L'yi geçmemiştir. Genel olarak, tüm metaller nehrin üst alanlarında izin verilen limit değerlerin altında iken, Pb, Cd ve Ni konsantrasyonu, orta ve alt bölgelerde izin verilen limitlerin üzerinde tespit edilmiştir.

Dey vd. (2021) tarafından bildirildiğine göre, Halda Nehri (Bangledeş) sazan balıklarının doğal bir yumurtlama alanı olmasının yanında tarım, sulama, hayvancılık, rekreasyon ve içme suyu amaçlı kullanılmaktadır. Araştırma kapsamında nehrin 12 farklı noktasından

alınan su örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı maddeler, anyon ve katyonlar açısından bir olumsuzluğun söz konusu olmadığı ancak yakın sanayilerden gelen atık suların deşarjı nedeniyle bazı ağır metallerle kirlendiği bildirilmiştir. Ağır metallerden 6'sının (Cd, Cr, Fe, Pb, Cu ve As) Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği güvenli (içme suyu için) limitlerini büyük ölçüde aştığı tespit edilmiştir. Ayrıca kaydedilen verilerin istatistiksel analizi, farklı ağır metallerin genel su kirliliğine katkısı ve bunların olası kaynakları hakkında kapsamlı bir fikir vermiştir. Araştırmacılar, Halda Nehri suyunun kirlilik düzeyi konusunda kamuoyunun bilinçlendirilmesine ve su kirliliğinin azaltılması yönünde tedbirler alınması gereğine dikkat çekmişlerdir.

Nkinda vd. (2021), Mara Nehri ve kollarındaki su-sediment örneklerinde Pb, Hg, Cr, Cd ve As seviyelerini araştırmışlardır. Yağışlı olmayan (kuru) hava koşullarının, yüzey suyunda yüksek bulanıklık ile ağır metal içeriğine neden olduğu ve sudaki ağır metal seviyelerinin, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu / Dünya Sağlık Örgütü tarafından öngörülen değerlerin üzerinde tespit edildiği bildirilmiştir. Araştırmacılar, yüzey sularındaki element yüklemelerinin muhtemelen antropojenik girdilerle ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Taylor Deresi (Bayelsa Eyaleti, Nijerya) yüzey sularında, 12 lokasyondan alınan 36 su örneğinde ağır metallerin mevsimsel değişimleri ele alınmıştır. Sonuçlar kurşun, krom, bakır ve çinko değerlerinin konsantrasyonu değerlerinin sırasıyla; 0,00-0,48 mg/L, 0,02–0,42 mg/L, 0,05–0,61 mg/L ve 0,06–0,83 mg/L arasında değiştiğini ortaya koymuştur.

Ağır metaller örnekleme yapılan kuru mevsimde kurşun<krom<bakır<çinko, yağışlı mevsimde ise kurşun <bakır<krom<çinko şeklinde dağılım göstermiştir (Ogamba vd. 2021).

Wuhan'ın (Çin) farklı bölgelerinden sistematik olarak toplanan nehir sularındaki çözünmüş ağır metallerin kaynakları araştırılmıştır. CA ve PCA sonuçlarına göre, Mn, Fe, Co, Ni ve Mo seviyeleri havzanın jeolojik kaynaklarına atfedilmiş, V, Zn ve Sb gibi ağır metallerin ise endüstriyel faaliyetler tarafından kontrol edildiği belirtilmiştir. As

düzeyinde ise çoğunlukla kentsel ve tarımsal faaliyetlerin karma girdisinin hakim olduğu ifade edilmiştir (Zhang vd. 2021).

Miller vd. (2023), 2000'lerin başında fosfor kirliliğini azaltma stratejisi olarak, Sugar Deresi'nin dört alt havzasında iyi yönetim uygulamalarını (BMP'ler) önermişlerdir. Bu amaçla, 2010'dan 2018'e kadar yaklaşık iki haftada bir 49 alandan fosfat, toplam fosfor, nitrat, amonyak ve toplam azot analizleri için su örnekleri alınmıştır. Çalışma kapsamında, yüksek deşarj koşulları sırasında artan besin elementi konsantrasyonlarını. uygulamalar sonucu 2010'dan 2018'e kadar tüm alt havzalarda önemli düşüşler gösterdiği bildirilmiştir.

2.2 Türkiye'de Yapılmış Konuya İlişkin Bildirişler

Yuvarlakçay'a (Köyceğiz-Dalyan) ilişkin bazı fizikokimyasal parametreler ile makroomurgasızlarının dağılımının izlendiği bir çalışmada, suda farklı derecelerde organik kirlilik saptanmıştır. Çalışmada, adı geçen akarsuyun su kalitesinin Köyceğiz Gölü'ne ilişkin su kalitesinin de muhafaza edilebilmesi açısından taşıdığı öneme dikkat çekilmiştir (Kazancı ve Dügel 2000).

Solaklı ve Sürmene Dereleri'nin (Trabzon), besin elementi ve askıda katı madde yükleri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, ilkbahar dönemine ait olmak üzere Solaklı ve Sürmene Dereleri'nde ortalama su kalite verileri ile her iki derenin Karadeniz'e taşıdığı yıllık kirletici yükleri kantitatif olarak belirlenmiştir (Boran ve Sivri 2001).

Hazar Gölü'ne akışı olan on adet akarsudan; su, besin elementi, askıda katı maddenin (çözünmüş-askıda) Mogal Deresi, Zıkkım Deresi, Kürk Çayı, Behrimaz Çayı ile akışı az olmakla birlikte Baharın Deresi ile de organik yük ve besin elementlerinin göle yüksek miktarda taşındığı belirtilmiştir. Sevsak Dere'sinin ise diğer derelere göre daha yüksek miktarda askıda katı madde taşıyan yüzeysel su kaynağı olduğu belirtilmiştir (Koçer 2001). Şen vd. (2002) tarafından aynı alanda yürütülen ve elde edilen eş zamanlı çalışma bulgularına göre, bu derelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklılık göstermesini

etkileyen unsurlar; taşıdıkları su miktarı, akarsu havzasının jeomorfolojisi, akış hızı, akarsu yatağının morfometrik özellikleri ve akış olan aylardır.

Dökmeci (2005), Meriç Deltası'ndaki Gala Gölü'nü besleyen kaynaklarda ağır metal düzeylerini tespit etmiştir. Göl içi ve gölü besleyen kaynaklardan alınan örneklerin çoğunda bakır, kadmiyum, mangan, kurşun ve kobalt değerleri, limit değerlerin üzerinde saptanmıştır. Bu durumun nedeni ise, havzadaki çeltik alanlarında sulama suyu olarak kullanılan Meriç ve Ergene Nehir sularının havzaya taşıdığı endüstriyel kirlilik olarak ifade edilmiştir. Araştırmacı özellikle İP-1 drenaj kanalından göle giren suyun kalite sınıfı ele alındığında, tarımsal kirliliğin yanı sıra ağır metal kirliliğinin de büyük boyutlarda olduğunu bildirmiştir.

Tepe vd. (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Hasan Çayı'nın belirli su kalitesi özelliklerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Hasan Çayı, kaynağını Osmaniye il sınırları içerisinden almakta ve Dörtyol İlçesi'nden İskenderun Körfezi'ne dökülmektedir. Çay Dörtyol ile Payas İlçelerinin içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Çalışma kapsamında, sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, tuzluluk, KOİ, sertlik, azot fraksiyonları, sülfat, fosfat, sülfit, silisyum, sodyum, klor, potasyum, toplam alkalinite, askıda katı madde (AKM) gibi su kalitesi parametreleri 12 ay boyunca belirlenmiştir. Araştırma ile Hasan Çayı'nın su kalitesi parametrelerinin aylar bazında farklılıkları ortaya konmuş, bulgular doğrultusunda soğuk su balığı türlerinin yetiştiriciliği için su kalitesinin uygun olduğu bildirilmiştir.

Dündar ve Altundağ (2007), Mayıs-Eylül 2003 tarihleri arasında Sakarya Nehri boyunca üç farklı istasyondan aldıkları su örneklerinde bazı ağır metal derişimlerini tespit etmişlerdir. Su numunelerinde ortalama bakır, nikel, krom, kurşun, kadmiyum, çinko seviyeleri (µg/L) sırasıyla; 0.851; 1.050; 0.027; 1.786; 0.236 ve 0.173 olarak saptanmıştır. Araştırmacılar, kirlilik için erken uyarı sistemleri kullanımının ve nehir suyuna ilişkin ağır metal analizlerinin, kontaminasyonun karakterizasyonu ve kirlilik kaynaklarının tespiti açısından önem taşıdığını vurgulamışlardır.

Aydın İli Regülatörü'nün bulunduğu alanda belirli sayıda seçilen yeraltı ve yerüstü su kaynaklarından üç ayda alınan (Mayıs, Temmuz, Eylül) örneklerde, bazı fiziko-kimyasal parametreler ile ağır metal analizleri yapılmıştır. Sulama suyu kalitesi açısından değerlendirilen su örneklerinde parametrelerin önemli bir kısmı referans değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. Bu bağlamda, örnekleme yapılan bir nokta hariç diğer örnek alım yerlerine ait suların içme suyu niteliği taşımadığı bildirilmiştir (Kanber 2007).

Karadede-Akın ve Ünlü (2007), Dicle Nehri'ndeki ağır metal (Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) konsantrasyonlarının mevsimsel değişimini inceledikleri çalışmada; genel olarak I, II ve III. örnekleme alanlarındaki ortalama Cd, Cu, Mn, Ni, Zn ve Fe değerlerinin ilkbahar ve yaz aylarında maksimum olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca önceki çalışma bulgularıyla karşılaştırıldığında, Cu düzeylerinin son yıllarda kademeli olarak azaldığı saptanmıştır.

Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularında; Kehli Deresi'ne (Keban Baraj Gölü) dökülmeden önce bir istasyondan, döküldükten sonra ise beş istasyondan alınan su örneklerinde bazı su kalite parametreleri belirlenmiştir. Tesis çıkış suları öncesi organik kirlilik açısından öncesi dere sularının su kalitesi sınıfı aylara göre değişmiş, nisan ayında I. sınıf, mayıs ayında IV. sınıf su kalitesine ulaşmıştır. Ancak deşarjdan sonra, bütün noktalarda bahar-yaz döneminde IV. sınıf su kalitesi seviyesinin devam ettiği belirlenmiştir. Çalışmanın yapıldığı dönemde, kentin atıksularının bir kısmının arıtılmadan Kehli Deresi'ne verilmesi sonucu, büyük miktarda kirlilik yükünün Keban Baraj Gölü'ne bu dere ile ulaştığı ifade edilmiştir (Ünlü ve Tunç 2007).

Akdeniz'e dökülen Aksu Çayı'nın (Isparta İli) su kalitesini belirlemek ve fizikokimyasal parametrelerin makroomurgasız çeşitliliği üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla bir araştırma yürütülmüştür (Kalyoncu vd. 2008). Araştırmanın sonuçları doğrultusunda, fizikokimyasal parametrelerin makroomurgasız çeşitliliği üzerinde belirgin bir etkisi olduğu saptanmıştır.

Şen ve Gölbaşı (2008), Hazar Gölü (Doğu Anadolu Bölgesi)'ne boşalan Kürk Çayı'nda su kalite parametrelerini bir yıl süreyle izlemişlerdir. Araştırma bulgularına göre, Kürk Çayı su kalite sınıfı I-II arasında değişim göstermiştir. Belirlenen su kalite parametrelerinin değişiminde; akış hızı, su miktarı ile havzanın jeomorfolojik özellikleri ve akarsu yatağının morfometrik özelliklerinin etkili olduğu bildirilmiştir. Aynı araştırmacılar tarafından gölde yürütülen yedi ay süreyle yürütülen başka bir çalışmada ise (Şen ve Gölbaşı 2014), Kürk Çayı'nın nitrit düzeylerine göre III. sınıf (kirli su), diğer parametrelere ise I. sınıf (yüksek kaliteli su) su kalite sınıfına dahil olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda Hazar Gölü'ne Kürk Çayı ile taşınan azot-fosfor yükünün gölün ötrofikasyonu açısından bir tehdit oluşturmadığı belirlenmiştir.

Yalçın vd. (2008), Karasu Deresi (Niğde) üzerindeki farklı kirlilik kaynaklarını araştırmak amacıyla, seçtikleri istasyonlarda çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, sıcaklık ve pH değerlerini 12 ay süreyle tespit etmişlerdir. Pb, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, S, F ve Cn değerleri (μg/L) sırasıyla; 80–4.920; 10–6.100; 440–25.530; 130–2.400; 120–280; 20–150; 214.250–1.113.580; 1.560–4.270 ve 40–690 arasında değişim göstermiştir.

Araştırma bulguları, Karasu Deresi ve çevresinde bulunan kirlilik alanlarında mutlak (0–100 m), kısa mesafe (100-500 m) ve uzun mesafe (500–2.000 m) koruma alanları belirlenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Varol ve Şen (2009), Behrimaz Çayı'nın bir yıllık su kalite verilerinin değerlendirilmesinde küme analizi (CA), ana bileşen analizi ve faktör analizi gibi çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanmışlardır. Faktör analizinden elde edilen değişken faktörler esas alındığında; su kalitesi değişimlerinden sorumlu parametrelerin nispeten daha az kirli alanlarda deşarj, sıcaklık, çözünür mineraller (doğal) ve besin elementleri (tarımsal faaliyetler) olduğu saptanmıştır. Havzadaki orta derecede kirli alanlarda ise su kalitesi açısından organik kirlilik (evsel atık su) ve besin elementleri (tarımsal faaliyetler ve yüzey akışı) ön plana çıkmıştır.

Akbulut vd. (2010), Sarıçay Deresi'nin yüzey suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla sıcaklık, iletkenlik, çözünmüş oksijen, toplam fosfor, klorofil-a ve askıda katı madde düzeylerini tespit etmişlerdir. Araştırma periyodunca bu parametreler bakımından mevsimler arasındaki farklılığın bulunduğunu, istasyonlar arasında ise yalnız sıcaklık parametresinin istatistiki açıdan önemli saptandığını bildirmişlerdir.

Diyarbakır kenti için önemli bir önemli bir su kaynağı olan Dicle Nehri, sulama, balıkçılık, rekreasyon, atık su boşaltımı gibi pek çok amaca hizmet etmektedir. Dicle Nehri yüzey sularının kalitesine ilişkin bir çalışma kapsamında, Diyarbakır Atıksu Arıtım Tesisi (AAT) deşarj noktasının mansabında kimyasal oksijen ihtiyacı, organik azot, toplam fosfor ve toplam azot konsantrasyonlarının belirgin şekilde artış gösterdiği, tüm su örneklerinin metal konsantrasyonlarının ise çoğunlukla sucul yaşamın ve içme suyunun korunması için izin verilen maksimum konsantrasyonun altında veya buna yakın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yaz aylarında, AAT'nin aşağısındaki istasyonlarda organik kirlilik ciddi boyutlara ulaştğtından nehir suyundaki çözünmüş oksijenin çok düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Varol vd. 2010).

Yukarı Dicle Nehri'nden alınan yüzey suyu örneklerinde toplam azot, toplam fosfor, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları için belirlenmiştir. Su numunelerinde Cu hariç, tüm metal konsantrasyonları sucul yaşamın korunması için izin verilen maksimum konsantrasyonun altında saptanmıştır. Küme analizi sonuçları, As, Cd, Co, Cu, Ni, Pb ve Zn'nin antropojenik kaynaklardan, özellikle bakır madeni tesisinin metalik deşarjlarından kaynaklandığını göstermiştir (Varol ve Şen 2012).

Anonim (2013)'e göre, Eğirdir Gölü'ne ulaşan evsel-tarımsal kaynaklı alanlardan yüzeysel akışlarla ve gölü besleyen derelerle taşınan organik madde yükü, göl sedimentinde azot ve fosfor düzeylerinin artmasına yol açmaktadır. Çalışma kapsamında, göle ilişkin ötrofikasyon problemini gidermede fosfor yükü kontrolünün önemine dikkat çekilmiştir.

Uluabat Gölü, Ramsar sözleşmesine ilişkin kriterleri taşıyan uluslararası öneme sahip önemli bir sulak alandır. Ancak gerek göle kıyısı bulunan Akçalar Beldesi'nin evsel atık suları gerekse beldede bulunan sanayi kuruluşları ile mezbahalardan kaynaklanan atıksular, Akçalar Deresi (Musa Deresi)'ne ve son noktada Uluabat Gölü'ne boşalmaktadır. Bu kapsamda, kirlilik yükleri maksimum mart ayında belirlenmiş ve bulgular doğrultusunda Akçalar Deresi'ne ilişkin yönetsel tedbirler önerilmiştir (Katip vd. 2013).

Gökpınar ve Çürüksu Çayları ile Büyük Menderes Nehri'nin (Denizli) bir yıl süreyle kirlilik parametreleri ve yükleri incelenmiştir. Farklı yedi istasyondan alınan su örneklerinde bazı fiziksel-kimyasal parametreler ölçülmüş; Büyük Menderes Nehri ile Gökpınar ve Çürüksu Çayları'nın sıcaklık ve pH değerleri baz alındığında I. sınıf su, toplam çözünmüş madde düzeylerine göre II. sınıf su, çözünmüş oksijen bakımından ise III. sınıf su kategorisinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu su kaynaklarının BOİ5 , KOİ değerleri ile organik madde konsantrasyonları dikkate alındığında, IV. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirtilmiştir (Turan ve Ülkü 2013).

Varol vd. (2013), Şubat 2008-Ocak 2009 döneminde Dicle Nehri'nde ağır metal kaynaklarını belirlemek amacıyla çok değişkenli istatistiksel teknikler uygulamışlardır. Bulgular, nehir suyunda Fe, Cr ve Ni'in fazla, Cd ve As'in daha az düzeyde olduğunu göstermektedir. İstatistiki analizler, Cu, Ni ve Zn'nin antropojenik kaynaklar tarafından kontrol edildiğini ortaya koymuştur. Nehire ilişkin önceki çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında çoğu metal konsantrasyonunun daha düşük bulunmasının, Dicle Barajı çıkış sularının temiz olması ve bakır madeni tesisinin faaliyetinin azalmasının yanı sıra nehir üzerine iki baraj yapılmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. En düşük toplam metal konsantrasyonlarının ise, yüksek yağış ve kar erimeleri nedeniyle şubat ayında belirlendiği ifade edilmiştir.

Yılmaz (2013) tarafından, İstanbul'un önemli su kaynaklarından birisi olan Terkos Gölü'ne deşarj edilen derelerde zamana bağlı olarak görülen kirliliğin antropojenik kökenli faktörlerden kaynaklandığı bildirilmiştir. Araştırmacı göle akışı olan derelerde

ayrıntılı kirlilik çalışmalarına gerek olduğuna ve ilgili yönetsel tedbirlerin önemine dikkat çekmiştir.

Kasımoğlu ve Yılmaz (2014), Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği çerçevesinde değerlendirdikleri Tersakan Çayı (Muğla)'na ilişkin fiziko-kimyasal veriler ışığında, su kalitesini I. sınıf (yüksek kaliteli su) olarak bildirmişlerdir. Bulgular, Tersakan Çayı'nın çalışılan dönem için su kalitesinin iyi durumda olduğuna ancak yaz aylarında tarımsal sulamadaki artış nedeniyle kirlilik seviyesinde de bir artış olduğuna işaret etmektedir.

Haringet Çayı'nda Mayıs 2009 ile Nisan 2010 arasında gerçekleştirilen bir çalışmada, aylık olarak debi, sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, elektriksel iletkenlik başta olmak üzere nitrit, amonyak, nitrat, sülfat, reaktif fosfor, toplam çözünmüş katı madde, toplam sertlik, BOİ gibi kimyasal parametreleri kaydedilmiştir. Sonuçlar, Keban Baraj Gölü'ne dökülen Çay'da farklı parmetrelere göre su kalite sınıfının I'den IV'e kadar değiştiğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar, tüm bu verileri değerlendirdiklerinde, Haringet Çayı'nın Keban Baraj Gölü'ne III. sınıf su kalitesinde su taşıdığını belirtmişlerdir (Baytaşoğlu ve Şen 2015).

Topal ve Topal (2015), Elazığ İli için içme suyu eldesinde kullanılan Hamzabey Barajı'nı besleyen Caro Deresi'nin (Elazığ), 2014-2015 kış sezonunda bazı fizikokimyasal parametrelerini dikkate almışlardır. Derenin yüzey suyu örneklerinde, pH, sıcaklık ve elektrik iletkenliği değerleri sırasıyla, 7.9-8.3; 14..5-178 ^{o}C; 340-384 µS/cm arasında değişmiştir. Dere sularına ilişkin kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı değerleri esas alındığında, Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY)'ne göre su kalitesinin II. sınıf olduğu belirlenmiştir.

Mutlu vd. (2016) tarafından bildirildiğine göre, Çınarlı Deresi'nden (Sivas) iki yıl süreyle farklı altı istasyondan alınan su örneklerine ilişkin fiziko-kimyasal analiz sonuçları; derenin III. sınıf nitelikte bir su kalite sınıfına girdiğini dolayısıyla kirlilik baskısı altında olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar, dere suyunun su kalitesinin düzenli olarak

izlenmesinin özellikle üç köyün su ihtiyacını karşılamasından dolayı gereğine işaret etmişlerdir.

Murat Nehri'nin (Elazığ), su kalitesinin belirlenmesine yönelik bir çalışma kapsamında, su örneklerindeki pH: 8-9; EC: 400-500 µS/cm; amonyum-azotu: 0.04-0.07 mg/L; nitritazotu: 0.01-0.03 mg/L ve nitrat-azotu: 1.3-1.9 mg/L arasında değişim göstermiştir. Toplam fosfor konsantrasyonları 0.07-0.09 mg/L olarak tespit edilmiştir. Genel olarak Murat Nehri'nin su kalitesi II. sınıf olarak bildirilmiştir (Topal ve Topal 2016).

Büyük Menderes Nehri üzerindeki sekiz istasyonda (Adıgüzel Barajı, Yenice Regülatörü, Sarayköy Köprüsü, Feslek Regülatörü, Yenipazar Köprüsü, Aydın Köprüsü, Koçarlı Köprüsü, Söke Regülatörü), 2000-2013 yılları arasında bazı su kalite parametreleri izlenmiştir. Su analiz sonuçlarına göre, nehir suyu kirliliği genel olarak her yıl değişiklik göstermiş, belirli ölçüm noktalarından alınan örneklerde yıl boyunca yüksek kirlilik seviyeleri tespit edilmiştir. Su kalite parametreleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre sınıflandırılmış, TS 266 ve DSÖ yönergeleri ile de karşılaştırılmıştır. Sekiz istasyon arasında Sarayköy istasyonundaki seviyeler genel olarak diğer istasyonlardan daha yüksek, Adıgüzel Barajı'ndaki değerler ise en düşük seviyede saptanarak en iyi su kalitesine işaret etmiştir (Yılmaz vd. 2020).

Özdemir (2016), Kızılırmak Nehri'nin güney kollarını oluşturan ve suyu Kayseri ovasında tarımsal sulama amaçlı çok kullanılan Sarmısaklı Deresi ile Kayseri şehrinden gelen evsel ve endüstriyel sular nedeniyle oldukça kirlenen Karasu Deresi üzerinde yedi örnekleme istasyonu seçerek su kalite sınıflarını tespit etmişlerdir. Çalışma alanlarının su kalite sınıflandırması, KOİ, $BOİ_5$, amonyum-azotu, nitrat, toplam fosfor, klorür, sülfat ve toplam çözünmüş katı madde değerlerine göre yapılmıştır. 6 ve 7. istasyonlar dışındaki istasyonlara ait tüm parametre değerleri, su kalitesinin III veya IV olduğuna işaret etmektedir. Sarmısaklı Deresi'nin bazı kesimleri ile Kayseri'den gelen evsel ve endüstriyel atık su deşarjına bağlı olarak özellikle KOİ, $BOİ_5$, Kjeldahl azotu, nitrit, toplam sosfor, çözünmüş oksijen, pH ve Hg gibi su kalite özellikleri Sınıf II ve Sınıf III'e ilişkin su kalitesi kriterlerini aşmıştır. Araştırma kapsamında, Sarmısaklı Deresi'nde daha

yüksek seviyede saptanan azot ve fosfor yüklemesi, tarımsal faaliyetler, büyükbaş hayvancılık faaliyetleri ve antropojenik kaynaklı deşarjlarla ilişkilendirilmiştir.

Kargı Çayı'nın (Antalya), bazı su kalite parametreleri ile su kalite sınıflarının belirlenmesine yönelik bir çalışma yürütülmüştür. Temmuz 2014-Nisan 2015 döneminde, mevsimsel olarak alınan örneklerde, bazı fiziko-kimyasal su kalite parametreleri tespit edilmiştir (Zeybek ve Kalyoncu 2016). Çalışma bulguları, Kargı Çayı'nın genel olarak yüksek kaliteli veya az kirlenmiş suya sahip olduğunu, çevresindeki bazı alabalık işetmeleri ile yerleşim birimlerine karşın ciddi bir kirletici tehdidi altında olmadığınıgöstermiştir. Ancak nehrin ağzına yakın son istasyonda, denizel etki ve alanın rekreasyonel düzenlemeleri nedeniyle belirli su kalite parametrelerinde bir düşüş yaşandığı ifade edilmiştir.

Giresun'daki Batlama Çayı'nda 2014-2015 yılları arasında tespit edilen su kalitesine ilişkin veriler, çok değişkenli istatistiksel teknikler olan küme analizi (CA) ve ana bileşen analizi (PCA) ile yorumlanmıştır. Çalışmada; çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, tuzluluk, toplam çözünmüş katılar, iletkenlik, klorofil-a, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam alkalinite, toplam sertlik, toplam amonyak-azotu, nitrat, toplam fosfor, çözünür reaktif fosfor, klor ve toplam askıda katı madde gibi su kalitesi parametreleri dikkate alınmıştır. Sonuçlar, benzer su kalitesi özelliklerine sahip üç istasyonun seçildiğini ve bu istasyonlardan birinde su kalitesindeki bozulmanın tarımsal, endüstriyel, evsel ve tuzlu su sızıntılarından kaynaklanan atık sularla ilişkili olduğunu göstermiştir. Diğer iki istasyonda ise su kalitesindeki bozulmanın, yerleşim yerlerinden ve çiftçilik faaliyetlerinden kaynaklanan atık sularla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Tepe ve Aydın 2017).

Akkaya Baraj Gölü'nün (Niğde) su kalitesini etkileyen önemli bir kaynak olan Kızılca Deresi'nin su kalitesini belirlemeye yönelik bir araştırma gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada, Ekim 2014 ile Eylül 2015 arasında bir yıl boyunca, mevsime bağlı olarak baraj gölüne su sağlayan dereden alınan örnekler incelenmiş ve sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve fekal koliform parametreleri analiz edilmiştir. Bulgular ışığında, Kızılca

Deresi'nin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen kıta içi su kalite standartlarına göre fekal koliform bakımından III. sınıf kalite su niteliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Kızılca Deresi'nin Niğde Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi deşarjından sonra akış yönünde aşırı derecede kirlendiği ve bu durumun Akkaya Baraj Gölü'nün su kalitesini olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır (Tunçsiper 2017).

Gölbaşı ve Şen (2019) tarafından Atatürk Baraj Gölü'ne akan Kahta Çayı'nın su kalitesini belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla, Nisan 2012 ile Mart 2013 tarihleri arasında kaynaktan mansap yönünde beş farklı istasyon seçilerek aylık bazda hidrolojik ve fiziko-kimyasal özellikler izlenmiştir. İzlenen parametreler bağlamında, hafif alkali nitelikteki Kahta Çayı'nın, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nin Çevresel Kalite Standartlarına göre I. sınıf (yüksek kaliteli su) özelliği taşıdığı saptanmıştır.

Ustaoğlu ve Tepe (2019), Haziran 2014 ile Mayıs 2015 tarihleri arasında Pazarsuyu Deresi üzerinde belirledikleri dört farklı istasyondan aylık olarak su ve sediment örnekleri almışlardır. Sonuçlar ulusal ve uluslararası su kalitesi kriterlerine göre değerlendirilmiş ve bazı istasyonlarda su kalitesi parametrelerinin sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar dere suyunun sulamada dikkatli bir şekilde kullanılabilir nitelikte olduğunu ancak halk sağlığına olumsuz etkilerini gidermek için evsel amaçlı kullanım öncesi suların arıtılması gerekliliğine dikkat çekmişlerdir.

Hazar Gölü, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki en büyük ve en derin göllerden biridir. Son yıllarda gölün su kalitesinde ve berraklığında, besin elementleri ve sediment taşınımı sonucu ciddi bir düşüş meydana geldiği bildirilmiştir. Bu amaçla, gölü besleyen Behrimaz Çayı'nın besin elementleri, ana iyonlar, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ5), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve toplam askıda katı madde düzeyleri belirlenmiştir. Behrimaz Çayı ile göle taşınan toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) yükleri sırasıyla

103.77 ve 5.23 ton olarak tahmin edilmiştir. Behrimaz Çayı'nın askıda katı madde yükünün göle katkısı $24.913x10^3$ ton/yıl olarak bildirilmiştir. Göle olan yıllık azot ve fosfor yükleme değerleri Vollenweider kriterlerine göre izin verilen yükleme düzeylerinin altında kalmıştır (Varol 2019).

Hacısalihoğlu ve Karaer (2020), Uluabat Gölü Havzası'nda bulunan noktasal kirletici yüklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, Mustafakemalpaşa Çayı'nın Akçalar Deresi'ne göre göle daha fazla miktarda kirletici yükü taşıdığını, Uluabat pompa istasyonunun ise göle en yüksek seviyede kirletici taşıyan su kaynağı olduğunu tespit etmişlerdir.

Varol (2020) tarafından bildirildiğine göre, Türkiye'nin Fırat Nehri Havzası'nda yer alan Sürgü Çayı, içme suyu kaynağı, tarımsal sulama ve gökkuşağı alabalığı üretimi için kullanılmaktadır. Derenin on altı su kalite parametresi bir yıl boyunca beş farklı bölgede izlenmiştir. Parametrelerin çoğu antropojenik faaliyetlerin etkisi sonucu yersel farklılıklar gösterirken, toplam azot hariç olmak üzere tüm parametreler su sıcaklığı ve su debisi kaynaklı önemli mevsimsel farklılıklar göstermiştir. Temel bileşen analizi/faktör analizi, su kalite değişimlerinden sorumlu parametrelerin esas olarak, askıda katı maddeler (hem doğal hem de antropojenik kaynaklı), çözünür tuzlar (doğal), besin elementleri ve organik madde (antropojenik kaynaklı) olduğunu ortaya koymuştur.

Karasu Nehri, Güneybatı Asya'nın en uzun nehri olan Fırat Nehri'nin ana koludur. Havzadaki evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları, tarımsal uygulamalar ve madencilik faaliyetleri Karasu Nehri'nde potansiyel toksik metal kirliliğine neden olmaktadır. 2019 Ocak-Aralık ayları arasında Karasu Nehri boyunca 8 istasyondan aylık olarak alınan su örneklerinde on adet ağır metal (Fe, Al, Cd, Ni, Cu, Zn, Pb, As, Mn ve Cr) seviyeleri yersel ve mevsimsel değişimler açısından dikkate alınmıştır. Ağır metallerin yüzde doksanlık seviyeleri, içme suyu standartlarının altında bulunmuş ve toplam metal konsantrasyonu, doğal ve antropojenik kaynakların birleşik etkisi nedeniyle kıştan yaza artan bir eğilim göstermiştir. Metal kirlilik indeksleri de nehir suyu kalitesinin içme suyu kullanımına uygun olduğunu göstermiştir. Faktör ve küme analizi sonuçları; Ni, Fe, Mn

ve Cr'nin hem litojenik kaynaklar hem de antropojenik faaliyetler tarafından diğer ağır metallerin ise litojenik kaynaklar tarafından kontrol edildiğini ortaya çıkarmıştır (Varol vd. 2021).

Çiçek vd. (2023), Susurluk Havzası'nın önemli akarsularından biri olan Simav Çayı'nın bazı fiziksel-kimyasal özelliklerini (çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, bulanıklık, kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, nitrit-azotu, nitrat-azotu, amonyum-azotu, fosfat, toplam fosfor, klorür, bikarbonat, karbonat) belirleyerek, sonuçları ulusal-uluslararası ölçekte standart değerlerle karşılaştırmışlardır. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetmeliği'nde yer alan sınır değerler kapsamında, nehrin üst bölgesi su kalitesinin II. sınıf iken, orta-alt bölge su kalitesinin daha fazla kirlenmiş olduğu ve III. sınıf kategorisinde bulunduğu kaydedilmiştir. Çalışma sonuçları, farklı noktasal kirlilik kaynaklarının Simav Çayı ortaalt bölgelerinde yoğunlaştığını ancak üst bölge açısından da kirlilik riski olduğunu ifade etmişlerdir.

Tokatlı vd. (2023) tarafından bildirildiğine göre, Saros Körfezi'nin (Türkiye) kuzeyinde sulama ve içme suyu kaynağı olarak kullanılan 10 farklı göletin çözünmüş metal seviyeleri çok değişkenli istatistiksel yöntemler, kirlilik ve ekolojik risk indeksleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Göletlerdeki ortalama metal seviyeleri, 0.045 µg/L (Cd) ile 127 µg/L (Mn) arasında değişmiştir. İçme suyu kaynağı olarak kullanılan 7 no'lu gölet en düşük toplam metal seviyesine sahip bulunmuş, yalnızca 1 ve 2 no'lu göletteki Mn düzeyleri AB İçme Suyu Direktifi tarafından belirlenen kritik değerleri bir miktar aşmıştır. Tüm göletlerdeki metal seviyeleri, sulama suyu ve sucul yaşam için belirlenen kritik değerlerin altında tespit edilmiştir. Sulama suyu kalitesi açısından ise, düşük düzeyde ağır metal kirliliği saptanmıştır.

Varol ve Tokatlı (2023), Türkiye'nin Trakya bölgesinde yer alan ve yoğun endüstriyel baskıya maruz kalan Çorlu Nehri'nin su kalitesini, 2021 yılının kuru ve yağışlı mevsimlerinde olmak üzere 10 toksik metal ve 13 su kalitesi değişkenini belirleyerek değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, Çorlu Nehri'nin evsel ve endüstriyel deşarj alan 2 ve 3. istasyonlarının, yüzey suları kalite standartlarına göre NH4–N, PO4–P, KOİ, BOİ5 ve

askıda katı maddeler bakımından ciddi bir şekilde kirlendiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, bir istasyonda (3 no'lu) ortalama Cr seviyesinin, deri fabrikaları kaynaklı atık su deşarjları nedeniyle sucul yaşamın korunması için izin verilen seviyeyi aştığı ifade edilmiştir.

2.3 Mogan Gölü Havzası'ndaki Derelerde Yürütülen Bazı Çalışmalara İlişkin Bildirişler

Pulatsü ve Aydın (1997) tarafından yapılan araştırmaya göre, Gölbaşı İlçesi'nde pis su kanalizasyon kolektör hattı projesinin tamamlanmadığı dönemde, Sukesen Deresi ile göle yüksek oranda kirletici madde ulaştığı belirlenmiştir. Mogan Gölü'nü besleyen derelerin yıllık ortalama toplam fosfor konsantrasyonları incelendiğinde, en yüksek değerin Başpınar Deresi'ne ait olduğu tespit edilmiş ve bu değer 712.23 mg/m^3 olarak kaydedilmiştir. Araştırmacılara göre, dere sularındaki fosfor konsantrasyonunun yüksek olmasının nedeni kış aylarında artan nüfusun yanısıra bölgede yer alan tavukçuluk işletmesi atık sularının bu dereye ulaşmasıdır.

Burnak ve Beklioğlu (2000) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmanın bulguları, Mogan Gölü'ne boşalan derelerde yüksek konsantrasyonda çözünmüş inorganik azot ve toplam fosforun mevcut olduğu yönündedir. Bu kapsamda, Sukesen, Gölcük ve Yavrucak Dereleri'nin yıllık ortalama fosfor konsantrasyonları (µg/L) sırasıyla 1438, 198 ve 336 olarak bildirilmiş, Mogan Gölü çıkış suyunun ortalama fosfor konsantrasyonu ise 93 µg/L olarak ölçülmüştür.

Karakoç vd. (2003) tarafından Sukesen, Başpınar, Çölova ve Yavrucak Derelerinde Temmuz, Kasım 1999 ve Şubat 2020 olmak üzere üç örnekleme yapılarak gerçekleştirilen çalışmada; ortalama toplam fosfor yükleri sırasıyla, 0.077; 0.206; 0.083 ve 0.400 kg/gün olarak kaydedilmiştir.

Gökmen (2004) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, Mogan Gölü etrafındaki sazlık alanlarda mevsimsel - yıllık azot tutma süreçleri incelenmiştir. Bu çalışmada, göl ile çevresindeki sazlık alan arasında taşınan yüzeysel azot yükü ile göldeki azot konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Göl çevresindeki sazlık bölgelerde, çözünmüş inorganik azot (DIN), amonyum-N ve nitrat-N gibi farklı azot bileşiklerinin tutulma dinamikleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. 1998, 1999 ve 2002 yıllarında Mogan Gölü sazlık alanlarına ilişkin analiz sonuçları, diğer çalışma yıllarına oranla daha yüksek çözünmüş azot girdisi olduğunu ortaya koymuştur. Bunun yanısıra göl ve havzasına ait Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) analizleri, gölün etrafında konumlanan tarım arazilerinden olan difuz azot girdisinin, gölün kuzeydoğu kıyısında, gölün kuzey ucuna göre daha fazla risk oluşturduğunu göstermiştir.

Fakıoğlu ve Pulatsü (2005) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, Mogan Gölü'ne yönelik dışsal besin elementi yükünü indirgemede uygulanan bazı restorasyon önlemlerinin etkilerinin saptanabilmesi için göle ulaşan toplam fosfor yükünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Ocak-Aralık 2003 döneminde aylık periyotlarla Sukesen, Yavrucak, Başpınar ve Çölova Dereleri'nden su örnekleri temin edilmiştir. Araştırmacılar, karadan göle ulaşan fosfor yükünü 2003 yılı için 2668.88 kg olarak tahmin etmişler ve dış kaynaklı besleyici element yükünün azaltılması için ek önlemlerin alınması gerekliliğine dikkat çekmişlerdir.

Öztürk (2009), Mogan Gölü ve gölü besleyen derelerde (Gölcük, Sukesen, Yavrucak, Çölova) organoklorlu pestisit kirlenmesinin belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Şubat–Ağustos 2006 tarihleri arasında aylık olarak alınan örneklerde, 17 adet organoklorlu pestisit analizi yapılmıştır. Bulgular, dere ve göl sularında önemli bir organoklorlu pestisit kirliliği olmadığını ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre, I. sınıf (< 0.001 mg/L) su kalite sınıfına girdiğini ortaya koymuştur.

Kapan (2011), Mogan Gölü ortası, kuzey ve güney ucu ile gölü besleyen derelerden alınan numunelerde bazı kimyasal parametreleri ele almıştır. Gölü besleyen derelerin ortalama astoplam azot ve askıda katı madde miktarlarının limit değerlerin üzerinde olduğu bildirilmiştir. Sukesen Deresi'nin göle dökülmeden önceki noktasında askıda katı madde

değeri ortalama ~330 mg/L iken, Çölova Deresi -1: ~14 mg/L, Çölova Deresi-2: ~24,87 mg/L; Yavrucak Deresi: ~48 mg/L; Başpınar Deresi-1: ~12,49 mg/L ve Başpınar Oğulbey Mevkii: ~16 mg/L olarak belirlenmiştir. Toplam azot değerleri ise, Sukesen Deresi: ~11,08 mg/L; Çölova Deresi -1: ~2,82 mg/L, Çölova Deresi -2: ~1,38 mg/L; Yavrucak Deresi : ~2,69 mg/L; Başpınar Deresi -1: ~2,87 mg/L ve Başpınar Deresi Oğulbey mevkii: ~2,74 mg/L olarak saptanmıştır. Bulgular doğrultusunda, kuzeydeki Sukesen Deresi'nden diğer derelere göre daha fazla miktarda askıda katı madde ve toplam azot taşındığı tespit edilmiştir.

Çizelge 2.1'de Mogan Gölü'nü besleyen derelere ilişkin bazı su kalite parametrelerini kapsayan az sayıdaki çalışma bulguları sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Mogan Gölü'nü besleyen derelere ilişkin farklı çalışma sonuçları

Dereler	TF (mg/L)	Periyot	Kaynak
Başpınar	0.712		Pulatsü ve Aydın (1997)
Gölcük			
Sukesen	0.325		
		1992-1994	
Yavrucak	0.478		
	0.198		Burnak ve Beklioğlu (2000)
Başpınar	0.143		
Gölcük		Mart 1997	
Sukesen		Nisan 1998	
Yavrucak	0.336		
	0.712		Fakıoğlu ve Pulatsü (2005)
Başpınar			
Gölcük	0.292	Ocak-Aralık 2003	
Sukesen			
Yavrucak	0.478		

	TF (mg/L)	AKM (mg/L)		
Başpınar	0.22-0.66	108-227		Karakoç vd. (2003)
Gölcük	0.10-0.13	747-166	Temmuz-1999	
Sukesen	0.35-0.07	< 10-18		
Yavrucak	0.27-0.7	190-85	Ekim-1999	

		TF	AKM	TA	
Başpınar	(0.06mg/L	12.49) (mg/L)	2.87(mg/L)		Kapan (2011)
Gölcük	-	-			
Sukesen				Ocak-Aralık	
	0.55	330	11.08	2008	
Yavrucak	0.13	48	2.69		

Küçükosmanoğlu ve Filazi (2020) çalışmalarında, gölü besleyen dereler ile yerleşim yerlerini dikkate alarak Mogan Gölü'nde beş farklı istasyon seçmişlerdir. Çalışma kapsamında, su ve sediment örneklerinde çeşitli fiziko-kimyasal parametreler ile ağır metal analizleri gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı su-sediment örneklerinde en fazla düzeyde Fe en düşük Hg tespit etmiştir. Bulgular, göl su-sediment kalitesindeki metallerin neden olduğu olumsuzlukların daha çok insan kaynaklı olduğunu ve göle olan deşarjlarla birlikte kirleticilerin uzun dönemli etkilerinin rutin olarak izlenmesi gerektiğini desteklemektedir.

Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi'nde yer alan ve Mogan ve Eymir Göllerini besleyen oniki dere düzensiz akış rejimine sahiptirler. Bu dereler genel olarak yaz mevsiminde kurumakta iseler de ilkbahar ve kış aylarında yağışlar nedeniyle debileri artmaktadır. 2015-2019 dönemini içeren Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi Yönetim Planı'na göre, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü tarafından Mogan-Eymir Gölleri ve bu gölleri besleyen derelerde -Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi

Yönetmeliği- çerçevesinde standart değerlerinin sağlanması hedefi konmuştur. Bu çalışma kapsamında, Mogan Gölü'nde dışsal kirlilik kaynaklarının kontrol altına alınması ve derelere akan suların arıtılması önemli bir adım olarak bildirilmiştir. Ayrıca göle giriş öncesi bazı dereler ile Çökek Bataklığına ulaşan dereler için bazı ön arıtım işlemlerinin yapılmasının önemi vurgulanmıştır (Anonim 2022).

2.4 İklim Değişikliğinin Yüzey Sularına Etkisine İlişkin Bildirişler

Günümüzde iklim değişikliğinin su kalitesi üzerindeki etkilerinin derecesini ve olasılığını tahmin etmek, hidroloji, kimya ve ekoloji gibi unsurlardaki değişkenlikler ile bu unsurların arasındaki karmaşık etkileşimler nedeniyle giderek güçleşmektedir. Genel olarak, iklim değişikliğinin ekosistemlerin su kalitesi üzerindeki etkileri, su kütlesinin havza içindeki coğrafi konumuna bağlı olarak farklılık göstermektedir.

İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan noktasal deşarjlar ile noktasal olmayan deşarjların, yüzey sularına karışarak besin elementlerini, patojen ve toksinleri alıcı ortamlara ulaştırdığı bilinmektedir. Murdoch vd. (2000) tarafından, uzun vadeli ekosistem izleme sonuçları ve yorumlayıcı modellerle yapılan simülasyon sonuçları bağlamında, iklim değişikliğinin (yağış ve sıcaklık) yüzey sularının kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılara göre, fırtınalar, karların erimesi, yüksek hava sıcaklığı veya kuraklık dönemleri sırasında ortaya çıkan su kalitesindeki değişiklikler, ekosistem tolerans eşiklerini aşan koşullara neden olarak su kalitesinin bozulması ile sonuçlanabilecektir. Ayrıca ısınma ve mevcut nemdeki değişikliklere bağlı su kalitesi değişiklikleri, büyük olasılıkla iklim kaynaklı stres dönemlerinde ve su kalitesini kontrol eden faktörlerin iklime duyarlı olduğu ekosistemlerde meydana gelecektir. Devam eden iklim stresi, ekosistem eşiklerinin aşılma sıklığını artıracak ve böylece kronik su kalitesi değişikliklerine yol açacaktır. Bu nedenle, daha sıcak bir iklimde yıllık ortalama değerler yerine yerel ekolojik eşiklere dayalı bir yönetim stratejisine ihtiyaç duyulacaktır. Araştırmacılar tarafından arazi kullanımındaki değişikliklerin de havzalardaki biyolojik, fiziksel ve kimyasal süreçleri dolayıyla yüzey sularının kalitesini değiştireceği ifade edilmiştir.

Andersson ve Arheimer (2003), Orta Güney İsveç'teki bir nehir havzasında (1400 km^2), çevresel koşullardaki değişikliklerin, nehrin azot taşınımı üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu amaçla, klimatolojik kayıtlar (1985–1994) kullanılarak 1885, 1905, 1927, 1956, 1976 ve 1994 yıllarına ilişkin normalize edilmiş azot yükleri tahmin edilmiştir. Çalışma, hem insan etkisi hem de doğal iklim değişikliği açısından bir dizi faktörün etkisini değerlendirmeyi ve entegre etmeyi mümkün kılarak, çevresel etki değerlendirmesinde süreç tabanlı modellemenin önemini göstermektedir. Dikkate alınan faktörler arasında arazi kullanımının etkileri, tarımsal uygulamalar, atmosferik birikim, barajların inşası ve iklim değişikliği yer almıştır. Ancak 10 yıllık klimatolojik verilerin seçimi, hesaplanan azot yükü üzerinde en büyük etkiye sahip faktör olarak tespit edilmiştir.

Anonymous (2008) tarafından, Birleşik Krallık'taki beş nehir sisteminde (Lambourn, Tamar, Lugg, Tweed ve Tame) iklim değişikliğinin su kalitesi üzerindeki potansiyel etkileri değerlendirilmiştir. Bu nehirler, farklı jeolojik ve coğrafi konumları temsil

etmekte veya nehirlerin tarımsal-noktasal kirlilik kaynaklarından etkilenme düzeyleri önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Araştırmada modeller debi, toplam ve çözünmüş fosfor, nitrat, amonyak, çökeltiler ve ekolojiyi (makrofitler ve epifitler) simüle etmek için kullanılmıştır. Tüm nehirlerde genel olarak, çözünmüş reaktif fosfor (SRP) konsantrasyonlarının kış aylarında azalacağı ve yaz-sonbahar aylarında artacağı belirtilmiştir. Modeller, kuzey Tweed Nehri'ndeki nitrat seviyelerinin organik azot salındıkça kışın yüksek kesimlerdeki kaynak sularında arttığını ve nehirdeki kuraklık ve artan denitrifikasyon nedeniyle yaz aylarında azaldığını göstermektedir. Tweed Nehri'nde nitrat değerlerindeki en yüksek artışın yaz mevsiminde olmasının ise tarımsal faaliyetler amacıyla arazi kullanımındaki değişikliklerden ve nehrin alt bölgelerindeki noktasal kirletici deşarjlarından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Tu (2009), Doğu Massachusetts'teki (ABD) simüle edilmiş nehir debisinin iklim değişikliğine, ortalama aylık azot yükünün ise hem iklime hem de arazi kullanımındaki değişikliklere duyarlı olduğunu belirtmiştir. Küçük Miami Nehri Havzası'nda tarım arazileri arttığında; en yağışlı iklim senaryosunda günlük ortalama besin elementi konsantrasyonlarının, en kurak iklim senaryosuna göre TF ve TA konsantrasyonlarında sırasıyla >%20 ve >%11 düzeyinde artışa yol açacağı ifade edilmiştir. Başka bir deyişle, çoğu simülasyon çalışmasında iklim değişikliği azot ve fosfor yüklerini arazi kullanımı değişikliklerinden daha fazla etkilese de bu etkiler, dikkate alınan arazi kullanım değişikliğinin türüne ve derecesine bağlı kalmıştır.

Benítez-Gilabert vd. (2010), İspanya'da iklim değişikliğinin bir sonucu olarak hava sıcaklığındaki artışa dikkat çekmişlerdir. Araştırmacılar, organik madde, nitrat ve çözünür reaktif ve çözünür reaktif fosfor konsantrasyonlarını kullanarak, 15 dağdaki doğal (bozulmamış-temiz) akarsuyun su kalitesindeki değişiklikleri belirlemişlerdir. İspanya'da 1973-2005 yılları arasında artan sıcaklıkların bir sonucu olarak, yukarıda sözü edilen parametrelerin iklim değişikliğinin varsayılan eğilimleriyle ilişkili bulunduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, ekstrem ve normal olaylar arasındaki denge (fırtına, taban suyu akışı), havza etkileri (arazi kullanımı ve arazi kullanımının buharlaşma ve yüzey akışı üzerindeki etkileri), akarsulara özgü olaylar (gaz çıkışı,

mineralizasyon) gibi unsurların da iklim değişikliğine karşı su kalitesindeki değişiklikleri anlamada yardımcı olabileceğini bildirmişlerdir.

Havens (2012), tarafından bildirildiğine göre, artan sıcaklık besin maddelerinin topraktan salınma hızını ve besin maddelerinin algler tarafından kolaylıkla kullanılabilecek formlara dönüşümünü artırarak göllere ve nehir ağızlarına ulaşacak besin girdilerini artıracaktır. Yükselen su sıcaklığı, sudaki oksijeni tüketen ve sedimentte mevcut besin elementlerinin salınımını uyaran bakteriyel aktivite hızlarının da artmasına neden olacaktır. Araştırmacı, iklim değişikliği sürecini beklemeden besin girdilerinin azaltılması gereğine ve mevcut besin elementi standartlarının göl - haliç ekosistemlerini ötrofikasyondan korumak için yetersiz kalabileceğine işaret etmiştir.

Altmühl Nehri (Bavaria, Almanya)'nin tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan besin elementi girdilerinden etkilendiği için, nehrin su kalitesinin yönetilmesi konusunun önem taşıdığı ifade edilmiştir (Mehdi vd. 2015). Bu nedenle SWAT analizi, arazi kullanım değişikliği senaryoları ile birlikte iklim değişikliğinin etkilerini belirlemede kullanılmıştır. Her iki unsur birleştirildiğinde, tek başına iklim değişikliği simülasyonlarına kıyasla, ortalama yıllık nitrat-azotu yükleri 3 kat ve toplam fosfor yükleri 8 kat artış göstermiştir. Ayrıca besin elementi yüklerinin, gelecekte artan yıllık yağış ile birlikte arazi kullanım senaryolarındaki ek gübre girdisi nedeniyle yükseleceği, Altmühl Gölü'nün yukarısındaki mısır alanlarının toplam fosfor, kışlık buğday alanlarının da nitrat-azotu yüklerine katkıda bulunacağı öngörülmüştür.

Günümüzde iklim değişikliği ve küresel ısınmanın yol açacağı değişikliklerin tüm yüzeysel su kaynaklarını etkilemesi söz konusudur. Anonymous (2023a) tarafından, bazı bölgelerde iklim değişikliği ve küresel ısınmanın bir sonucu olarak azalan yağışlar görüleceği, kuraklık koşullarının su kalitesini bozarak kirleticilerin konsantrasyonunda artışlar yaratacağı bildirilmiştir. İklim değişikliğinin etkisiyle nehirlerin hem sıcaklık hem hidrolojik fazlarının değişmesi beklenen bir diğer durumdur. Dolayısıyla göl ekosistemleri de girdi sularındaki bu değişimlere yanıt verecektir.

Anonymous (2007), İngiltere'de nehirlerde uyguladıkları model duyarlık analizi ile iklim değişikliği ve su kalitesi arasındaki bağlantıları ortaya koymuşlardır. Araştırma kapsamında, yaz aylarında azalan akış hızıyla birlikte $BOİ_5$ ve fosfor seviyelerinin arttığına, daha yüksek nitrifikasyon oranları nedeniyle amonyak seviyelerinin düştüğüne dikkat çekilmiştir.

İklim değişikliğinin, Türkiye'deki göl sularının hacmini, su seviyesini ve kalitesini olumsuz yönde etkilediğine ilişkin çalışmalar mevcuttur (Beklioğlu vd. 2017, Yüksel vd. 2011). Mogan ve Eymir Gölleri (Ankara)'nın antropojenik etkilere ve atmosferik değişimlere son derece hassas olarak bilinmekte olup, bu göllerin zaman içerisinde alansal olarak küçüldüğü ve göl çevresinde yer alan işletmelerin de olası iklim değişikliği odaklı sellerden olumsuz yönde etkilendiği bildirilmiştir (Apaydın ve Ocakoğlu 2020). Coppens vd. (2020) ise, sığ Mogan Gölü'nde çeşitli iklim senaryolarının olası etkilerini incelemek için Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) havza modeli ve PCLake göl modelini içeren birleşik bir modelleme yaklaşımı kullanmışlardır. Sonuçlar, daha düşük yağış ve daha yüksek sıcaklıkların akış oranlarını ve su seviyelerini büyük ölçüde azaltabileceğini göstermiştir. Sözü edilen model, dış besin yüklemesi ile su seviyeleri arasındaki etkileşimi, kurak dönemlerde göldeki besin konsantrasyonlarını ve klorofil-a ile siyanobakteri biyokütlesindeki artışları öngörmüştür.

Aktaş (2014), Akdeniz Havzası'nda yer alan Türkiye'nin küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden özellikle su kaynakları açısından ciddi bir şekilde etkileneceğini belirtmiştir. Araştırmacı, 2050 yılına kadar yıllık yağış miktarının 325 milyar $m^{3'}$e ve 193 milyar m^3 olan yüzey akışının 130 milyar $m^{3'}$e düşmesinin tahmin edildiğini bildirmiştir. Araştırmacı genel olarak toplam 25 havzada, 1995-2002 yılları arasında debileri yaklaşık 4 m^3/s olan yüzey sularında %16'lık bir düşüş, nehir suyu sıcaklıklarında ise yıllık 0.2 °C artış olduğunu ifade etmiştir. Bunun yanısıra buharlaşma potansiyeli nedeniyle yüzeyde çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında olası azalmalar söz konusudur. Çalışma kapsamında, artan sıcaklıklar sonucu, yüzey sularının hem niteliği hem niceliği değişebilirken, yüzey sularındaki bu azalmaların yalnız iklim değişikliği nedeniyle değil artan su çekimi ve arazi kullanımındaki değişikliklerden de kaynaklandığına dikkat çekilmiştir.

Duran-Encalada vd. (2017), küresel iklim değişikliğinin ABD-Meksika sınırı gibi suyun kıt olduğu bölgelerdeki sürdürülebilirlik açısından önemli bir endişe kaynağı olduğunu ve olmaya da devam edeceğini bildirmişlerdir. Çalışmada farklı su kalitesi parametrelerindeki değişimi tahmin etmek için, Uluslararası İklim Değişikliği Paneli tarafından üretilen sıcaklık/yağış için en olası senaryoları içeren bir model kullanılmıştır. Ayrıca, suyun niceliğini/kalitesini yöneten faktörlerin karmaşık etkileşimini ve bunların sosyal ve ekonomik koşullar üzerindeki etkilerini anlamak için bir sistem dinamiği modeli önerilmiştir. Araştırmacıların uyguladıkları model, 70 yıllık bir dönem için ekonomik kalkınmaya ilişkin riskleri önleyecek ve mevcut koşulları iyileştirme potansiyeline sahip politika ve kararları simüle etmektedir.

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın bir sonucu olarak yağışların azalabileceğine, su kaynakları azaldıkça kirleticilerin konsantrasyonu artacağından kuraklık koşullarının su kalitesini bozacağına dikkat çekilmiştir. Yine iklim değişikliğinden kaynaklanan taşkınların, su kirleticilerini artan miktarlarda su kütlelerine taşıyarak yüzeysel suların su kalitesini etkileyebileceği belirtilmiştir. Kırsal alanlarda iklim değişikliğinden kaynaklanan debiler, pestisit, gübre vb. kirleticilerin alıcı ortamlara yoğun bir şekilde girişine yol açacaktır. Kentsel yerleşim bölgelerinde ise, toksinler ve diğer kirletici maddeleri taşıyan sel sularının, kanalizasyon sistemlerini olumsuz etkileyeceği ifade edilmiştir. Bu bağlamda, içme suyunun *Cryptosporidium* gibi bakteriler, virüsler ve kistler tarafından kirlenmesinin su kaynaklı hastalık salgınlarını tetikleyebileceği, artan toksik kirlenmenin ise hem akut hem de kronik sağlıksal etkileri olabileceği bildirilmiştir. Daha yüksek yüzey suyu sıcaklıkları ve tarımsal kökenli yüzey akışlarıyla artan besin elementi yüklemesinin, nehirlerde ve göllerde alg artışlarına yol açabileceği de kaydedilmiştir (Anonymous 2022a, b, Anonymous 2023a).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma alanı

Ankara-Konya yolu üzerinde ve Ankara'nın 20 km güneyinde konumlanan Mogan Gölü, alüvyonal bir set gölüdür. Gölde avlanan belli başlı balık türleri; sazan, yayın, turna ve kadife balığıdır. Anonim (2017) tarafından, gölün yüzey alanı 6 km^2, ortalama derinliği 3-5 m, su kotu 972 m ve toplam su hacmi $13.5x10^6$ m^3 olarak bildirilmiştir. Göl yüzeyine düşen yağış miktarı ise $1,9x10^6 m^3$ /yıl olarak kaydedilmiştir. Gölcük, Sukesen, Başpınar, Gölova, Tatlım, Çolakpınar, Yavrucak ve Kaldırım Dereleri gölü besleyen dereler olarak bildirilmişse de günümüzde bu derelerden çoğunun kuruduğu tespit edilmiştir.

3.1.2 Araştırma istasyonlarının seçimi

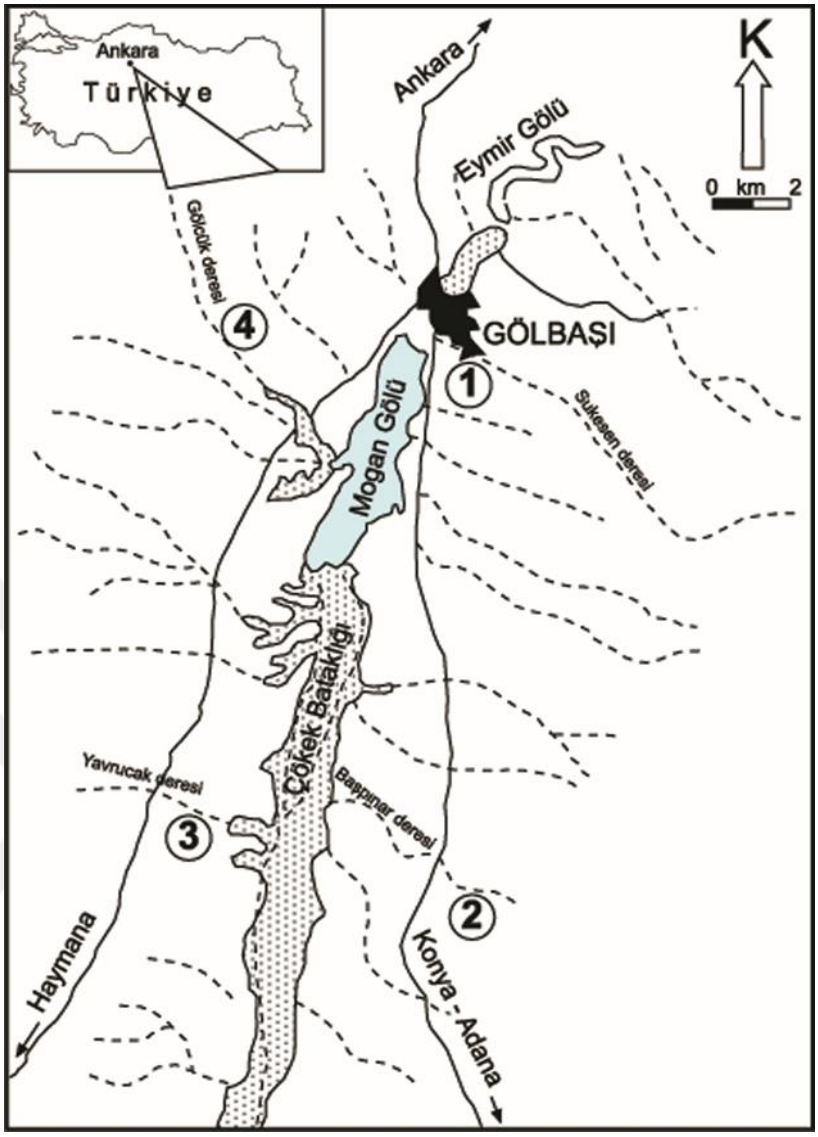
Araştırma kapsamında Mogan Gölü'nü kirleten kaynakları da temsil edecek şekilde seçilen ve göle akışı olan dört dereden su örneği alınmıştır (Şekil 1). Bu dereler şunlardır:

1- Sukesen Deresi: Taş ocakları ve yerleşim yerlerinden gelen atık suları göle taşıyan dere,

2- Başpınar Deresi: Yerleşim yerleri ve tarımsal faaliyetlerden gelen atık suları göle taşıyan dere,

3- Yavrucak Deresi: Tarımsal faaliyetlerden gelen atık suları göle taşıyan dere,

4- Gölcük Deresi: Tarımsal faaliyetlerden gelen atık suları göle taşıyan dere.



Şekil 3.1 Araştırma alanı ve seçilen istasyonlar

1: Sukesen Deresi - 39°47,350"K, 32°48,266"D
2: Başpınar Deresi - 39°46,616"K, 32°48, 149"D
3: Yavrucak Deresi - 39°47,542"K, 32°48,205"D
4: Gölcük Deresi - 39°45,436"K, 32°45,568"D

3.2 Yöntem

Mogan Gölü'nü besleyen derelerden, Aralık-2022, Şubat-2023, Nisan-2023 döneminde olmak üzere üç kez örnekleme yapılmıştır. Ayların seçiminde önceki meteorolojik veriler doğrultusunda yoğun yağış alma olasılığı olan aylar esas alınmıştır. Su örnekleri karanlık ve soğuk ortamda laboratuvara ulaştırılmıştır.

Filtre edilmeyen su örneklerinde toplam fosfor (TF), toplam azot (TA), toplam organik karbon (TOK), toplam askıda katı madde (AKM) analizleri ile ağır metal (Cd, As, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg, Cr) analizleri, TÜRKAK tarafından akredite edilen bir laboratuvarda 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Analizlerde kullanılan yöntemler Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1 Dere suları analizlerinde kullanılan yöntemler

Parametreler	Yöntemler
Toplam fosfor (TF)	TS EN ISO 17294-1.2
Toplam azot (TA)	SM 4500 Norg B, SM 4110 B
Toplam organik karbon (TOK)	TS 8195 EN 1484
Askıda katı madde (AKM)	SM 2540 D
Ağır metaller (Cd, As, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg, Cr)	TS EN ISO 17294-1.24

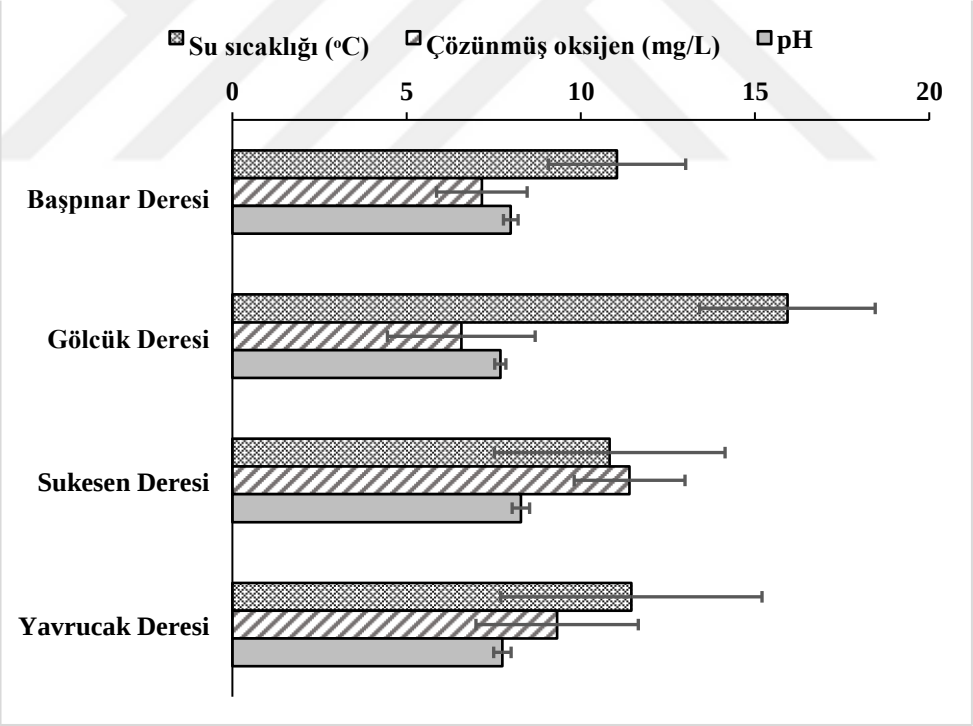
3.3 İstatistiki Analizler

Kruskal Wallis testi ile aylara ve derelere göre parametrelerin ölçüm-konsantrasyon değerleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenmiştir. Hangi aylar ve dereler arasında fark bulunduğu post hoc çoklu karşılaştırmalar testlerinden Tukey testi ile tespit edilmiştir. Parametrelerin ölçüm-konsantrasyon değerleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı ise Spearman korelasyon katsayısı ile elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı iki değişken arasındaki ilişkinin yönü, miktarı ve kuvveti olarak yorumlanmaktadır. İlişkinin miktarı -1.00 ile +1.00 arasında değişmekte olup , ilişkinin kuvveti; 0.00-0.30: düşük seviyede; 0.31-0.70: orta düzeyde; 0.70-1.00: yüksek düzeyde ilişki olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, ele alınan parametrelerin potansiyel kaynaklarını belirlemek amacıyla varimax rotasyonlu Temel Bileşen Analizi/Faktör Analizi (PCA/FA) yapılmıştır. PCA için uygun veri setini belirlemek amacıyla Bartlett küresellik ve KaiserMeyer-Olkin (KMO) testleri uygulanmıştır. KMO, sorumlu (olası) faktörlerin neden olabileceği ortak varyansı gösterdiği için örneklemenin kabul edilebilirliğinin bir ölçüsüdür. KMO değerinin 1'e yakın olması numunelerin kabul edilebilir olduğunu veya PCA'nın daha etkili olabileceğini düşündürmektedir (Kolassa 2020). Tüm istatistiksel analizler SPSS 22 kullanılarak yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Besin Elementleri ve Askıda Katı Madde Değerlerinin Aylara - Derelere Bağlı Değişimine İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında, şubat ve nisan aylarında tüm derelerin su sıcaklığı değerleri istatistiki olarak önemli seviyede saptanmıştır ($p<0.05$). Aylara ve derelere göre su sıcaklığı değerleri 6.48-13.25 °C arasında değişmiştir. Aylara göre çözünmüş oksijen değerleri de tüm derelerde istatistiki açıdan önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Tüm derelerde minimum oksijen değerleri nisan ayında ölçülmüştür. Örnekleme yapılan aylarda pH değerleri ise 5.61- 8.61 arasında değişmiştir. Dereler bazında ölçüm yapılan üç ayın (aralık-şubat-nisan) ortalama değerlerine ilişkin su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve pH sonuçları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Derelere ilişkin ortalama su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve pH değerlerinin değişimi

Askıda katı madde değerlerinin her bir dere için aylara göre değişimi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Maksimum askıda katı madde değerleri, Gölcük Deresi'ne ait olup, şubat (34.68 mg/L) ve nisan (40.30 mg/L) aylarında ölçülmüştür. Bu değerleri aralık ayında 23.45 mg/L olarak ölçülen AKM değeri ile Başpınar Deresi ve nisan ayında 3.38 mg/L olarak ölçülen Sukesen Deresi izlemiştir. Minimum askıda katı madde değerleri ise, Yavrucak Deresi'nde şubat ve nisan aylarında sırasıyla 1.25 mg/L ve 1.28 mg/L ölçülmüştür. Bu parametre bakımından aralık ve şubat ayında dereler arası farklılık istatistiki açıdan önemli seviyede saptanmıştır ($p<0.05$) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1'de görüleceği üzere, tüm dere sularında toplam azot değerlerinin aylara bağlı değişimi, istatistiki olarak önemli seviyede bulunmuştur ($p<0.05$). Maksimum toplam azot değeri, 8.64 mg/L olarak nisan ayında Gölcük Deresi'nde belirlenirken, minimum değer (0.92 mg/L) Yavrucak Deresi'ne aittir. Bu parametre açısından, şubat ve nisan aylarında dereler arası farklılık da istatistiki olarak önemli seviyededir ($p<0.05$).

Her bir dere suyuna ilişkin toplam fosfor değerlerinin aylara bağlı değişimi istatistiki açıdan önemli seviyede tespit edilmiştir ($p<0.05$). Tüm derelerde minimum toplam fosfor değerleri, 0.01-0.27 mg/L arasında değişmiş olup, aralık ayında ölçülmüştür. Çalışma periyodunca belirlenen en yüksek toplam fosfor değer ise 236.95 mg/L olarak nisan ayında Gölcük Deresi'nde ölçülmüş, bu değeri şubat ayına ait 77.45 mg/L TF değeri ile Sukesen Deresi izlemiştir (Çizelge 4.1).

Toplam organik karbon değerleri, dikkate alınan tüm derelerde şubat ayında maksimum seviyede (23.58-36.90 mg/L), nisan ayında ise minimum seviyede (1.91-2.75 mg/L) seyretmiştir (Çizelge 4.1). Tüm derelerin toplam organik karbon değerleri şubat ayında istatistiki açıdan önemli seviyede farklılık gösterirken ($p<0.05$), bu parametre bakımından nisan ayında dereler arası farklılık istatistiki açıdan önemli düzeyde bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 4.1 Bazı su kalite özelliklerinin aylara ve derelere göre değişimi göstermektedir ($p<0.05$)

Dereler	Parametreler	Aylar		
		Aralık	Şubat	Nisan
		Ortalama ± SD	Ortalama ± SD	Ortalama ± SD
Başpınar	AKM	23.45±0.57 ^{aA*}	16.13±0.25 ^{bA}	19.18±0.30 ^{cA}
	TA	6.10±0.12 ^{aA}	6.75±0.14 ^{bA}	7.29±0.13 ^{cA}
	TF	0.07±0.01 ^{aA}	51.40±1.90 ^{bA}	18.90±0.91 ^{cA}
	TOK	3.10±0.11 ^{aA}	33.33±0.40 ^{bA}	2.01±1.18^{aA}
Gölcük	AKM	12.15±0.41^{aB}	34.68±0.38 ^{bB}	40.30±0.42^{cB}
	TA	0.99±0.05^{aB}	8.02±0.08 ^{bB}	8.64±0.06^{cB}
	TF	0.27±0.02 ^{aB}	22.99±0.98 ^{bB}	236.95±3.21^{cB}
	TOK	5.40±0.20B^{aB}	36.60±1.44 ^{bB}	2.75±0.63^{cA}
Sukesen	AKM	7.50±0.36^{aC}	2.63±0.17 ^{bC}	19.63±0.22^{cA}
	TA	2.19±0.07^{aC}	4.49±0.01 ^{bC}	1.00±0.03^{cC}
	TF	0.07±0.01 ^{aA}	77.45±1.77 ^{bC}	4.20±0.22^{cC}
	TOK	3.25±0.61^{aA}	29.70±0.86 ^{bC}	1.91±1.00^{aA}
Yavrucak	AKM	3.38±0.40^{aD}	1.25±0.13 ^{bD}	1.28±0.17^{bC}
	TA	3.08±0.04^{aC}	2.95±0.04 ^{bD}	0.92±0.01^{cC}
	TF	0.01±0.00 ^{aC}	3.99±0.34 ^{bD}	2.49±0.33^{cC}
	TOK	3.42±0.22^{aA}	23.58±2.17 ^{bD}	2.53±0.89^{aA}

* : Aynı satırdaki farklı küçük harfler bir deredeki her bir parametrenin aylar arası farklılığını, **: Aynı sütundaki farklı büyük harfler ise aynı parametrenin dereler arası farklılığını

Bu çalışma ile derelerde tespit edilen toplam fosfor konsantrasyon değerlerinin, Çizelge 4.1'de sunulan önceki yıllara ait bulgular ile karşılaştırıldığında yıllar bazında yaklaşık 100 katlık bir artış gösterdiği, dere sularını etkileyen noktasal-noktasal olmayan kirletici kaynakların çeşidine bağlı olarak fazla fosfor taşıyan dere sıralamasının değiştiği görülmektedir.

4.2 Dere Sularının Kalite Sınıflarına İlişkin Bulgular

Çizelge 4.2'de dikkate alınan dört dereye ilişkin su kalite sınıfları sunulmuştur. "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" (Anonim 2016)'e göre, I. Sınıf su kalite sınıfına sahip sular; yüksek kaliteli sular olup, içme suyu olma

potansiyeli yüksek olan yerüstü suları, yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir suları, alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte sular ile hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte sular kapsamaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan parametrelerden; çözünmüş oksijen değerlerine göre Sukesen ve Yavrucak Dereleri I. Sınıfa dahil iken, pH değerleri açısından tüm dere suları I. Sınıf su kalitesine sahiptir. Aynı sınıflandırma kapsamında, II. Sınıf - az kirlenmiş su kategorisindeki sular, I. Sınıf su kalite özellikleri yanında -Mer'i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlayan sulama sularını- kapsamaktadır. Başpınar ve Gölcük Dereleri, çözünmüş oksijen ve toplam azot değerleri açısından bu sınıfa dahil bulunmuştur. III. Sınıf - kirlenmiş su sınıfındaki sulara, gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suları girmektedir. Çalışma kapsamında dikkate alınan tüm dere sularının toplam fosfor değerleri, III. sınıfa işaret etmektedir.

Çizelge 4.2 Anonim (2016)'ya göre dere sularının farklı parametrelerine ilişkin kalite sınırları

	Bu çalışma						
Parametreler	I	II	III	B*	G	S	Y
Çözünmüş oksijen (mg/L)	>8	6	<6	II	II	I	I
pH	6-9	6-9	6-9	I	I	I	I
Toplam fosfor (mg/L)	<0.08	0.2	>0.2	III	III	III	III
Toplam azot (mg/L)	<3.5	11.5	>11.5	II	II	I	I

*B: Başpınar Deresi; G: Gölcük Deresi; S: Sukesen Deresi; Y: Yavrucak Deresi

4.3 Derelerde Su Kalite Parametrelerinin Olası Kaynaklarına İlişkin Bulgular

Başpınar Deresi'nden alınan yedi ölçümün faktöriyel yapısını belirlemek amacıyla Temel Bileşenler yöntemiyle faktör analizi yapılmıştır. KMO istatistiğinin 0.50 değerinden büyük olması, örneklem büyüklüğünün yeterliliğine işaret etmektedir. Barlett's küresellik testi ise verilerin faktör analizine uygunluğunu test eder ve Sig. değerinin 0.05 değerinden düşük olması beklenir. Çizelge 4.3'e göre, 1 özdeğerinden büyük iki faktör bulunmuştur. Yedi ayrı ölçüm, iki grup altında toplanmıştır. 1. faktörde TF, TOK, AKM, pH ölçümleri yer alırken ölçülen yapının %62'sini bu dört ölçüm oluşturmaktadır. 2. faktörde ÇO, su sucaklığı ve TA ölçümleri yer almaktadır. Faktör yükleri incelendiğinde 1.faktördeki TF ölçümünün, negatif yönlü ve Başpınar Deresi için en belirleyici parametre olduğu görülmektedir. Bu sonuç, özellikle yerleşim yerlerinden ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atık suların ulaştığı bu derenin kirliliğinden en olumsuz etkilenen parametrelerin TF ve TOK olduğunu desteklemektedir.

Gölcük Deresi için yapılan faktör analizinde ise, 1. faktörde ÇO, TA ve AKM ölçümleri yer alırken ölçülen yapının %61'ini bu üç ölçüm oluşturmaktadır. 2. faktörde su sıcaklığı, TOK, TF ve pH ölçümleri yer almaktadır. Bu bağlamda, Gölcük Deresi'ne ilişkin ÇO, TA ve AKM değerleri de tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgede yer alan bu derenin kirlenme düzeyinden en çok etkilenen parametreler olarak gözükmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3 Başpınar Deresi için faktör analizi sonuçları

Faktör	Başlangıç özdeğerler		Kümülatif (%)	Değişkenler	Faktör	
	Toplam	Varyans (%)			1	2
1	4.308	61.541	61.541	TF	-.996	
2	2.583	36.907	98.448	TOK	-.948	.315
3	.061	.869	99.317	AKM	.942	.327
4	.040	.576	99.892	pH	.884	.448
5	.004	.059	99.951	ÇO		.956
6	.002	.025	99.976	Su sıc.		-.952
7	.002	.024	100.000	TA	-.326	-.931

Çizelge 4.4 Gölcük Deresi için faktör analizi sonuçları

Faktör	Başlangıç özdeğerler		Kümülatif (%)	Değişkenler	Faktör 2	
	Toplam	Varyans (%)			1	
1	4.275	61.067	61.067	ÇO	.993	
2	2.551	36.438	97.505	TA	.989	
3	.168	2.404	99.909	AKM	.965	
4	.005	.073	99.982	Su sıc.		.990
5	.001	.011	99.993	TOK	.502	-.863
6	.000	.005	99.998	TF	.512	.852
7	.000	.002	100.000	pH	.549	.754

Sukesen Deresi için yapılan faktör analizi sonuçlarına göre 1 özdeğerinden büyük iki faktör bulunmuştur (Çizelge 4.5). 1. faktörde çözünmüş oksijen dışında bütün parametreler yer almakta olup, Sukesen Deresi'ne ulaşan atık suların özellikle TOK ve TF ölçüm değerlerine katkısının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yavrucak Deresi sularının ise, su sıcaklığı başta olmak AKM, ÇO, TF ve TA ölçümleri üzerinde önemli katkısı söz konusudur (Çizelge 4.6). Bu bağlamda, tarımsal faaliyet atık sularının ulaştığı Yavrucak Deresi'nin özellikle AKM ve ÇO parametreleri üzerindeki olumsuz etkisinden söz edilebilinir.

Çizelge 4.5 Sukesen Deresi için faktör analizi sonuçları

Faktör	Başlangıç özdeğerler		Kümülatif (%)	Değişkenler	Faktör	
	Toplam	Varyans (%)			1	2
1	5.583	79.753	79.753	TOK	.984	
2	1.405	20.069	99.821	TF	-.969	
3	.008	.116	99.937	pH	.957	
4	.003	.049	99.987	TA	.887	.458
5	.001	.007	99.994	Su sıc.	.844	.536
6	.000	.004	99.999	AKM	-.729	-.683
7	.000	.001	100.000	ÇO		1.000

Çizelge 4.6 Yavrucak Deresi için faktör analizi sonuçları

Faktör	Başlangıç özdeğerler		Kümülatif (%)	Değişkenler	Faktör 2	
	Toplam	Varyans (%)			1	
1	4.418	63.108	63.108	Su sıc.	-.992	
2	2.487	35.523	98.631	AKM	.947	
3	.037	.535	99.165	ÇO	.937	-.342
4	.036	.507	99.673	TF	-.788	.599
5	.020	.279	99.952	TA	.750	.656
6	.003	.041	99.993	pH		-.982
7	.000	.007	100.000	TOK		.972

4.4 Ağır Metal Konsantrasyon Değerlerinin Aylara - Derelere Bağlı Değişimine İlişkin Bulgular

Çizelge 4.7'de çalışmada her bir dere için ele alınan sekiz ağır metalin aylara göre değişimi ve her bir ağır metalin aylar bazında derelere göre değişimi sunulmuştur. Her bir dere için tüm ağır metallerin aylara göre farklılaştığı belirlenmiştir.

Başpınar Deresi'nde aralık ayı Cr, Ni ve As değerleri, diğer iki aya göre istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Gölcük Deresi'nde Ni, Cd ve Hg değerleri şubat ve nisan aylarında istatistiki olarak anlamlı bir fark göstermezken ($p>0.05$), Cr, Cu, Zn, As ve Pb değerleri arasında aynı aylar için istatistiki açıdan farklılık önemli seviyede ($p<0.05$) saptanmıştır. Sukesen Deresi için As tüm aylar bazında istatistiki olarak önemli seviyede ($p<0.05$) farklılık göstermiştir. Aynı dere için aralık ayı Cr değeri şubat ve nisan ayı verilerinden, nisan ayı Ni değerleri ise aralık ve şubat ayı verilerinden istatistiki açıdan önemli seviyede ($p<0.05$) farklı bulunmuştur. Yavrucak Deresi'nde şubat ve nisan ayı As ve Hg konsantrasyonları arasındaki istatistiki olarak anlamlı bir fark göstermemiştir ($p>0.05$). Tüm derelerde aralık ayında Cu, Cd, Hg ve Pb konsantrasyonları, Cr

konsantrasyon değerleri ise Gölcük ve Yavrucak Dereleri'nde detection limitlerinin altında kalmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7'de görüleceği üzere, her bir ağır metalin aylık konsantrasyon değerleri de derelere göre farklılık göstermiştir. Başpınar Deresi'nde Cr konsantrasyonu, nisan ayında (2.41µg/L), Zn konsantrasyonu şubat ayında (1.64 µg/L) maksimuma ulaşarak diğer derelere göre istatistiki olarak anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Sukesen Deresi'nde Ni konsantrasyonunun şubat ayında (3.51 µg/L), Cu konsantrasyonunun ise (1.54 µg/L) nisan ayında diğer derelere göre istatistiki açıdan önemli düzeyde ($p<0.05$) farklılık gösterdiği saptanmıştır. As tüm aylarda Başpınar Deresi'nde yüksek saptanmış olup, As konsantrasyon verilerine göre dereler, Başpınar Deresi>Sukesen Deresi>Gölcük Deresi>Yavrucak Deresi olarak sıralanmıştır. As konsantrasyonu bakımından şubat ayında Gölcük ve Yavrucak Dereleri arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli düzeyde değildir ($p>0.05$). Başpınar Deresi'nde şubat ayında belirlenen Cd ve Hg konsantrasyon değerleri sırasıyla 0.39 µg/L ve 0.07 µg/L olup, diğer derelere göre istatistiki açıdan önemli seviyede farklılık gösterirken ($p<0.05$), Pb konsantrasyonunun şubat ve nisan aylarında derelere göre gösterdiği farklılık istatistiki olarak önemli seviyede bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 4.7 Ağır metal konsantrasyonlarının aylara ve derelere bağlı değişimi

Yavrucak Deresi	Cr	<DL	0.16 ± 0.03^{aB}	0.58 ± 0.06^{bC}
	Ni	0.71 ± 0.21^{aAB}	0.45 ± 0.16^{aC}	2.50 ± 0.11^{bB}
	Cu	<DL	0.40 ± 0.09^{aB}	0.05 ± 0.02^{bB}
	Zn	<DL	0.36 ± 0.11^{aB}	0.18 ± 0.04^{bAB}
	As	1.28 ± 0.31^{aD}	1.90 ± 0.29^{bB}	2.00 ± 0.17^{bC}
	Cd	<DL	0.05 ± 0.03^{aB}	0.02 ± 0.01^{bA}
	Hg	<DL	0.02 ± 0.01^{aB}	0.02 ± 0.01^{aA}
	Pb	<DL	0.02 ± 0.02^{aA}	0.95 ± 0.12^{bA}

Çizelge 4.7 Ağır metal konsantrasyonlarının aylara ve derelere bağlı değişimi (devam)

Dereler	Metaller	Aralık Ortalama± SD (µg/L)	Şubat Ortalama ± SD (µg/L)	Nisan Ortalama ± SD (µg/L)
Başpınar Deresi	Cr	$0.29 \pm 0.04^{a*A**}$	2.18 ± 0.23^{bA}	2.41 ± 0.18^{bA}
	Ni	0.37 ± 0.28^{aA}	1.57 ± 0.00^{bA}	2.00 ± 0.68^{bA}
	Cu	<DL***	0.63 ± 0.21^{aAB}	0.49 ± 0.31^{aA}
	Zn	0.53 ± 0.24^{aA}	1.64 ± 0.42^{bA}	0.33 ± 0.05^{aA}
	As	17.94 ± 1.45^{aA}	26.39 ± 1.85^{bA}	27.41 ± 2.13^{bA}
	Cd	<DL	0.39 ± 0.06^{aA}	0.01 ± 0.01^{bA}
	Hg	<DL	0.07 ± 0.02^{aA}	0.04 ± 0.04^{bA}
	Pb	<DL	0.08 ± 0.03^{aA}	0.55 ± 0.19^{bA}
Gölcük Deresi	Cr	<DL	0.25 ± 0.00^{aB}	0.06 ± 0.02^{bB}
	Ni	0.80 ± 0.14^{aB}	3.06 ± 0.00^{bB}	2.98 ± 0.15^{bB}
	Cu	<DL	0.75 ± 0.07^{aA}	0.04 ± 0.01^{bB}
	Zn	<DL	0.50 ± 0.07^{aB}	0.02 ± 0.01^{bB}
	As	5.11 ± 0.10^{aB}	4.22 ± 0.38^{aB}	12.02 ± 0.91^{bB}
	Cd	<DL	0.2 ± 0.07^{bB}	0.31 ± 0.07^{bB}
	Hg	<DL	0.02 ± 0.01^{aB}	0.01 ± 0.01^{aA}
	Pb	<DL	0.06 ± 0.04^{aA}	0.95 ± 0.12^{bA}
Sukesen Deresi	Cr	0.36 ± 0.02^{aB}	0.64 ± 0.10^{bC}	0.76 ± 0.07^{bC}
	Ni	3.45 ± 0.04^{aC}	3.51 ± 0.66^{aB}	2.34 ± 0.30^{bAB}
	Cu	<DL	0.87 ± 0.09^{aB}	1.54 ± 0.00^{bC}
	Zn	0.21 ± 0.07^{aB}	0.71 ± 0.04^{bB}	0.55 ± 0.19^{bB}
	As	8.16 ± 0.63^{aC}	11.18 ± 1.13^{bC}	14.14 ± 0.0^{cB}
	Cd	<DL	0.18 ± 0.08^{aB}	0.10 ± 0.02^{bC}
	Hg	<DL	0.02 ± 0.01^{aB}	0.03 ± 0.02^{bA}
	Pb	<DL	0.08 ± 0.03^{aA}	0.87 ± 0.15^{bA}

*: Aynı satırdaki farklı küçük harfler bir deredeki her bir ağır metalin aylar arası farklılığını,
**: Aynı sütundaki farklı büyük harfler ise aynı ağır metalin dereler arası farklılığını göstermektedir ($p<0.05$)
***: Tespit sınırının altında kalan değer

4.5 Derelerdeki Ağır Metallerin Olası Kaynaklarına İlişkin Bulgular

Tez çalışmasında kullanılan temel bileşen analizi, derelerin maruz kaldığı kirletici kaynakların içerdiği ağır metaller ve bu metallerin derelerin kirliliğine katkı durumlarını tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. Analiz sonucunda Başpınar Deresi'nde 1 özdeğerinden büyük iki faktör bulunmaktadır. 1. faktörde; Ni, Cr, As, Pb ve Cu metalleri gruplanmış ve bu metallerin sahip olduğu varyans %56 olarak belirlenmiştir. 2. faktörde ise Cd, Zn ve Hg gruplanmıştır ve açıkladığı varyans %29'dur (Çizelge 4.8). Başpınar Deresi'nin yerleşim yerleri ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bir konumda bulunması, farklı ağır metal düzeylerindeki katkı ve yüksekliği de desteklemektedir.

Gölcük Deresi'nde toplam varyansın %53'ünü açıklayan 1. temel bileşende bulunan metaller, Cr, Cu, Zn, Hg ve Ni olup, diğer metallere göre daha güçlü pozitif yüklere sahiptir. 2. Faktörde gruplanan Pb, As ve Cd'un açıkladığı varyans %40 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.9). Özellikle şubat ayında Cu ve Ni konsantrasyonlarının bu dere sularında diğer iki aya göre daha yüksek belirlendiği görülmüştür. Her iki derenin taşıdığı evsel-tarımsal faaliyet odaklı sular, ağır metal konsantrasyonlarının (özellikle Ni and Cr) artışından sorumlu gözükmektedir.

Sukesen Deresi'nde toplam varyansın %49'unu açıklayan 1. temel bileşende bulunan Pb Ni, As, Cu ve Cr diğer metallere göre daha güçlü yüklere sahiptir. 2.faktörde ise Zn, Cd, Cu, Hg, As gruplanarak açıkladığı varyans %39 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Yavrucak Deresi için de 1 özdeğerinden büyük iki faktör bulunmakta olup, Pb, Ni, Cr metallerinin gruplandığı 1. faktördeki metallerin sahip olduğu varyans %49 olarak, 2. faktörde Zn, Cd, Cu, Hg ve As gruplanmış olup, açıkladığı varyans %39 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Tarımsal faaliyet atık sularının ulaştığı Yavrucak Deresi'ne ilişkin nisan ayı kurşun konsantrasyonu (0.95 µg/L), tarımsal faaliyet atık sularının ulaştığı bir diğer dere olan

Gölcük Deresi Pb konsantrasyonu ile benzerlik göstermiştir. Bu konsantrasyon değeri, Başpınar (0.55 µg/L) ile Sukesen Dere (0.87 µg/L), sularına göre de daha yüksek

saptanmıştır. Sukesen Deresi ve Gölcük Deresi'ne ilişkin Pb, Ni ve As gibi metallerin, gerek yerleşim yerlerinden gerekse tarımsal aktivitelerden ulaşan atık sular tarafından kontrol edildiği söylenebilir.

Çizelge 4.8 Başpınar Deresi için faktör analizi

Faktör	Başlangıç özdeğerler		Kümülatif	Değişkenler	Faktör	
	Toplam	Varyans (%)	(%)		1	2
1	4.443	55.535	55.535	Ni	.931	
2	2.328	29.097	84.633	Cr	.929	.305
3	.694	8.671	93.303	As	.881	
4	.235	2.939	96.243	Pb	.838	.506
5	.136	1.702	97.944	Cu	.732	.361
6	.095	1.181	99.125	Cd		.945
7	.046	.571	99.696	Zn		.943
8	.024	.304	100.000	Hg	.391	.695

Çizelge 4.9 Gölcük Deresi için faktör analizi

Faktör	Başlangıç özdeğerler			Faktör		
	Varyans		Kümülatif	Değişkenler		
	Toplam	1	2			
		(%)	(%)			
1	4.269	53.362	53.362	Cr	.987	
2	3.165	39.560	92.922	Cu	.981	
3	.382	4.772	97.694	Zn	.957	
4	.116	1.454	99.148	Hg	.751	.376
5	.043	.540	99.689	Ni	.700	.679
6	.017	.214	99.903	Pb		.941
7	.006	.076	99.979	As	-.369	.919
8	.002	.021	100.000	Cd	.402	.884

Çizelge 4.10 Sukesen Deresi için faktör analizi

Faktör	Başlangıç özdeğerler			Değişkenler	Faktör	
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)		1	2
1	5.236	65.444	65.444	Pb	.947	
2	1.595	19.937	85.382	Ni	-.904	.430
3	.609	7.610	92.992	As	.856	.522
4	.278	3.472	96.463	Cu	.837	.540
5	.162	2.030	98.494	Cr	.773	.535
6	.091	1.140	99.633	Hg	.546	.929
7	.029	.359	99.992	Cd		.924
8	.001	.008	100.000	Zn		

Çizelge 4.11 Yavrucak Deresi için faktör analizi

Faktör	Başlangıç özdeğerler			Değişkenler	Faktör	
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)		1	2
1	3.922	49.027	49.027	Pb	.992	
2	3.133	39.168	88.195	Ni	.971	
3	.579	7.233	95.428	Cr	.968	
4	.193	2.407	97.835	Zn		.980
5	.129	1.608	99.443	Cd		.875
6	.036	.453	99.896	Cu	-.354	.833
7	.007	.084	99.980	Hg	.515	.724
8	.002	.020	100.000	As	.550	.693

4.6 Korelasyon Analizine İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında ele alınan tüm parametrelerin ölçüm-konsantrasyon değerleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı Spearman korelasyon katsayısı ile elde edilmiştir (Çizelge 4.12). Su sıcaklığı ile ÇO arasında -0.564 olan negatif (zıt) yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişkiyi ifade etmektedir. Bir başka deyişle su sıcaklığı artarken ÇO değerleri azalmaktadır. Bu durum, yüzey sularında çözünmüş oksijenin esas olarak su sıcaklığı tarafından kontrol edildiği olgusu ile örtüşmektedir. pH değerleri ile çözünmüş oksijen arasında 0.615 olan pozitif yönlü ilişki de orta düzeyde anlamlı bir ilişkiye işaret etmektedir. Ayrıca toplam fosforun askıda katı madde, toplam azot ve toplam karbon arasındaki korelasyonu da anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Sözü edilen dört parametre arasındaki korelasyonların istatistiki açıdan anlamlı belirlenmesi, bu parametrelerin benzer kaynaklardan köken aldığına işaret etmektedir.

Ağır metallerin konsantrasyon değerleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı Spearman korelasyon katsayısı ile elde edilmiştir. Ağır metallerin gerek kaynakları gerekse taşınım yolları hakkında bir değerlendirmede bulunmak için metallerin arasındaki korelasyon dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, pozitif değerler ağır metallerin ortak bir kaynaktan köken alma ve taşınım esnasında birlikte bulunma, negatif değerler ise bu elementlerin kaynaklarının farklı olduğu şeklinde değerlendirilmektedir (Binici vd. 2021). Spearman korelasyon analizi sonuçlarına ($p<0.05$) göre, Cd-Hg (pozitif yönlü), Cu-Cd (pozitif yönlü) and Cu-Hg (pozitif yönlü) arasında güçlü ilişkiler olduğu görülmektedir (Çizelge 4.12). Bu metallerin dereler arasında istatistiki açıdan önemli değişiklikler göstermesi (Çizelge 4.7), derelerin çevresinde bu ağır metaller için benzer ve önemli kirletici kaynaklar olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.12 Derelerde su kalite parametrelerine ilişkin Spearman korelasyon matriks analizi (*p<0.05)

		Su Sıcaklığı	ÇO	pH	AKM	TA	TF	TOK	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Su sıc.	r	1,000														
	p															
ÇO	r	-.564*	1.000													
	p	.000														
pH	r	-.328*	.615*	1.000												
	p	.023	.000													
AKM	r	.196	-.152	.040	1.000											
	p	.183	.301	.788												
TA	r	-.079	-.169	-.068	.647*	1.000										
	p	.595	.249	.644	.000											
TF	r	.070	-.213	-.081	.324*	.581*	1.000									
	p	.634	.147	.585	.025	.000										
TOK	r	-.276	-.064	-.395*	-.114	.232	.311*	1.000								
	p	.057	.664	.005	.440	.113	.032									
Cr	r	-.184	-.011	.395*	.007	.051	.364*	-.115	1.000							
	p	.211	.943	.005	.962	.732	.011	.438								
Ni	r	.263	.285*	.333*	.164	.173	.436*	.068	.286*	1.000						
	p	.071	.049	.021	.266	.239	.002	.646	.049							
Cu	r	-.270	.126	.033	.100	.181	.699*	.224	.601*	.321*	1.000					
	p	.063	.395	.825	.498	.219	.000	.126	.000	.026						
Zn	r	-.525*	.158	.248	.127	.249	.442*	.374*	.661*	.143	.665*	1.000				
	p	.000	.283	.090	.389	.088	.002	.009	.000	.332	.000					
As	r	-.114	-.233	.378*	.528*	.408*	.409*	-.173	.658*	.089	.303*	.538*	1.000			
	p	.439	.111	.008	.000	.004	.004	.240	.000	.549	.036	.000				
Cd	r	-.053	-.077	-.126	.272	.492*	.913*	.364*	.365*	.387*	.750*	.539*	.308*	1.000		
	p	.719	.604	.392	.062	.000	.000	.011	.011	.007	.000	.000	.033			
Hg	r	-.060	-.162	-.149	.044	.263	.718*	.246	.594*	.219	.746*	.570*	.319*	.784*	1.000	
	p	.683	.273	.314	.769	.071	.000	.092	.000	.135	.000	.000	.027	.000		
Pb	r	.306*	-.095	.061	.176	.129	.653*	-.250	.488*	.383*	.626*	.205	.251	.645*	.623*	1,000
	p	.035	.519	.682	.231	.383	.000	.087	.000	.007	.000	.162	.085	.000	.000	

4.7 Dere Suları Kalitesinin Çevresel Kalite Standartları Kapsamında Değerlendirilmesi

Yürürlükte olan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği" kapsamında yerüstü su kaynakları için öncelikli maddeler ve çevresel kalite standartları (ÇKS) belirlenmiştir. Başpınar Deresi'nde Cr, şubat ve nisan aylarında sırasıyla 2.18 µg/L ve 2.41 µg/L düzeyinde belirlenerek yıllık ortalama çevresel kalite standard değer (Ortalama-ÇKS) olan 1.6'yı, Cd (0.39 µg/L) seviyesi de şubat ayında ortalama değer olan 0.08'i aşmıştır. Gölcük Deresi'nde yalnız Cd'ın 0.20 µg/L ile şubat, 0.31 µg/L ile nisan aylarında ortalama değer olan 0.08'i aştığı saptanmıştır. Sukesen Deresi'nde de benzer şekilde Cd'un şubat (0.18 µg/L) ve nisan (0.10 µg/L) aylarında ortalama değer olan 0.08'i aştığı tespit edilmiştir.

Anonim (2016)'da bildirilen maksimum izin verilebilir çevresel kalite standart (Max.ÇKS) değerleri baz alındığında, dikkate alınan derelere ilişkin ağır metal konsantrasyonları önerilen limit değerleri aşmadığı saptanmıştır. Ancak Başpınar Deresi'nde şubat ayı Hg konsantrasyon değeri (0.07 µg/L), Hg için bildirilen Max.-ÇKS'ya eşit bulunmuştur.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Alıcı ortamların hızla kirlendiği günümüzde, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişimler görülmekte, bu değişim sonucunda su kalitesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler bakımından değerlendirilmesi, mevcut koşulların ve olası eğilimlerin tespit edilmesi amacıyla su kalitesinin izlenmesi gerekmektedir (Pulatsü vd. 2014).

Mogan Gölü Havzası'ndaki antropojenik unsurlar arasında; etkin karayolu ulaşımı nedeniyle birtakım sanayi tesislerinin (alüminyum kaplama fabrikası, kiremit fabrikası, makine fabrikaları gibi) bulunması, göl çevresindeki artan nüfusa paralel olarak gelişen plansız yapılaşma, tarımsal faaliyetlerin yanı sıra Ankara'ya yakınlığı nedeniyle sayısı artan hobi bahçelerinin varlığı, faaliyetteki andezit ve taş ocakları sayılabilir (Pulatsü ve Topçu 2023). Bu çalışma ile Mogan Gölü Havzası'ındaki sözü edilen antropojenik kökenli kirletici kaynakların çeşitliliği ve kontrolsüz artışının etkileri, derelerde su kalite parametrelerindeki olumsuz değişikliklerle ortaya konmuştur. Tüm bu unsurların atık sularını taşıyarak göle ulaşan derelerin gölün kirlenmesinde de rol oynadığı açıktır. Bu durum, Türkiye'de iç su ekosistemlerine dökülen yüzey sularının neden olduğu kirliliğin farklı antropojenik kaynaklardan köken aldığı pek çok güncel araştırma ile uyum göstermektedir (Zeybek ve Kalyoncu 2016, Tepe ve Aydın 2017, Tunçsiper 2017, Varol ve Tokatlı 2023).

Yüzey sularının sıcaklığı; enlem, yükseklik, mevsim, günün saatleri, hava sirkülasyonu, su akışı ve derinliğinden etkilenmektedir. Su sıcaklığı, sudaki oksijenin çözünürlüğü başta olmak üzere, su kalite özelliklerinin biribiriyle interaksiyonunu ve derişimini etkilemektedir. Oksijenin çözünürlüğünü azaltan faktörler arasında su sıcaklığı ve tuzluluktaki artış sayılabilir (Pulatsü vd. 2014). Dikkate alınan dere sularında da sıcaklığın yüksek olduğu aylarda çözünmüş oksijenin genelde düşük olduğu saptanmıştır. Sularda hidrojen iyonu derişiminin ölçüsü olan pH'nın seviyesi, gün içerisinde ve mevsimlere göre değişim göstermekte olup, aralık ayı pH ölçüm değerlerinin diğer iki aya göre daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.1).

Su kalitesinde kabul edilebilir toplam askıda katı madde (AKM) seviyeleri, suyun kullanım amacına bağlı olarak değişkenlik göstermekte, organik ve inorganik maddeler dahil olmak üzere sudaki askıda kalan parçacıkların konsantrasyonunun ölçüsünü ifade etmektedir. Askıda katı maddeler, tarımsal ve kentsel akışlar, endüstriyel süreçler gibi çeşitli kaynaklardan ekosisteme girmektedir. Su kalitesinde kabul edilebilir AKM seviyeleri, suyun kullanım amacına bağlı olarak değişebilmekte, genel olarak, 10 mg/L'nin altındaki AKM seviyeleri içme suyu için iyi kabul edilirken, yüzme gibi eğlence amaçlı kullanımlar için 30 mg/L'ye kadar olan AKM seviyeleri kabul edilmektedir. Bununla birlikte daha yüksek AKM seviyeleri, sucul sistemlerde çözünmüş oksijen seviyelerinin azalması ve bulanıklığın artması gibi sorunlara neden olabilmektedir (Anonymous 2023b). Lai vd. (2013) ise, AKM değerine (mg/L) göre suları; kirlenmemiş <20; düşük düzeyde kirlenmiş: 20-49; orta düzeyde kirlenmiş: 50-100; yoğun kirlenmiş >100 şeklinde kategorize etmiştir. Bu bağlamda, tüm aylar dikkate alındığında ortalama AKM değerlerine göre, yalnız Gölcük Deresi (29,04 mg/L) düşük düzeyde kirlenmiş kategorisine girmektedir. Başpınar ve Gölcük Dereleri'nin diğer iki dereye göre daha yüksek AKM'ye sahip olduğuna dair bulgumuz, Karakoç vd. (2003)'ın bulguları ile benzerlik göstermektedir. Buna karşılık Sukesen ve Yavrucak Dereleri'ne ilişkin AKM değerleri (Çizelge 4.1), Kapan (2011)'ın bildirdiği değerlerden (Çizelge 2.1) daha düşük tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında dikkate alınan derelerden özellikle Başpınar Deresi'ne ilişkin üç aylık AKM konsantrasyon değerleri, Ewa vd. (2011)'in Omoku Deresi (Nijerya-Rivers Eyaleti) için 19.8-24.9 mg/L arasında değiştiğini bildirdiği toplam askıda katı madde değerlerine benzer bulunmuştur.

Yüzey sularında toplam organik karbon konsantrasyonları genellikle 10 mg/L'den az olsa da antropojenik faaliyetlerin sucul ekosistemlerin organik karbon bütçeleri üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Antropojenik faaliyetlerin yanı sıra, karların erimesi ve tarım arazilerinden olan yüzey akışları yüzey sularındaki toplam ve çözünmüş organik karbon seviyelerinde önemli artışlara yol açabilmektedir (Anonymous 2023c). Bu çalışmada, dere sularına ilişkin toplam organik karbon değerlerinin özellikle şubat ayında maksimum değerlere ulaşmasının, yağışa bağlı artan yüzey akışı ile ilintili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca örnekleme yapılan üç ayın ortalaması baz alındığında, en

yüksek toplam organik karbon değeri (14.92 mg/L) Gölcük Deresi'ne aittir. Bu parametre, sözü edilen dereye ulaşan yoğun organik bileşiklerden kaynaklanan toplam kirlilik hakkında da bir fikir vermektedir.

Çiçek vd. (2023), Simav Çayı'nın (Susurluk Havzası) orta ve alt kesimlerinin yoğun tarım, hayvancılık, evsel ve endüstriyel atık sulardan kaynaklanan kirliliğin etkisinde olduğunu, üst kesimlerde de kirlilik baskısının artmaya başladığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise Çizelge 2.1 ve Çizelge 4.1'den görüleceği üzere, Mogan Gölü'nü besleyen derelere ilişkin özellikle toplam fosfor ve toplam azot konsantrasyonlarındaki artışlar, havzadaki gerek yerleşim gerekse sanayi ve tarımsal faaliyetlerdeki artışla paralellik göstermektedir. Göl havzasında yıllar içerisinde antropojenik faaliyetler sonucu, hidrolojinin de değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir. Çalışmada ele alınan parametrelerden özellikle toplam fosfor konsantrasyonlarındaki dramatik artışlar kayda değer olup bu parametreye özgü daha etkin azaltım ve yönetim çarelerinin bir zorunluluk olduğu açıktır.

Güneydoğu Asya nehirlerinin tipik bir örneği olan Kızıl Nehri'nin mansap bölümünde AKM ile TF konsantrasyonları arasında önemli bir pozitif korelasyon (r^2= 0.757) tespit edilmiştir (Da vd. 2020). Bu çalışmada ise, TF ile AKM arasında orta seviyede koralesyon (r=0.581) saptanırken, TA ile AKM arasında pozitif yüksek korealasyon (r= 0.647) bulunmuştur. Kanada'nın dört coğrafi bölgesi ve yedi eyaletinde yer alan akarsulardan alınan su örneklerindeki TF ve TA konsantrasyon düzeylerinin, su havzasındaki tarım arazilerinin yüzdesi ile pozitif korelasyon gösterdiğine ilişkin sonuç (Chambers vd., 2012), tarımsal aktivitelerin yoğun olduğu bölgeden geçen Gölcük ve Başpınar Derelerinin ortalama üç aylık TF ve TA değerlerinin yüksek bulunduğuna dair sonuç ile paralellik göstermektedir. Aynı araştırmacılar, Kanada Çevre Bakanlığı'nın sucul ekosistemlerin besin düzeylerine göre toplam fosfor ve toplam azot sınır değerlerini paylaşmışlardır. Çalışma kapsamında kategorizasyon; oligotrofik: ≤0.025 mg/L TF ve ≤0.70 mg/L TA; mesotrofik: 0.025 – 0.075 mg/ L TF ve 0.70 - 1.5 mg/L TA; ötrofik: ≥0.075 mg/L TF ve ≥1.5 mg/L TA olarak belirtilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre, aralık ayında Başpınar, Sukesen ve Yavrucak Dereleri TF değerleri hariç dere sularının ötrofik besin düzeyine gridiği görülmektedir. Aralık ayı Gölcük Deresi ve nisan ayı Yavrucak Deresi TA değerleri hariç diğer aylar ve dereler de ötrofik seviyede gözükmektedir.

Yüzey suyu kaynaklarında, yersel-mevsimsel su kalitesi değişimini değerlendirmek ve ana kirlenme kaynaklarını belirlemek amacıyla birtakım çalışmalar yürütülmüştür (Kagalou vd. 2001, Barakat vd. 2016, Chounlamany vd. 2017). Bu çalışmaların ortak noktası su kalitesini karakterize eden parametrelerin (sıcaklık, pH, EC, bulanıklık, toplam askıda katı madde, çözünmüş oksijen, amonyum, amonyak, toplam fosfor, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı vb.) ilişkili olduğu kaynakları tahmin etmek ile ilgilidir. Bu çalışmada da gölü besleyen dereler, farklı kirletici kaynaklardan köken almaktadır. Örneğin; Yavrucak ve Gölcük Dereleri yoğun bir şekilde tarımsal faaliyet odaklı kirleticileri göle taşırken, Sukesen Deresi taş ocakları ve yerleşim yerlerinden gelen kirleticileri, Başpınar Deresi ise yerleşim yerleri ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirleticileri göle ulaştırmaktadır. Bu bağlamda, dere suları kalitesindeki değişikliklerin temel olarak; noktasal kaynaklı kirlenme (evsel ve endüstriyel atık su), noktasal olmayan kirlenme (tarımsal faaliyetler gibi) ve doğal süreçlerle (toprağın ayrışması) ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çalışma kapsamında yapılan faktör analizi sonuçlarına göre, TF ve TOK'un Başpınar ve Sukesen Deresi'ne gerek yerleşim yerlerinden gerekse tarımsal aktivitelerden ulaşan atık sular tarafından kontrol edildiği söylenebilir. Zira her iki parametre de kentleşme ve arazi kullanımından doğrudan etkilenmektedir. Tarımsal faaliyetlerden köken alan atık suların ise, Gölcük ve Yavrucak Dere'lerinde olduğu gibi ÇO, TA ve AKM düzeylerinden doğrudan sorumlu olduğu saptanmıştır. Başpınar Deresi'nin Mogan Gölü'ne dökülmeden önce Çökek Sulak Alanı'na girmesi ise, bu derenin gölün ötrofikasyonuna katkısı açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca havzadaki farklı kirletici kaynak artışlarının, yıllara bağlı olarak besin elementlerinin derelere taşınımını ve çeşitliliğini etkilediği düşünülmektedir.

Türkiye'de iç su kaynaklarına kirlilik yükü taşıyan yüzey sularının su kalite sınıflarının belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma (Şen ve Gölbaşı 2008, 2014, Baytaşoğlu ve Şen 2015, Turan ve Ülkü 2013, Özdemir 2016, Gölbaşı ve Şen 2019) gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, Sukesen ve Yavrucak Derelerine ilişkin çözünmüş oksijen ve toplam azot değerleri ile tüm derelerin pH değerlerinin Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği'ne göre I. sınıfa dahil olduğu saptanmıştır. Çalışma bulgumuz; Van Gölü Havzası içerisinde yer alan tuzlu su kaynaklarının kalite sınıfı (Atıcı vd. 2021) ile Tersakan Çayı'nın (Muğla) da genelde su kalite sınıfının, yüksek kaliteli su sınıfında olduğunu (Kasımoğlu ve Yılmaz 2014) bildiren çalışma sonuçlarıyla örtüşmektedir. Tez kapsamında dikkate

alınan tüm derelerin toplam fosfor konsantrasyonu açısından kirli sular sınıfına girdiğine ait sonuç, havzadaki kirletici unsurların tehdit edici varlığını desteklemektedir.

Mogan Gölü su-sedimentinde yapılan ağır metal çalışmalarına (Küçükosmanoğlu ve Filazi 2020, Binici vd. 2021, Binici ve Pulatsü, 2022a, 2022b) karşın, gölü besleyen derelerde daha önce ağır metal düzeylerinin tespitine yönelik bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Oysa evsel, tarımsal ve endüstriyel atıklar gölü besleyen dereler ile göle ulaşmaktadır. Kirleticilerin önemli bir bileşenini oluşturan ağır metallerin çoğunun farklı antropojenik kaynaklardan köken aldığı yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu çalışmada dikkate alınan ağır metallerin (Hg, Zn, Pb, Cd, Cr, Pb, Cu, As) tarım topraklarında biriken birincil ağır metaller olduğu ve ağır metallerle kirlenmenin madencilik, endüstriyel, tarımsal kaynaklı, trafik emisyonu gibi antropojenik kaynaklarla da ilintili olduğu bilinmektedir (Pulatsü vd. 2014, Xiao vd. 2019).

Mogan Gölü Havzası'nda andezit taşı işleyen fabrika ve tesislerin bulunduğu, önceki yıllarda yapılan denetimlerde birçok tesisin atık sularını göle ulaşan Sukesen Deresi'ne bir arıtma işlemi yapmaksızın boşalttıkları ve tesislerin atık çamurlarına ilişkin örneklerin de fazla düzeyde ağır metal içerdiği bildirilmiştir (Anonim 2022). Bu faaliyetin özellikle

Sukesen Deresi'nde, diğer derelere göre daha yüksek saptanmış olan Ni ve As konsantrasyonunu tetiklediği düşünülmektedir. Yüzey sularındaki ağır metal kirliliği; içme suyu, evsel-tarımsal amaçlı kullanım dışında, sucul yaşamı ve balıkçılığı da olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Goher vd. 2014, Mollo vd. 2022, Varol ve Tokatlı 2023).

Çapar vd. (2016), Gölbaşı ilçesinin (Ankara) bazı köylerindeki kuyu ve çeşmelerden topladıkları su örneklerinde saptadıkları tuzluluk ve alkalinite değerlerine bakarak bir grup su örneğinin normal şartlarda sulamaya uygun olmadığını ifade etmişlerdir. Bu çalışma kapsamında dikkate alınan Sukesen Deresi de Gölbaşı İlçesi'nin içinden geçmekte olup Başpınar Deresi'nden sonra ağır metaller açısından en kirli olduğu tespit edilen dere olmuştur.

Zhang vd. (2021) tarafından, Wuhan'daki büyük nehirlerde çözünmüş ağır metallere ilişkin temel bileşen analizi sonuçlarına göre, doğal kaynakların Mn, Fe, Co, Ni ve Mo'yu kontrol ettiği, As'ın ise çoğunlukla kentsel ve tarımsal faaliyetlerin karma girdisinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu çalışmada da As seviyesi gerek yerleşim yerleri gerekse tarımsal faaliyet kaynaklı atık suların ulaştığı Başpınar ve Sukesen Dere'lerinde yüksek seviyelerde tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında dikkate alınan dört derede Cd, Hg, Zn ve Cu gibi metaller diğer ağır metallere göre düşük düzeylerde tespit edilmiştir. Ancak benzer antropojenik kaynaklardan köken alma olasılığı aralarındaki yüksek korelasyondan dolayı muhtemeldir. Ayrıca çalışmada yapılan PCA/FA analizi sonucuna göre, toplam varyans içindeki payı yüksek olan krom, nikel, kurşun gibi ağır metallerin bulunması evsel-tarımsal atıklar ve araç kirliliği gibi antropojenik kaynaklarla ilişkilendirilmiştir. Bu metallerin kaynakları konusunda Wang vd. (2017) ve Saleem vd.

(2019) tarafından da benzer bildirişler yapılmıştır. Sözü edilen değerlendirmeler, Mogan Gölü Havzası'ndaki noktasal-noktasal olmayan kirletici kaynaklara maruz kalan derelerdeki ağır metallerin varlığını da açıklamaktadır.

Türkiye'de yürürlükte olan 'Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği' ile yerüstü su kaynakları için öncelikli maddeler ve çevresel kalite standartları belirlenmiştir. Bu kapsamda belirli kirleticiler ve öncelikli maddelere ilişkin su kalitesi izleme sonuçlarının değerlendirilmesinde, kendi su kütlesi kategorisine (nehirler/göller, kıyı ve geçiş suları) göre bir yıllık izleme sonuçlarının aritmetik ortalaması, yıllık ortalama çevresel kalite standardı (YO-ÇKS) veya herhangi bir belirli kirletici ve/veya öncelikli maddeye ait tekil izleme verisi ise maksimum izin verilebilir çevresel kalite standardı (MAK-ÇKS) ile karşılaştırılmaktadır. Yapılan değerlendirme neticesinde, izleme verilerinin hem MAKÇKS hem de YO-ÇKS değerlerinden düşük olması halinde alıcı ortam çevresel kalite standardı değerleri sağlanmış olmaktadır. Bu çalışma kapsamında ağır metallere ilişkin ÇKS değerlerinin, çoğu su örneğinde aşılmadığı, yalnız Cd'un Yavrucak Deresi dışındaki diğer üç derede YO-ÇKS'yi aştığı belirlenmiştir. Ancak uzun-dönemli çalışmalarla ÇKS'ın izlenmesi yüzey suyu kalitesine ilişkin değerlendirmelerin doğruluğunu artıracaktır.

İklim değişikliğinin iç su ekosistemlerine etkilerine ilişkin kaynak bildirişlerinin ortak noktaları; a) Su kalitesinin akış rejimindeki değişikliklerden etkileneceği b) Daha düşük minimum akışların, seyreltme için daha az hacim ve dolayısıyla noktasal deşarjların aşağısında daha yüksek konsantrasyonlar anlamına geleceği c) Nehirlerde, göllerde ve rezervuarlarda artan alg çoğalmasının çözünmüş oksijen seviyelerini ve su kaynağını etkileyebileceği d) Özellikle yaz aylarında artan fırtına olaylarının, çok kirli suların alıcı su kütlelerine boşaltılmasıyla kanalizasyon taşmalarının daha sık görülmesine neden olacağı e) İklim değişikliğine verilecek en acil tepkinin nehir ve göl suyu sıcaklıklarında artışa yol açacağı f) Daha yoğun yağış ve sel, askıda katı maddelerin, sedimentasyon ve kirletici metal akışlarının artmasına neden olabileceği g) Besin yüklerinin artış göstereceği (Anonymous 2007, 2008, Whitehead vd. 2009) yönündedir.

Mogan Gölü Havzası'ndaki antropojenik baskıların yanı sıra 2022 yılı meteorolojik verileri, İç Anadolu Bölgesi'nin belirgin bir şekilde kuraklıktan etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca Apaydın ve Kocaoğlu (2020) tarafından, Mogan ve Eymir Gölleri'nin küresel ısınmaya duyarlı sığ sulak alanlar olduğu, meteorolojik ve göl bütçesi verilerine göre; sözü edilen göller üzerindeki temel iklim tehdidinin yüksek frekanslı (on yıllık) yağış azlığı ve uzun vadeli (birkaç on yıl) güneş ışığı artışı olduğu ancak iklim parametrelerinin bozulmasının yavaş ve istikrarlı olmadığı ifade edilmiştir. Bu bağlamda Mogan Gölü Havzası'ndaki antropojenik baskıların dışında, iklim değişikliği sürecinin de gölü besleyen derelerin akış miktarlarını ve su kalitesini etkilemesi olası gözükmektedir.

Sonuç olarak;

Mogan Gölü Havzası'nda, yoğun yapılaşma yanında tarımsal faaliyetler de süregeldiğinden evsel ve tarımsal faaliyet atıklarının dereler yoluyla göle taşınımı ve pek çok yerde göle kontrolsüz olarak deşarjı söz konusudur. Çalışma kapsamında, özellikle TF, TA ve TOK değerlerinde önceki yıllara göre aşırı artışlar tespit edilmiş olup, bu parametrelerin kontrolü (tarımsal faaliyet odaklı arazi yönetim uygulamaları, toprak işleme yöntemi, gübre uygulamaları gibi) ve izlenmesi önem taşımaktadır.

Derelere ilişkin su kalite parametrelerinin kontrolü, kirliliğe katkıda bulunan unsurların çeşitliliği ile bu unsurların arasındaki karmaşık etkileşimler nedeniyle güçleşmektedir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında dikkate alınan parametrelerin aylık-yıllık konsantrasyonları ile mevsimsel ve deşarja bağlı regresyon modellerinin geliştirilerek kullanımı, Mogan Gölü'nün ötrofikasyon düzeyinin kontrolüne yönelik uzun dönemli tahminler yapılabilmesi açısından faydalı olacaktır.

Araştırma kapsamında Mogan Gölü'ne ulaşan Başpınar, Gölcük, Sukesen ve Yavrucak Dere'lerinin ağır metallerle düşük düzeyde kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir. Ancak ağır metal konsantrasyon verileri, Başpınar Deresi'nin dikkate alınan diğer üç dereye göre daha fazla risk altında olduğuna işaret etmektedir.

Çalışmada dikkate alınan dereler antropojenik faaliyet kaynaklı noktasal ve noktasal olmayan çok farklı kirlilik kaynaklarının baskısı altında ise de iklim değişikliği olgusunun dereleri tehdit eden önemli risk faktörlerden biri olduğu göz ardı edilmemelidir.

Kirleticilerin etkileri fiziko-kimyasal süreçlerle ilintili etkileşimlerle değişebildiğinden, bu çalışma yalnızca bir ön sonuç sunmaktadır. Bu bağlamda, yerel yönetimler tarafından da dere sularında su kalite parametrelerinin düzenli olarak izlenmesi ve gerekiyorsa çevresel müdahalelerin yapılması önem taşımaktadır. Çalışma bulgularının konuya ilişkin bundan sonraki çalışmalara kantitatif bir referans oluşturacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akbulut, M., Kaya, H., Çelik, E.Ş., Odabaşı, D.A., Odabaşı, S. S. and Selvi, K. 2010.

Assessment of surface water quality in the Atikhisar Reservoir and Sarıçay Creek (Çanakkale, Turkey). Ecology, 74(19); 139-149.

Aktaş, Ö. 2014. Impacts of climate change on water resources in Turkey. Environmental Engineering and Management Journal, 13(4); 881-889.

Andersson, L. and Arheimer, B. 2003. Modelling of human and climatic impact on nitrogen load in a Swedish river 1885–1994. Hydrobiologia, 497, 63–77.

Anonim. 2013. Eğirdir Gölü'nde Kirlilik Durumu ve Kirlilik Kaynakları Modelleme

Çalışması. Yedi Renkli Göle Yedi Renkli Hayat Projesi (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), İstanbul, Türkiye.

Anonim. 2016. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği. 10/8/2016 Tarih ve 29797 sayılı Resmi Gazete.

Anonim. 2017. Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı. 2017-2023. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim. 2022. Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi Yönetim Planı. Web Sitesi: http://webdosya.csb.gov.tr/db/tabiat/editordosya/golbasi_yonetim_planı. Erişim Tarihi: 8 Temmuz 2022.

Anonim. 2023. 2022 Yılı Yağış Değerlendirmesi. Web Sitesi:

http://mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirmesi/2022. Erişim Tarihi: 18 Ocak 2023.

Anonymous. 2007. Preparing for climate change impacts on freshwater ecosystems (PRINCE). Science Report: SC030300/SR. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, Bristol, BS32 4UD.

Anonymous. 2008. Potential impacts of climate change on river water quality. Science Report – SC070043/SR1. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, Bristol, BS32 4UD.

Anonymous. 2022a. Climate Change Affects Water Quality. Web Sitesi: https://danamark.com/resorces/climate-change-water-quality. Erişim Tarihi: 12.09.2022.

Anonymous. 2022b. Climate Implications – Lakes, Rivers and Streams. Web Sitesi: https://eri.iu.edu/erit/implications/lakes-rivers-streams.html. Erişim Tarihi: 25.11.2022.

Anonymous. 2023a. Climate Change Effects on Water Quality. Web Sitesi: https://danamark.com/resources/climate-change-water-quality. Erişim Tarihi: 07.02.2023

Anonymous. 2023b. Suspended Solids. Web Sitesi: https://riverwatchsolutions.com/sensors/suspended-solids. Erişim Tarihi: 4.08.2023

Anonymous. 2023c. Ambient Water Quality Criteria for Organic Carbon in British

Columbia. Web Sitesi: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-landwater/water/waterquality/water-quality-guidelines/approved-wqgs/organiccarbon-tech.pdf. Erişim Tarihi: 4.08.2023

Apaydın, A. and Ocakoğlu, F. 2020. Response of the Mogan and Eymir lakes (Ankara, Central Anatolia) to global warming: Extreme events in the last 100 years. Journal of Arid Environments, 183.104.299.

Atıcı, A. A., Sepil, A. ve Şen, F. 2021. Van Gölü Havzası tuzlu sularının su kalitesi özellikleri ve ağır metal kirlilik indeksinin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 58(2); 285-294.

Balogun, K.J. and Ajani, E. K. 2015. Spatial and temporal variations of phytoplankton pigments, nutrients and primary productivity in water column of Badagry

Creek, Nigeria. American Journal of Research Communication, 3(7); 157-172.

Barakat, A.A., El Baghdadia, M., Raisa, J., Aghezzafb, B. and Slassi, M. 2016.

Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques. International Soil and Water Conservation Research, 4, 284-292.

Baytaşoğlu, H. ve Şen, B. 2015. Keban Baraj Gölü'ne dökülen Haringet Çayı'nın su kalite özelliği üzerine bir araştırma. Fırat University Journal of Science, 27(2); 17-28.

Beklioğlu, M., Bucak, T., Coppens, J., Bezirci, G., Tavşanoğlu, Ü., Çakıroğlu, A., Levi,

E., Erdoğan, Ş., Filiz, N., Özkan, K. and Özen, A. 2017. Restoration of Eutrophic Lakes with fluctuating water levels: a 20-year monitoring study of two inter-Connected Lakes. Water, 9, 127.

Benítez-Gilabert, M., Alvarez-Cobelas, D. and Angeler, G. 2010. Effects of climatic change on stream water quality in Spain. Climatic Change, 103, 339–352.

Binici, A., Pulatsü, S. and Bursa, N. 2021. Evaluation of sediment dredging on heavy

metal concentrations in Mogan Lake's sediment (Ankara, Turkey). COMU J. Mar. Sci. Fish, 4(2); 159-167.

Binici, A. and Pulatsü, S. 2022a. Assessment of sediment dredging effectiveness by considering overlying water and pore water heavy metals in Lake Mogan, Turkey. Acta Aquatica Turcica, 18(1); 38-48.

Binici, A. and Pulatsü, S. 2022b. Ecological risk assessment of heavy metals after dredging in Mogan Lake, Turkey. Su Ürünleri Dergisi, 39(3); 197-205.

Boran, M. ve Sivri, N. (2001). Trabzon (Türkiye) İl sınırları içerisinde bulunan Solaklı ve Sürmene Derelerinde nütrient ve askıda katı madde yüklerinin belirlenmesi. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 18(3-4); 343–348.

Burnak, S.L. and Beklioğlu, M. 2000. Macrophyte-dominated clearwater state of Lake Mogan. Turk J. Zool., 24, 305-313.

Chambers, P.A., McGoldrick, D.J., Brua, R.B., Vis, C., Culp, J. M. and Benoy, G. A. 2012. Development of environmental thresholds for nitrogen and phosphorus in streams. J. Environ. Qual., 41, 7–20.

Chounlamany, V., Tanchuling, M.A. and Inoue, T. 2017. Spatial and temporal variation of water quality of a segment of Marikina River using multivariate statistical methods. Water Science & Technology, 76, 1510-1522.

Coppens, J., Trolle, D., Jeppesen, E. and Beklioğlu, M. 2020. The impact of climate change on a Mediterranean shallow lake: insights based on catchment and lake modelling. Regional Environmental Change, 20, 62. Çapar, G., Coşkun Dilcana, Ç., Akşit, C., Arslan, Ş., Çelik, M. and Kodal, S. 2016.

Evaluation of Irrigation Water Quality in Gölbaşı District. Journal of Agricultural Sciences, 22, 408-42.

Çiçek, N. L., Güçlü, S. S., Erdoğan, Ö. and Küçük, F. 2023. Water quality assessment of Simav River (Susurluk Basin/Turkey) according to seasons and stations. International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESEN), 9 (2); 68-80.

Da, L.N., Quynh, L.T. P., Binh, P.T.X., Thuy, D.T., Thu, T. H., Hai, N.T. and Huong, N.T.A. 2020. Establishing an empirical equation for the relationship between total suspended solids and total phosphorus concentrations in the downstream Red River water. Vietnam Journal of Marine Science and Technology, 20(3); 325–332.

Dan, S.F., Umoh, U.U. and Osabor, V.N. 2014. Seasonal variation of enrichment and contamination of heavy metals in the surface water of Qua Iboe River Estuary and adjoining creeks, South-South Nigeria. Journal of Oceanography and Marine Science, 5(6); 45-54.

Dey, M., Akter, A., Islam, S., Chandra Dey, S., Choudhury, T.R., Fatema, K.J. and Begum, B. A. 2021. Assessment of contamination level, pollution risk and source apportionment of heavy metals in the Halda River water, Bangladesh. Heliyon, 7, e08625

Duran-Encalada, J.A., Paucar-Caceres, A., Bandala, E.R. and Wright, G.H. 2017. The impact of global climate change on water quantity and quality: A system dynamics approach to the US–Mexican transborder region. European Journal of Operational Research, 256(2); 567-581.

Dökmeci, A. H. 2005. Gala Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarinda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, 122, Edirne.

Dündar, M. S. and Altundağ, H. 2007. Investigation of heavy metal contaminations in the lower Sakarya river water and sediments. Environ Monit Assess, 128, 177– 181.

Ewa, E.E. , Iwara, A.I., Adeyemi, J.A., Eja, E.I., Ajake, A.O. and Otu, C.A. 2011. Impact of Industrıal Activities on Water Quality of Omoku Creek. Sacha Journal of Environmental Studies, 1(2); 8-16.

Fakıoğlu, Ö. ve Pulatsü, S. 2005. Mogan Gölü'nde (Ankara) bazı restorasyon önlemleri sonrası dış kaynaklı fosfor yükünün belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(1); 63-69.

Geng, M., Qian , M.Z., Jiang, H., Huang, B., Huang, S., Deng, B., Peng, Y., Xie, Y., Li, F., Zou, Y., Deng, Z. and Zeng, J. 2024. Assessing the impact of watersediment factors on water quality to guide river-connected lake water environment improvement. Science of The Total Environment, 912, 168866.

Goher, ME., Hassan, AM., Abdel-Moniem, IA., Fahmy, AH. and El-Sayed, SM. 2014. Evaluation of surface water quality and heavy metal indices of Ismailia Canal, Nile river, Egypt. Egypt J Aquat Res., 40, 225–233.

Gökmen, M. 2004. Dissolved Inorganic Nitrogen Removal Efficiency of the Reed Beds Surrounding Lake Mogan Using Modeling Approaches. The Graduate School of Natural and Applied Sciences of the Middle East Technical University. 124 s. Ankara.

Gölbaşı, S. ve Şen, B. 2019. Atatürk Baraj Gölü'ne dökülen Kahta Çayı'nın (Adıyaman) su kalitesi. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 36(4); 337-346.

Hacısalihoğlu, S. ve Karaer, F. 2020. Uluabat Gölü Noktasal Kirletici Kaynaklar ve Kirlilik Yükleri. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6(2); 258-267.

Havens, K. 2012. Effects of Climate Change on the Eutrophication of Lakes and Estuaries. SGEF-189. Web Sitesi: https://edis.ifas.ufl.edu. Erişim Tarihi: 4.09.2022.

Islam, M.S., Kawser, A., Raknuzzaman, M., Habibullah -Al- Mamun, Md. and Islam, M.K. 2015. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. Ecological Indicators, 48, 282-291.

Jaji, M.O., Bamgbose, O., Odukoya, O.O. and Arowolo, T.A. 2007. Water quality assessment of Ogun river, South West Nigeria. Environ Monit Assess, 133, 473–482.

Jaynes, D. B., Hatfield, J. L. and Meek, D.W. 1999. Water Quality in Walnut Creek Watershed: Herbicides and Nitrate in Surface Waters. J. Environ. Qual, 2, 4559.

Kagalou I., Tsimarakis, G. and Paschos, I. 2001. Water chemistry and biology in a shallow lake (Lake Pamvotis–Greece). Present State and Perspectives, 3(2); 85-94.

Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Zekiyıldırım, M. ve Zeybek, M. 2008. Aksu Çayı'nın Su Kalitesi ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroomurgasız Çeşitliliği Üzerine Etkisi. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi Science and Eng. J of Fırat Univ, 20(1); 23-33.

Kanber, P. 2007. Aydın İli Bazı Yeraltı Ve Yerüstü Su Kaynaklarının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi. Aydın İli Bazı Yeraltı Ve Yerüstü Su

Kaynaklarının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, 111, Aydın.

Kapan, C. 2011. Mogan Gölü (Ankara) Kirlilik İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı, 107, Konya.

Kar, D., Sur, P., Mandal, S.K., Saha, T. and Kole, R.K. 2008. Assessment of heavy metal pollution in surface water. Int. J. Environ. Sci. Tech, 5(1); 119-124.

Karadede Akın, H. and Ünlü, E. 2007. Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment, Fish and Some Benthic Organisms from Tigris River, Turkey. Environ Monit Assess, 131, 323–337.

Karakoç, G., Erkoç, Ü.F. and Katırcıoğlu, H. 2003. Water quality and impacts of pollution sources for Eymir and Mogan Lakes (Turkey). Environment International, 29, 21-27.

Kasımoğlu, C. and Yılmaz, F. 2014. Tersakan Çayı'nın (Muğla, Türkiye) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması. BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, 16(2); 5167.

Katip, A., Karaer, F., İleri, S. and Onur, S.S. 2013. Akçalar (Musa) Deresi azot ve fosfor yüklerinin mevsimsel değişimi ve Uluabat Gölü'ne etkisi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(2); 71-78.

Kazancı, N. and Dügel, M. 2000. An Evaluation of the Water Quality of Yuvarlakçay Stream, in the Köyceğiz-Dalyan Protected Area, SW Turkey. Turk J Zool, 24, 69–80.

Koçer, M. A. 2001. Hazar Gölü'ne boşalan akarsuların göle taşıdığı organik madde, bitki besin maddeleri ve katı madde miktarlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimleri Ana Bilim Dalı, 90, Elazığ.

Kolassa, J. E. 2020. An introduction to nonparametric statics. Chapman and Hall/CRC Press.

Küçükosmanoğlu, A. G. and Filazi, A. 2020. Investigation of the metal pollution sources in Lake Mogan, Ankara, Turkey. Biological Trace Element Research, 198, 269-282.

Lai, Y.C., Tu, Y.T., Yang, C.P., Surampalli, R.Y. and Kao, C.M. 2013. Development of a water quality modeling system for river pollution index and suspended solid loading evaluation. Journal of Hydrology, 478, 89–101.

Ma, G. and Wang, S. 2015. Temporal and spatial distribution changing characteristics of exogenous pollution load into Dianchi Lake, Southwest of China. Environ Earth Sci , 74, 3781–3793.

Mehdi, B., Ludwig, R. and Lehner, B. 2015. Evaluating the impacts of climate change and crop land use change on streamflow, nitrates and phosphorus: A modeling study in Bavaria. Journal of Hydrology: Regional Studies, 4, 60–90.

Miller, S.A., Lyon, S. W. and Moore, R. H. 2023. Impacts of a nutrient trading plan on stream water quality in Sugar Creek, Ohio. J Am Water Resour Assoc, 59, 161–177.

Mollo,V.M., Nomngongo, P.N. and Ramontj, J. 2022. Evaluation of surface water quality using various indices for heavy metals in Sasolburg, South Africa. Water, 14, 2375.

Murdoch, P. S., Baron, J.S. and Miller, T.L. 2000. Potential effects of climate change on surface-water quality in North America. Journal of the American Water Resources Association, 36(2); 347-366.

Mutlu, E., Kutlu, B. ve Demir, T. 2016. Çınarlı Deresi'nin (Hafik-Sivas) Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal Metotlarla Değerlendirilmesi. Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(4); 267-278.

Nkinda, M.S., Rwiza, M.J., Ijumba, J. N., Njau, K.N. 2021. Heavy metals risk assessment of water and sediments collected from selected river tributaries of the Mara River in Tanzania. Discover Water, 1, 3.

Ogamba, E. N., Charles, E. E. and Izah, S.C. 2021. Distributions, pollution evaluation and health risk of selected heavy metal in surface water of Taylor creek, Bayelsa State, Nigeria. Toxicology and Environmental Health Sciences, 13, 109–121.

Özdemir, Ö. 2016. Application of multivariate statistical methods for water quality assessment of Karasu-Sarmisakli Creeks and Kizilirmak River in Kayseri, Turkey. Pol. J. Environ. Stud, 25(3); 1149-1160.

Öztürk, Ö. 2009. Mogan Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Organoklorlu Pestisit Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 114, Ankara.

Pejman, A. H.., Nabi Bidhendi. G. R.., Karbassi, A. R., Mehrdadi, N. and Esmaeili Bidhendi, M. 2009. Evaluation of spatial and seasonal variations in surface water quality using multivariate statistical techniques. Int. J. Environ. Sci. Tech, 6(3); 467-476.

Pulatsü, S. and Aydın, F. 1997. Water quality and phosphorus budget of Mogan Lake, Turkey. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, 25(3); 128-134.

Pulatsü, S., Topçu, A. ve Atay, D. 2014. Su Kirlenmesi ve Kontrolü (Genişletilmiş İkinci Baskı) Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1617. Ders Kitabı: 569. 384 s. Ankara.

Pulatsü, S. and Topçu, A. 2015. Review of 15 Years of research on sediment heavy metal contents and sediment nutrient release in inland aquatic ecosystems, Turkey. J. Water Resour. Protect, 7(2); 85–100.

Pulatsü, S. ve Topçu, A. 2023. Mogan Gölü (Ankara, Türkiye)'nde su-sediment kalitesine ilişkin çalışmalar ve göl yönetim stratejileri: 1992-2022. Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Çalışmalar - Haziran 2023. Serüven Yayınevi, Ankara.

Saleem, M., Iqbal, J. and Shah, M.H. 2019. Seasonal variations, risk assessment and multivariate analysis of trace metals in the freshwater reservoirs of Pakistan. Chemosphere, 216 715-724.

Sherwood, D.A. 1999. Phosphorus loads entering Long pond. A Small Embayment of Lake Ontario near Rochester. U.S. Geological Survey, New York.

Siddiqui, E. and Pandey, J. 2019. Assessment of heavy metal pollution in water and surface sediment and evaluation of ecological risks associated with sediment contamination in the Ganga River: a basin-scale study. Environmental Science and Pollution Research, 26, 10926–10940.

Şen, B., Koçer, M.A. ve Alp, M. T. 2002. Hazar Gölü' ne boşalan akarsuların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(1); 241 – 248.

Şen, B. ve Gölbaşı, S. 2008. Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı'nın bazı fiziksel ve kimyasal Özellikleri. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 25(4); 353–358.

Şen, B. ve Gölbaşı, S. 2014. Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı (Elazığ, Türkiye)'nda bitki besin ve katı madde miktarlarının mevsimsel değişimleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 26(2); 115-124.

Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E. and Tore, Y. 2006. Water quality of Hasan stream (ErzinHatay) and its montly variations. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 23(1/1); 149-154.

Tepe, Y. and Aydın, H. 2017. Water quality assessment of an urban water, Batlama Creek (Giresun), Turkey by applying multivariate statistical techniques. Fresenius Environmental Bulletin, 26 (11); 6413-6420.

Tokatlı, C., Varol, M. and Ustaoğlu, F. 2023. Ecological and health risk assessment and quantitative source apportionment of dissolved metals in ponds used for drinking and irrigation purposes. Environmental Science and Pollution Research, 30(18); 52818-52829.

Topal, M. ve Arslan Topal, E.I. 2015. 2014-2015 kış sezonunda Caro Deresi (Elazığ)'nin bazı fizikokimyasal parametreler açısından su kalitesinin belirlenmesi. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi BEU Journal of Science, 4(1); 43-53.

Topal, M. ve Arslan Topal, E.I. 2016. Murat Nehri (Elazığ)'nin Bazı Fizikokimyasal Parametreler Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi. International Symposium of Water and Wastewater Management. Ekim 26-28, Malatya.

Tu, J. 2009. Combined impact of climate and land use changes on streamflow and water quality in eastern Massachusetts, USA. Journal of Hydrology, 379, 268–283.

Tunçsiper. B. 2017. Improvement of water quality in over-polluted Niğde Creek in Turkey. Eurasian Journal of Environmental Research, 1(1); 28-35.

Turan, F. ve Ülkü, G. 2013. Gökpınar ve Çürüksu Çaylarının kirlilik parametre ve yüklerinin izlenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19 (3); 133-144.

Ustaoğlu, F. and Tepe, Y. 2019. Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. International Soil and Water Conservation Research, 7, 47–56.

Ünlü, A. ve Tunç, M. S. 2007. Evsel atıksu deşarjı öncesinde ve sonrasında Kehli Deresi'nin su kalitesi değişiminin incelenmesi. İTÜ Dergisi Seri E: Su Kirlenmesi ve Kontrolü, 17(2); 65-75.

Varol, M. ve Şen, B., 2009. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Behrimaz Stream, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment 159, 543–553.

Varol, M., Gökot, B. and Bekleyen, A. 2010. Assesment of water pollution in the Tigris River in Diyarbakır, Turkey. Water Practice & Technology, 5(1); 2-14.

Varol, M. ve Şen, B. 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of upper Tigris River, Turkey. CATENA, 92, 1-10.

Varol, M., Gökot, B. and Bekleyen, A. 2013. Dissolved heavy metals in the Tigris River (Turkey): spatial and temporal variations. Environ Sci Pollut Res, 20, 6096– 6108.

Varol, M. 2019. Arsenic and trace metals in a large reservoir: seasonal and spatial variations, source identification and risk assessment for both residential and recreational users. Chemosphere, 228, 1–8.

Varol, M. 2020. Use of water quality index and multivariate statistical methods for the evaluation of water quality of a stream affected by multiple stressors: A case study. Environmental Pollution, 266(3); 115417.

Varol, M., Karakaya, G. and Sünbül, M.R. 2021. Spatiotemporal variations, health risks, pollution status and possible sources of dissolved trace metal(loid)s in the Karasu River, Turkey. Environmental Pollution, 202, 111733.

Varol, M. and Tokatlı, C. 2023. Evaluation of the water quality of a highly polluted stream with water quality indices and health risk assessment methods. Chemosphere, 311, 137096.

Wang, J., Liu, G., Liu, H. and Lam, P.K.S. 2017. Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of Huaihe River, Anhui, China. Science of the Total Environment, 583, 421– 431.

Whitehead, P.G., Wilby, R.L. Battarbee, R.W., Kernan, M. and Wade, A.J. 2009. A review of the potential impacts of climate change on surface water quality, Hydrological Sciences Journal, 54(1);101-123.

Wu, B., Zhao, D.Y., Jia, H.Y., Zhang, Y., Zhang, X.X. and Cheng, S.P. 2009. Preliminary risk assessment of trace metal pollution in surface water from Yangtze River in Nanjing Section, China. Bull Environ Contam Toxicol, 82, 405–409.

Xiao, J., Wang, L., Deng, L. and Jin, Z. 2019. Characteristics, sources, water quality and health risk assessment of trace elements in river water and well water in the Chinese Loess Plateau. Science of the Total Environment, 650, 2004–2012.

Yalçın, M. G., Aydın, O. and Elhatip, H. 2008. Heavy metal contents and the water quality of Karasu Creek in Niğde, Turkey. Environ Monit Assess, 137, 169– 178.

Yılmaz, B. 2013. Terkos Gölü'ne Dökülen Derelerde Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Düzeylerinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, 168, İstanbul.

Yılmaz, E., Koç, C. and Gerasimov, I. 2020. A study on the evaluation of the water quality status for the Büyük Menderes River, Turkey. Sustainable Water Resources Management, 6, 100.

Yüksel, İ., Sandalcı, M., Çeribaşı, G. and Yüksek, Ö. 2011. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri, Ulusal 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 21- 23 Kasım, Trabzon, Türkiye.

Zeybek, M. and Kalyoncu, H. 2016. The determination of water quality of Kargı Stream (Antalya, Turkey) in terms of physicochemical parameters. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(3); 223-231.

Zhang.X., Wu, Q., Gao, S., Wang, Z. and He, S. 2021. Distribution, source, water quality and health risk assessment of dissolved heavy metals in major rivers in Wuhan, China. PeerJ, 9, e11853.