

Cumhuriyetimizin 100. Yılına Armağan

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve SAĞLIK

Çevre Adaleti ve Gıda Güvencesi

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremlerde Kaybettiklerimizin Anısına

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Emine ÖZMETE

Prof. Dr. Alev KESER

Doç. Dr. Melahat DEMİRBİLEK

Öğr. Gör. İrem ŞENGÜN

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve SAĞLIK
Çevre Adaleti ve Gıda Güvencesi

Cumhuriyetimizin 100. Yılına Armağan

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Emine ÖZMETE

Prof. Dr. Alev KESER

Doç. Dr. Melahat DEMİRBİLEK

Öğr. Gör. İrem ŞENGÜN

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremlerde Kaybettiklerimizin Anısına

© 2023 Ankara Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti.

0533 511 65 31
Online Alışveriş
www.ankaranobel.com

Birinci Baskı: 2023

Editörler: Prof. Dr. Emine ÖZMETE
Prof. Dr. Alev KESER
Doç. Dr. Melahat DEMİRBİLEK
Öğr. Gör. İrem ŞENGÜN

ISBN: 978-625-6448-02-5

Kitaptaki bölüm içeriklerinin sorumluluğu, yazarlarına aittir.

Kapak fotoğrafı Prof.Dr.Emine Özmete'ye aittir (Londra,2022)

5846 ve 2936 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri yayım hükümleri gereğince herhangi bir bölümü, resmi veya yazısı, yazarların ve yayınlayıcısının izni alınmadan tekrarlanamaz, basılamaz, kopyası çıkarılamaz, fotokopisi alınamaz veya kopya anlamı taşıyabilecek hiçbir işlem yapılamaz.
Medikal bilgiler sürekli değişmekte ve güncellenmektedir. Standart güvenlik uygulamaları dikkate alınmalıdır. Yeni araştırmalar ve klinik tecrübeler ışığında, tedavilerde ve ilaç uygulamalarında değişiklikler yapılması gerekli olabilir. Okuyuculara, ilaçlar hakkında üretici firma tarafından sağlanan son bilgileri mutlaka kontrol etmeleri önerilir. Dozaj, uygulama şekilleri ve kontrendikasyonlar; güncel bilgiler ışığında sürekli olarak takip edilmelidir. Her hasta için en iyi tedavi şeklini, en doğru ilaçları ve dozları belirlemek; uygulamayı yapan hekim sorumluluğundadır. Yayıncı ve editörler bu yayından dolayı meydana gelebilecek hastaya ve ekipmanlara ait herhangi bir zarar veya hasardan sorumlu değildir.

Yayına Hazırlayan	:	Ankara Nobel Tıp Kitabevleri
Yayın Koordinatörü	:	Mehmet Ali KARACA (mehmetalikaraca@ankaranobel.com)
Grafik Tasarım	:	Ankara Nobel Tıp Kitabevleri Grafik Birimi
Baskı ve Cilt	:	Güngörler Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti. İvedik Mah. 1323 Cad. 28/4 Yenimahalle / ANKARA
Sertifika No	:	49889
Baskı Tarihi	:	2023 , Ankara

MERKEZ
ANKARA NOBEL TIP KİTABEVLERİ
Adres: Sağlık 1 Sok. No: 17/D Sıhhiye / ANKARA
Tel: 0 534 225 11 43 - 0 312 434 10 87
0 312 434 05 17 - 0 312 434 02 99
E-mail: info@ankaranobel.com

ŞUBE
İZMİR NOBEL TIP KİTABEVİ
Adres: Kazım Dirik Mah. 186/1 Sok. No: 3D Bornova / İZMİR
Tel: 0 535 028 22 62 - 0 232 343 10 50
E-mail: info@ankaranobel.com

ANKARA NOBEL TIP KİTABEVLERİ 2012

ŞUBE
ANKARA NOBEL TIP KİTABEVLERİ
Adres : Süleyman Sırrı Cad. No: 16/1 Sıhhiye / ANKARA
Tel : 0 312 432 05 18
E-mail : info@ankaranobel.com

ŞUBE
İSTANBUL NOBEL KİTABEVİ
Adres : Rasim Paşa Mah. Rıhtım Cad. Derya İş Mrk. No: 28/18 Kadıköy / İSTANBUL
Tel : 0 535 629 23 63 - 0 216 550 09 07
E-mail : info@ankaranobel.com

Online Satış: www.ankaranobel.com

Yayın Tarihi: 15 Mart 2023

Bu Kitap, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanlığı tarafından Cumhuriyetimizin 100. Yılına Armağan olarak ve 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremlerde kaybettiklerimizin anısı için hazırlanmıştır.

WOPPHO
World Physicians Publishing House

ANKARA NOBEL TIP KİTABEVLERİ
2012

SUNUŞ



İklim değişikliği, insanlığın karşı karşıya olduğu en büyük sağlık tehdidi̇di̇r. İklim değişikliği ile ilgili son çalışmalarda; iklim değişikliğinin yıkıcı sağlık etkilerini ve iklim değişikliğine bağlı milyonlarca hayatın kaybını önlemek için dünyanın sıcaklık artışının 1.5°C ile sınırlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Geçmişteki emisyonlar, belirli bir düzeyde küresel sıcaklık artışını ve iklimdeki diğer değişiklikleri kaçınılmaz hale getirmektedir. Bununla birlikte, her bir ek onda birlik küresel ısınma, insanların yaşamları ve sağlıkları üzerinde ciddi zarara yol açacağı için 1.5°C'lik küresel ısınma sınırı da güvenli görülmemektedir. Dünyada hiç kimse bu risklere karşı güvende değildir, ancak çocuklar, yaşlılar, özel gereksinimli bireyler başta olmak üzere kırılgan gruplar iklim değişikliğinin sağlık üzerindeki etkilerine karşı kendilerini ve ailelerini daha az koruyabilmektedirler.

İklim değişikliği, dünyada kalkınmada, sağlığın korunması ve geliştirilmesinde ve yoksulluğun azaltılmasında son elli yılda kaydedilen ilerlemeyi geriletmekte; sağlık eşitsizliklerini artırma riski taşımaktadır. Dünyada 930 milyondan fazla insan - dünya nüfusunun yaklaşık %12'si - sağlık hizmetleri için hanehalkı bütçelerinin en az %10'unu harcamaktadırlar. Dünyada iklim değişikliğinin de etkileri ile her yıl yaklaşık 100 milyon insan yoksullaşmaktadır. İklim değişikliği nedeniyle sıcak hava dalgaları, fırtınalar ve seller gibi giderek sıklaşan aşırı hava olaylarından kaynaklanan ölüm ve hastalıkların arttığı, gıda sistemlerinin bozulduğu, gıda, su ve vektör kaynaklı hastalıklar ve ruh sağlığı sorunlarının arttığı görülmektedir.

İklim değişikliğinin insan sağlığına etkileri ile ilgili kanıtları çoğaltmak ve gereken önlemleri almak için bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Kısa ve orta vadede, iklim değişikliğinin sağlık üzerindeki etkilerinin, esas olarak nüfusların savunmasızlık düzeyinin, mevcut iklim değişikliği hızına karşı dayanıklılıklarının, uyumun boyutunun ve hızının belirlenmesi önemlidir. İklim değişikliğinin en önemli etkilerinden biri olarak ortaya çıkan gıda güvencesizliği çevresel adaletsizliğe yol

SUNUŞ

açmakta; insan yaşamının sağlıklı bir şekilde sürdürülmesine yönelik riskleri artırmaktadır. Her yıl, dünyada çevresel faktörlere bağlı olarak yaklaşık 13 milyon insan hayatını kaybetmektedir. İklim değişikliğinin, 2030 ile 2050 yılları arasında, yetersiz beslenme, sıtma, ishal ve yalnızca ısı stresinden yılda yaklaşık 250.000 ek ölüme neden olması beklenmektedir. Gelişen teknoljilere, bilim ve tıp alanındaki gelişmelere bağlı olarak sağlıklı bireyler, aileler ve toplumlar inşa etmek, insan refahını iyileştirmek yeni yüzyılın en önemli amaçlarındandır.

Bu kitap, iklim değişikliği konusunu sağlık, çevre adaleti, gıda güvencesi ve afet riskleri boyutlarıyla ele alan onyedi bölümden oluşmaktadır.

Ülkemiz 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli olan ve on ili etkileyen iki büyük deprem yaşamıştır. Asrın felaketi olan bu depremde çok sayıda insanımız hayatını kaybetmiş, yaralanmıştır. Bu kitabı, depremde hayatını kaybeden; rahmetle ve saygıyla andığımız vatandaşlarımıza ve depremden etkilenen toplumumuza atfediyorum.

Cumhuriyetimizin 100. Yılında; Cumhuriyetimizin ilk Üniversitesi olan Ankara Üniversitesi'nin Sağlık Bilimleri Fakültesi tarafından hazırlanan, geniş kapsamlı olarak iklim değişikliğinin boyutlarını içeren "İklim Değişikliği ve Sağlık: Çevre Adaleti ve Gıda Güvencesi" başlıklı kitabın bilim ve uygulama alanı için faydalı bir eser olması temenni eder, emeği geçen editörlere ve yazarlara teşekkür ederim.

Prof. Dr. Necdet ÜNÜVAR

Ankara Üniversitesi Rektörü

SUNUŞ



İklim değişikliği insan hayatını ve sağlığını gün geçtikçe derinleşen yönleri ile etkilemektedir. Temiz hava, güvenli içme suyu, besleyici gıda arzı ve güvenli barınma gibi iyi sağlığın temel bileşenlerini ve insanların temel ihtiyaçlarının karşılanmasını tehdit etmekte; küresel sağlıkta onlarca yıllık ilerlemeyi engelleme potansiyeline sahip olmaktadır.

İklim değişikliği, diğer doğal ve insan yapımı sağlık stres etkenleriyle birlikte, insan sağlığını etkilemektedir. İklim değişkliği ile birlikte bazı mevcut sağlık tehditlerinin yoğunlaşması ve yeni sağlık tehditlerinin ortaya çıkması beklenmektedir. Hava kirliliği, alerjiler, su kirliliği, ozon salınımı nedeniyle ortaya çıkan bedensel ve ruhsal hastalıklar ile vektör ve diğer zoonotik hastalıklar iklim değişikliğinin en önemli sonuçlarıdır. İklim değişikliğinin sağlık üzerindeki etkileri arasında artan solunum ve kardiyovasküler hastalıklar, aşırı hava olaylarıyla ilgili yaralanmalar ve erken ölümler, gıda ve su kaynaklı hastalıkların ve diğer bulaşıcı hastalıkların yaygınlığındaki ve coğrafi dağılımındaki değişiklikler ve ruh sağlığına yönelik tehditler bulunmaktadır.

Diğer yandan, küresel olarak, iklim değişikliğinin gıda üretimini ve gıda kalitesinin belirli yönlerini olduğu kadar gıda fiyatlarını ve dağıtım sistemlerini de tehdit etmesi beklenmektedir. Yağıştaki değişikliklerin, şiddetli hava olaylarının ve ekin bitkileri üzerindeki yabani ot ve zararlılardan kaynaklanan artan rekabetin birleşik etkileri nedeniyle birçok ekin veriminin düşeceği tahmin edilmektedir. Hayvancılık ve balık üretiminin de düşmesi beklenmektedir. Gıda alanındaki girdi-çıktı dengesinin değişmesine neden olan bu süreç, iklim değişikliğine bağlı olarak gıda güvencesizliği riskini artırmaktadır.

İklim değişikliğinin en önemli etkilerinden olan doğal afetler, kuraklık, seller, fırtınalar insanların yer değiştirmesine; iç ya da dış göç hareketlerine de neden olmakta-

SUNUŞ

dır. Gelecek on yıl boyunca sera gazı emisyonlarının yaklaşık %14 artması ve iklim değişikliğinin sağlık üzerindeki sonuçlarının daha da kötüleşmesi beklenmektedir.

İklim değişikliği, geçim kaynakları, eşitlik ve sağlık hizmetlerine erişim ve sosyal destek yapıları gibi sağlığın iyi olması için birçok sosyal belirleyicinin gelişmesi ile ilgili çabaları da görünmez hale getirmektedir. İklime duyarlı bu sağlık riskleri, kadınlar, çocuklar, yoksullar, göçmenler, yaşlılar ve sağlık sorunları olanlar dahil olmak üzere en savunmasız ve dezavantajlı kişiler tarafından orantısız bir şekilde hissedilmektedir. Böylece dünyada bu nüfus grupları ve yoksul bölgeler için "kriz çarpanı" yükselmektedir.

Bu kitapta yer alan geniş kapsamlı konular çerçevesinde iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılarak sağlıklı toplumların inşa edilmesinde; çevresel adaletin ve gıda güvenliğinin geliştirilmesi için mikro, mezzo ve makro düzeyde farkındalığın artırılması önemli bir hedeftir.

Bu kitap Cumhuriyetimizin ilk üniversitesi olan Ankara Üniversitesi'nin Sağlık Bilimleri Fakültesi tarafından **Cumhuriyetimizin 100. Yılına Armağan** olarak hazırlanmıştır.

Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli olarak meydana gelen, on ili etkileyen, Ulusal Yas ilan edilen depremde, hayatını kaybeden çok sayıdaki vatandaşlarımızın anısına rahmeyle ve saygıyla atfedilmiştir.

İklim Değişikliği ve Sağlık: Çevre Adaleti ve Gıda Güvencesi" kitabının birey, aile ve toplum sağlığının geliştirilmesinde kaynak niteliğinde bir eser olması temennisiyle, emeği geçen editörlere ve yazarlara teşekkür ederim.

Prof. Dr. Emine ÖZMETE

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanı

İÇİNDEKİLER

Sunuş: Prof. Dr. Necdet ÜNÜVAR IV

Sunuş: Prof. Dr. Emine ÖZMETE VI

Sağlık Okuryazarlığı Becerisi ile Sürdürülebilir Toplum Sağlığı İlişkisi

İsmail KILIÇ..... 1

Sağlığın Sosyal Belirleyicileri

Ayşe TAŞ, Emine Didem EVCİ KİRAZ..... 15

İklim Değişikliği ve Sağlık

Ece SEZER, Nursena ERSOY, Hülya YARDIMCI..... 31

İklim Değişikliğinin Beslenme ile İlişkili Sağlık Sorunlarına Etkisi

Esra TUNÇER, Emre DUMAN..... 49

İklim Değişikliğine Güncel Bir Yaklaşım: Biyoyakıtlar ve Gıda Güvencesi

Gül Eda KILINÇ, Atila GÜLEÇ..... 69

Gıda Güvenliğinin ve Gıda Güvencesinin Sürdürülebilir Sağlıklı Toplumlara Etkileri

Seda OĞUR, Yakup Enes ÇAM 91

Beslenmede Sürdürülebilirlik ve Gıda Güvencesizliği

Merve CAMBAZ KAYA, Binnur OKAN BAKIR..... 115

İÇİNDEKİLER

Sürdürülebilir Beslenme Çerçevesinde Gıda Sistemleri

Aybike Gizem KAYACAN, Ayşe Özfer ÖZÇELİK 137

İklim Değişikliği ve Çevre Adaleti

Melahat DEMİRBİLEK, Emine ÖZMETE 151

Çevre Adaleti ve Sağlıkta Eşitsizlikler

İrem ŞENGÜN 163

Obezojenik Çevre Değişikliği ve Sağlıklı Nesiller

Sevil NAS 173

İklim Değişikliğine Bağlı Oluşan Toz Fırtınalarının Astım ve Alerjik Hastalıklarla İlişkisi

Gamze DOĞDU, Şeyda KARABÖRK 189

Sürdürülebilir Sağlıklı Toplumlar: Afetlerle İlişkili Biyolojik Tehlikeler

Nurçin KÜÇÜK KENT 203

Kum Saati Tersine Dönüyor: Sürdürülebilir Bir Geleceğe Doğru İklim Değişikliği Eğitimi Uygulamalarına Yönelik Eleştirel Bir Bakış ve Çözüm Önerileri

Elanur YILMAZ-NA 223

Afet Risklerini Azaltma ve Sürdürülebilir Kalkınma

Önder BOZKURT 239

İÇİNDEKİLER

Dijitalleşen Dünya ve Mobil Sağlık

Büşra CANDİRİ, Burcu TALU 267

Sürdürülebilirlik ve Eczacılık

Muammer ÇALIKUŞU, Gülbin ÖZÇELİKAY 281

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE GÜNCEL BİR YAKLAŞIM: BİYOYAKITLAR ve GIDA GÜVENCESİ

Arş. Gör. Gül Eda KILINÇ
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı
gekilinc@ankara.edu.tr
Öğr. Gör. Atila GÜLEÇ
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi
Beslenme ve Diyetetik Bölümü
guleca@ankara.edu.tr

GİRİŞ

Dünya Gıda Zirvesi tarafından onaylanan gıda güvencesi tanımı, "fiziksel, sosyal ve ekonomik erişim" ifadesine yalnızca "sosyal" kelimesinin eklenmesiyle bugün hala yaygın olarak kullanılmaktadır (Food and Agriculture Organization, 1996). Bu koşulların sağlanamadığı durumda meydana gelen gıda güvencesizliği ise bireysel, hane halkı, ulusal ve küresel düzeyde dört boyutta incelenebilen bir sorundur. Tam gıda güvencesi, birbiriyle ilişkili ve birbirine bağımlı bu dört boyutun hepsinin mevcut olmasını gerektirmektedir (Rey, 2013). Sürdürülebilirlik ve gıda güvencesini sağlamak için gıda kayıplarını ve israfını sınırlamak, daha fazla bitki bazlı gıda tüketmek veya gıda maddelerini geri dönüştürmek gibi çeşitli yaklaşımlar mümkündür. Ancak bir yandan ihtiyaçtan fazla besin üretimi gerçekleştirilirken diğer yandan da bu besinlerin artıklarının geri dönüşümü sorunundan kaynaklı patojenlerin birikmesi ile kısır bir döngü meydana gelmektedir (Vågsholm, Arzoomand, & Boqvist, 2020).

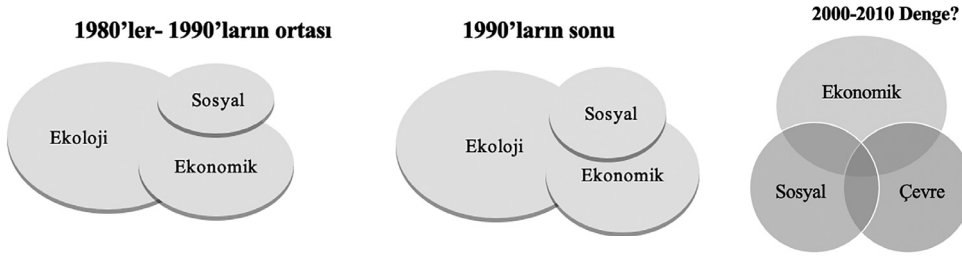
Hızlı nüfus artışı ve endüstriyel ilerleme, atmosferde sera gazları emisyonlarının (Greenhouse Gas/GHG) birikmesine ve dolayısıyla buna bağlı iklim değişikliğine neden olmaktadır (Azha, Shahadat, Ismail, Ali, & Ahammad, 2021; Raza, Zhang, Ali, Li, & Liu, 2020). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (The Intergovernmental Panel on Climate Change/IPCC) çalışmasına göre, gezegen, habitatlar ve topluluklar üzerindeki zararlı etkileri önlemek için sıcaklık artışının 1.5 °C ile sınırlanması gerekmektedir. Bu hedef ancak 2050 yılına kadar net olarak sıfır küresel emisyon elde edilmesi ile mümkündür. Bu kapsamda, iklim değişikliğini kontrol etmek için fosil enerjiyi hızlı bir şekilde temiz, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüştürmeye ihtiyaç duyulmaktadır (Rabaia vd., 2021; Sayed vd., 2021). Bu noktada karşımıza biyoyakıtlar kavramı çıkmaktadır. Ancak enerji güvenliği, endüstrileri biyoyakıtlara doğru itmiş olsa da iklim değişikliğinin tüm biyoyakıt endüstrisini alt üst edebilme olasılığı göz ardı edilemeyecek bir endişedir. Gıda krizinin meydana geldiği 2007-2008 yılları arasında, biyoyakıt sisteminin sürdürülebilirliği konusunda yeni bir tartışmayı ve şüpheleri beraberinde getirmiştir (De Gorter & Drabik, 2016). Bununla birlikte sürdürülebilirlik açısından biyoyakıtların hem avantajları hem de riskleri bulunmaktadır.

Bu bölümün ilk kısmında sürdürülebilirlik teorisi kısaca değerlendirilip biyoyakıtlarla ilişkisi tartışılmaktadır. İkinci kısmında ise biyoyakıtların gıda güvencesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Yirmi Birinci Yüzyılda Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik kavramı tartışmalı olmakla birlikte, insan ve doğa arasında olan simbiyotik ilişki göz önünde bulundurularak mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılayan temel bir sürdürülebilirlik anlayışını içerir ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını ödün vermeden güvence altına alırken, çevre ve insan ile uyumlu bir ilişki sürdürülmesini temel alır. "Sürdürülebilir kalkınma ise gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin günümüz kuşaklarının ihtiyaçlarının karşılanabilmesidir (United Nations International Children's Emergency Fund, 1999). Sürdürülebilir kalkınma kavramı multidisiplinerdir. 20. yüzyılın sonlarında ekolojik bir krizin artan farkındalığıyla ortaya çıkmıştır. Odun ve kömürden sonra birincil enerji kaynağı haline gelen petrol, yine aşırı kullanımıyla tükenebileceği endişelerini arttırmıştır. Tüm bunlarla birlikte medeni bir dünyada yaşayabilmemiz için doğal kaynakları sorumlu bir şekilde kullanmamız oldukça önem kazanmıştır. 21. yüzyıl ise özellikle sanayi devriminden sonra, üretim, tüketim ve servet birikimi açısından büyük bir değişime sahne olmuştur. Nüfusun artmasıyla birlikte, insani gelişme açısından sınırsız ekonomik büyümeye ihtiyaç duyulmuştur. Diğer taraftan bilimsel ve teknolojik gelişmeler, alternatif enerji türleri arayışında umut olmuştur. Sanayi alanında ve ticari genişlemenin yarattığı sürekli artan refah beklentisi, çevre krizine yeni bir yön vermiştir (Du Pisani, 2006; Penzenstadler, Raturi, Richardson, & Tomlinson, 2014). Ancak bilimsel ve teknolojik ilerleme, aynı zamanda çevreye ve doğal kaynaklara verilen sayısız zararın nedeni olmuştur. Bu ekolojik krizin daha şiddetli ve radikal hale gelmesiyle insan ırkının geleceği de sorgulanmaya başlanmıştır.

Brundtland raporunda ve Şekil 1'de gösterildiği gibi sürdürülebilir kalkınmayı eşit düzeyde etkileyen üç önemli faktör; ekonomik, sosyal ve çevredir (Colantonio & Lane, 2007). Bu kapsamda yapılan uygulamalar dikkate alındığında, ekonomik gelişme farklı yüzyıllarda farklı şekillerde evrilmiştir. Yıllar boyunca yapılan araştırmalar, diğer iki yönü tekrar dengeye getirmeye çalışmıştır; ancak, bu çabaların hala olumlu sonuçları beklenmektedir (Şekil 1) (Colantonio & Lane, 2007).



Şekil 1: Sürdürülebilirlik Matrisinin Zaman İçindeki Değişiminin Değerlendirilmesi (Colantonio & Lane, 2007)

Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği

Geçtiğimiz yüzyıl boyunca küresel iklim değişikliği, sıcaklıklarda belirgin bir artışa neden olduğu için bu durum bir yandan ısı dalgaları artışına ve kuraklıklara, bir yandan da fırtına ve sellere neden olarak yüksek karbondioksit seviyelerinin oluşumuna yol açmıştır. Hem iklim

hem de insan kaynaklı bu değişiklikler, doğal kaynakların tükenmesi nedeniyle sürdürülebilirliğe ulaşmak için büyük zorluklar yaratmıştır. Bu durumun en büyük risklerinden biri de tarımsal verimliliğin tehlikeye girmesi olmuştur. Artan sıcaklığın tarım üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkileri olabilmektedir. Bu durum temel olarak su ile ilişkilidir. Örneğin artan sıcaklık, Güney Avrupa ülkeleri gibi yarı kurak alanlar başta olmak üzere tüm ülkeleri etkileyerek tarım sistemlerini kötüleştirebilecek bir kıtlığa neden olabilir. Bu açıdan artan sıcaklık ile tarımsal verim arasında negatif bir ilişki olduğu varsayılmıştır. Bunun tam tersi olarak da, artan sıcaklıkla meydana gelen aşırı yağış ve seller ile toprak neminde artış meydana gelir ve yarı kurak alanlara fayda sağlayabilir; ancak su fazlalığı olan alanlarda bu durum sorunları daha da kötüleştirebilir (Agovino, Casaccia, Ciommi, Ferrara, & Marchesano, 2019).

Diğer taraftan literatürde, atmosferdeki ısıyı hapseden GHG'ler yoluyla tarımın iklim değişikliğine nasıl katkıda bulunduğu vurgulanmaktadır. Özellikle tarım sektörü, topraktan azot oksitemisyonları, gübre uygulamaları, otlayan hayvanlardan kaynaklanan dejeksiyonlar, geviş getiren hayvanlar tarafından metan üretimi yoluyla doğrudan GHG üretimi ve arazi tahribatları ve ormanların yok edilmesi yoluyla ise dolaylı GHG emisyonları üretimine neden olmaktadır (Tilman, Cassman, Matson, Naylor, & Polasky, 2002). Son yarım yüzyılda artan gıda talebiyle birlikte tarımsal üretimler arttırılmak zorunda kalınmıştır. Gübre ve pestisitlerin uygun olmayan şekilde uygulanması, sulama suyu ve tarım arazisinde makina kullanımı önemli çevresel zararlara yol açmış ve beraberinde iklim değişikliğini getirmiştir. Tüm bu sorunlar birbiriyle kısır döngü içinde olan "İklim değişikliği, tarımsal verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir" ve "Tarımsal alanlardaki uygulamalar, iklim değişikliği üzerinde olumsuz etkilere sahiptir" şeklinde iki hipotezi ortaya çıkarmıştır (Gliessman, 2014; Lin, 2011).

Biyoyakıtlar

Yirmi birinci yüzyılın başlarında, "fosil yakıt" terimi, milyonlarca yıldır dünya yüzeyinin altına gömülü bitki ve hayvan kalıntılarından oluşan kömür yağı ve doğal gaz gibi yakıtları ifade etmek için kullanılmıştır. Daha sonra 1970'lerde, yeni bir kelime olan "biyoyakıt" kavramı ortaya çıkmıştır, "bitki veya hayvan olsun canlı organizmalardan elde edilen enerji olarak tanımlanmıştır. Biyoyakıtlar; petrol, kömür ve her türlü fosil yakıt olup nükleer yakıt gibi diğer doğal kaynaklardan farklı olarak en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir" (Ruan vd., 2019).

Biyoyakıt (biyokütle bazlı yakıtlar); katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç ayrı kategoriye ayrılmaktadır. Katı biyoyakıtlar; geleneksel biyoyakıt olarak varsayılmaktadır. Yemek pişirme, ısınma ve aydınlatma gibi amaçlarla kullanılmak üzere kereste veya tarımsal atık şeklindeki ağaçlardan elde edilir (Angulo-Mosquera vd., 2021). Gaz biyoyakıtlar; hayvan ve bitki atıklarındaki organik maddelerin parçalanmasından elde edilen, toplanabilecek ve konvansiyonel enerjiye alternatif bir enerji olarak yararlanılabilecek ölçüde metan gazına neden olan gaz halindeki biyoyakıt türlerinden biridir. Elektrik üretimi gibi çeşitli alanlarda veya doğalgaza alternatif olarak pişirme ve ısınma amaçlı olarak kullanılmaktadır (Dahlgren, 2022). Sıvı biyoyakıtlar; küresel bir tartışmaya yol açan ve dünya çapında yoğun biyoyakıt olarak üretilen biyoyakıt

türlerinden biridir. Özellikle sıvı biyoyakıtlar, küresel gıda güvencesi hakkında tartışmalara yol açmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı ise biyoyakıtların 2050 yılına kadar ulaşımda kullanılan yakıtın yaklaşık %27'sini sağlayacağını öngörmektedir (Lelieveld, Crutzen, & Dentener, 1998). Sıvı biyoyakıtlar, biyosizel ve biyoetanol olmak üzere kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır. Biyodizel; kolza (AB ülkeleri), soya fasulyesi (Amerika Birleşik Devletleri/ABD, Brezilya, Arjantin, AB ülkeleri), palm yağı (Malezya, Endonezya), jatropha ve carnia bitkileri (Almanya ve Hindistan), hint yağı tohumları ve pamuk tohumundan (Senegal, Batı Afrika ülkeleri, Etiyopya) üretilmektedir (Rodrigues, Bordado, & Mateus, 2015). Biyoetanol ise şeker kamışı (Brezilya, Avustralya, Çin, Kolombiya, Etiyopya, Hindistan, Tayland, Güney Afrika), şeker pancarı (Avrupa Birliği ülkeleri), tatlı sorgum (ABD-Çin), manyok bitkisi (Tayland, Çin, Tanzanya, Uganda), bitki atıklarından (orman atıkları (Kanada), odun işleme atıkları ve tarımsal atıklar, yem olarak kullanılan mısır bitkileri, şeker kamışı fabrikalarının kalıntıları (farklı ülkeler) ve pirinç kabuğundan (Tayland, Endonezya ve Filipinler) üretilmektedir (Bužinskienė, 2018).

Biyoyakıt Teknolojisi ve Sınıflandırılması

Biyokütleleri enerjiye dönüştürmenin temelde üç yolu mevcuttur. Bunlardan ilki, yakma yöntemidir. Bu yöntemde; odunsu biyokütleler ısıtma, pişirme ve elektrik üretimi için kullanılır. İkinci yöntem, fermantasyon yöntemidir. Bu yöntemde; biyoetanol oluşumu için şeker kamışı veya şeker pancarı gibi şekerlerin veya mısır gibi nişastaların fermantasyonu ile gerçekleştirilir. Bu işlemin sonucunda, bu besinlerde bulunan şekerden biyoetanol ve karbondioksit elde edilir (Jensen vd., 2012). Üçüncü yöntem, esterifikasyon yöntemidir. Bu yöntemde; kolza tohumu, ayçiçeği, hurma veya fasulye yağları gibi bitkisel yağların esterleştirilmesi sağlanır. Soya fasulyesi ise biyodizele dönüştürülmek için kullanılır. Jatropha yağı, hint yağı, hayvansal yağlar veya yemeklik yağlar gibi bitkisel kaynaklardan elde edilen yağlar, yemek pişirmede kullanmak için sağlıksız hale gelir ve sonra biyoyakıt teknolojisinde kullanılırlar. Bu yağlar, sodyum hidroksit gibi bir katalizör varlığında alkol ile reaksiyona sokularak biyodizel üretimi sağlanır. Biyodizel, geleneksel ve çevre dostu yakıtlara alternatif bir yakıt olarak gösterilmektedir. Esterleşme olarak adlandırılan kimyasal reaksiyonun sonucunda bitkisel veya hayvansal yağların alkol ile muamelesini takiben biodizel ve gliserol açığa çıkmaktadır (Shahbaz vd., 2021).

Biyoyakıtlar temel olarak, geleneksel (birinci nesil) ve ileri düzey (ikinci, üçüncü, dördüncü nesil) biyoyakıtlar şeklinde sınıflandırılırlar. Birinci nesil biyoyakıtlar; temel olarak biyodizel, biyoalkoller, bitkisel yağ, biyogaz ve mısır, buğday ve soya fasulyesi gibi gıda ürünlerinden üretilen biyoyakıtları içerir. Esas olarak şeker, nişasta ve bitkisel yağdan üretilirler. Ayrıca birinci nesil biyoyakıtlara odun, tahıl, saman, şalt otu, çok yıllık çavdar otu, çim pres keki, çim parçaları, odun kömürü, evsel atık ve kuru gübre de sonradan dahil edilmiştir (Franco, Zapata, & Dyner, 2015; Gupta vd., 2014; Joshi, Pandey, Rana, & Rawat, 2017). İkinci nesil biyoyakıtlar; başlıca biyoetanol, biyodizel, dimetil-eter, biyosengaz, biyodizel, biyokütleden sıvıya biyodizel gibi biyoyakıtlarını içerir. Bu biyoyakıtlar temel olarak çimen, odun, tahıl samanı, şeker kamışı küspesi, orman kalıntıları, özel enerji mahsulleri (amaca uygun yetiştirilmiş bitkisel otlar) gibi gıda dışı hammaddelerden (esas olarak lignoselülozik biyokütle) ve

ayrıca belediye katı atıklarından üretilir (Du vd., 2016; Franco vd., 2015; Scaife, Merkx-Jacques, Woodhall, & Armenta, 2015). Üçüncü nesil biyoyakıtlar; başlıca biyometan, biyodizel, biyoetanol, biyobütanol, bitkisel yağdan yapılan benzin, jet yakıtları ve esas olarak algler veya siyanobakteriler gibi suda yetiştirilen besleme stoklarından veya havacılık yakıtlarından elde edilen biyoyakıtları içerir (Joshi vd., 2017; Lam & Lee, 2015; Suganya, Varman, Masjuki, & Renganathan, 2016; Taylor, 2010). Biyoyakıt üretiminde dördüncü nesil ise, genetiği değiştirilmiş bir alg biyokütlesinden elde edilmekte olup bir mikroorganizmanın genomunda değişiklik yapılarak gerçekleştirilir. Algler, yüksek yağ içerikleri ile tanınmakta olup literatüre göre Botryococcus braunii, Chaetoceros calcitrans, Chlorella, Isochrysis galbana, Nannochloropsis, Schizochytrium limacinum, ve Scenedesmus türlerinden dördüncü nesil yakıt üretimi gerçekleştirilmektedir (Shokravi vd., 2021; Ziolkowska, 2020).

Biyoyakıtlar ve Sürdürülebilir Kalkınma

Geçtiğimiz son yirmi yılda, bilim insanları ve otoriteler, Su-Enerji-Gıda (Water, energy and food security nexus/WEF yaklaşımı) kavramına artan bir ilgi göstermektedirler. Bu süreç, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri kapsamında doğal kaynakların kullanımının teşviki için bir bağlantı noktası oluşturmaktadır (Di Vaio, Trujillo, D'Amore, & Palladino, 2021; Olawuyi, 2020). WEF yaklaşımı kavramı, su, gıda ve enerji sektörleri arasındaki bağlantıları tanımlamak için 2011 yılında Dünya Ekonomik Forumu sırasında sürdürülebilir kalkınma konusundaki uluslararası tartışmada ortaya çıkmıştır. WEF yaklaşımı, 2015 yılında Birleşmiş Milletler 2030 Gündeminin özellikle sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SDG) arasında yer alan SDG#2 (sıfır açlık), SDG#6 (temiz su ve sanitasyon) ve SDG#7 (uygun fiyatlı ve temiz enerji) hedeflerinin kabul edilmesinden sonra önem kazanmıştır (Kurian, 2017; Pahl-Wostl, 2019).

Sürdürülebilirlik kavramı, karmaşık ve çok boyutludur. Sürdürülebilirlik hedeflerini pragmatik bir şekilde uygulamak için geniş vizyonlu anlayışlara ihtiyaç duyulmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşmak için sürdürülebilir biyoyakıt üretiminde, ekonomik olarak uygulanabilir, çevre korumaya yönelik doğal kaynakları koruyan ve bireylerin ve toplumun refahını sağlayan olmak üzere sürdürülebilirliğin üç temel boyutu ele alınmalıdır.

Ekonomik Kalkınma

Biyoyakıt ekonomisine, fosil yakıtlara karşı uzun vadeli karlılık getirmesi ve piyasada rekabet gücü sağlaması ile sübvansiyonlar ve yetkiler gibi aktif politika desteğinin olması gibi konular yön vermektedir. Genel olarak ekonomik sürdürülebilirlik, kâr odaklı stratejiler ve istikrar gerektirmektedir. Bununla birlikte, teknolojik gelişmeler (pazar fırsatları ve yan ürünlerin kullanımı ve çeşitlendirilmesi, iç enerjinin verimli tüketimi vb.) ile birlikte biyoyakıt endüstrisinin yurt içinde desteklenmesi ve korunması ve uzun vadeli maliyetlerin bu alanda yönetilmesi biyoyakıt ekonomisinin gelişimini sağlamıştır. Biyoyakıt sektöründen gelen hammadde talebindeki artış nedeniyle tarım alanındaki fiyatlar yükselme eğilimindedir. Ayrıca ticaret, biyoyakıt pazarının küreselleşmesinde büyük rol oynamaktadır. Biyoyakıtlar ve hammaddeleri, özellikle gelişmekte olan ülkeler için önemli bir ihracat alanı oluşturmaktadır. Tarihte ihracat yoluyla

küresel ekonomide yer almanın ekonomik gelişim üzerinde önemli bir role sahip olduğu gösterilmiştir. Bazı tropikal ülkelerde, biyoyakıt üretiminin mihenk taşı etkisi yaratarak ulaşım ağını genişlettiği ve iş imkanları yarattığı gözlemlenmiştir. Ayrıca biyoyakıt ihracatı yapan ülkeler için, biyoyakıt üretimi petrol fiyatlarındaki keskin artışın mikro ve makro etkilerini azaltmakta olup yurt içinde de petrol ürünlerinin yerini biyoyakıtlar alabilmektedir. Buna ek olarak, biyoyakıtlar hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde eşzamanlı olarak ekonomik aktiviteyi artırırken yeni girişimci şirketler ve küçük çaptaki girişimcilerin ortaya çıkması için bir fırsat sunmaktadır. Öte yandan, biyoyakıtlar alanında, gümrük vergileri de dahil olmak üzere ticaret engellerinin düşürülmesine izin verilerek daha açık bir şekilde ticareti yapılırsa, genel tarımsal alanındaki fiyatlarda kayda değer bir ılımlılık olabileceği düşünülmektedir (Arndt, Pauw, & Thurlow, 2012; Khan, Sudhakar, & Mamat, 2021). Ancak biyoyakıtlar ile gıda üretimi arasındaki paydaş kaynakları üzerine var olan rekabetin zamanla artışıyla, yakın gelecekte ve uzun vadede biyoyakıtların finansal uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliğine erişimi zorlaştıracaktır, çünkü enerji ve gıda arasındaki bağlantılar zamanla daha da güçlenecektir. Bu aşamada, iki uç noktayı dengelemek için gıda güvencesi ve enerji güvencesi alanlarında politikalara ve düzenlemelere ihtiyaç olacaktır.

Çevresel Kalkınma

Çevresel sürdürülebilirlik, yerel veya küresel olarak ayrı ayrı ele alınmalıdır. Küresel sorunlar; GHG, iklim değişikliği ve yenilenebilir enerji ile ilgili endişeleri içerirken, yerel bir alana özgü konular; toprak erozyonu, su yönetimi, toprak kalitesi, hava ve su kirliliğidir. Biyoyakıtların çevresel sürdürülebilirlik boyutundaki rolü ve etkinliğine ilişkin tartışmalar olsa da büyük ölçüde GHG'nın (örneğin, CO_2, metan, N_2O) azalttığı bilinmektedir. CO_2 olmayan GHG için ise GHG'nın önde gelen kaynakları; gübre kullanımı, toprak işleme, böcek ilaçları, sulama uygulamaları ve hasat gibi tarımsal uygulamalardır. Biyokütle bazlı biyoyakıtların sürdürülebilirliği, yaşam döngüsü analizleri (life cycle analyzes/LCA) yoluyla ölçülmektedir. Bir ürünün yaşam döngüsünün tüm aşamaları, girdi ve çıktı verileri (biyokütle üretimi, hammadde depolama ve nakliyesi, biyoyakıt üretimi ve nakliyesi ve son kullanım) için LCA ölçümü gereklidir. Bu ölçümde hem sızan hem de yakalanan gazlar ve yan ürünler dahil olmak üzere tüm çıktı verileri hesaba katılmaktadır. Bununla birlikte, LCA ölçümünde, biyoyakıt üretimi ve tüketiminin çevresel etkisine ilişkin sonuçlar önemli ölçüde değişebilir, çünkü bu, çoğunlukla ana parametrelerin varsayımına bağlıdır (Hosseinzadeh-Bandbafha vd., 2022).

Petrol ve kömür sıvılaştırma gibi fosil yakıta dayalı alternatifler, potansiyel olarak ek ulaşım yakıtları sağlayabilir, ancak bunların üretiminin GHG ve su kaynakları üzerinde büyük etkileri mevcuttur. Kısa vadede biyokütleden sıvı yakıt üretmek günümüzde petrol bazlı ulaşım yakıtlarına alternatif olabilecek tek alternatif olarak görülmektedir. Sonuç olarak ülkeler, gelecekte petrole olan bağımlılıklarını azaltmak için kullanabilecekleri veya üretebilecekleri biyoyakıt arayışı içindedirler. Biyoyakıtların Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (Organization of the Petroleum Exporting Countries/OPEC) dışındaki ülkelerde üretilmesi muhtemel olduğundan, petrol tüketen ülkelerin ulaşım yakıtlarının kaynaklarını çeşitlendirmelerine izin verilebilir ve

dolayısıyla enerji güvencesi konusunda faydalar sağlayabilir. Bazıları, alternatif ulaşım yakıtlarının (hidrojen ve elektrik gibi) güvenliğinin ve avantajlarının önemini tartışırken, biyoyakıtlar, ithal petrole bağımlılıktan endişe duyan ulusal hükümetler için mevcut birkaç kısa vadeli seçenekten biri olmaktadır (Taheripour, Cui, & Tyner, 2018). Bu düşünce ile biyoyakıtlar, yeni bir enerji ikamesi sağlama yoluyla fosil yakıtın yerini alabilir. Biyoyakıt üretimindeki enerji gereksinimi hem yetiştirme hem de hammaddenin hasadı için gereken enerjiyi içerir. Yetiştirme sürecinde ihtiyaç duyulan enerji, pestisitler, gübreler, toprak işleme ve sulama teknolojisi şeklindedir. Ayrıca, hammaddenin biyoyakıta işlenmesi ve hem üretim hem de dağıtım süreçlerinde taşınması gerekmektedir. Elde edilen biyoyakıtın üretimi için gerekli olan fosil enerji girdisi ile enerji çıktısı arasındaki oran, fosil enerji dengesi olarak tanımlanır. Bu, biyokütleden elde edilen istenen biyoyakıtın değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar ve biyokütlenin ne ölçüde fosil yakıtın yerini alabileceğini açıklamaktadır. Örneğin geleneksel dizel ve benzin için enerji dengesi 0.8 ile 0.9 arasında değişmektedir. Bunun nedeni, ham petrolün petrol ve dizele rafine edilmesi sürecinde enerjinin bir kısmının tüketilmesidir ve enerji aynı zamanda piyasaya taşınırken de tüketilir. Bu durumda biyoyakıtların geleneksel yakıtlara nazaran daha iyi olması için, biyoyakıtın enerji dengesi 0.8-0.9'u aşmalıdır. Şeker kamışı bazlı etanol için tahmini değer 2 ile 8 arasında değişirken, mısır bazlı etanol için bu değer 1.34'tür. Bununla birlikte, selülozik etanol, 3 ile 10 arasında değişen en yüksek fosil enerji dengesine sahiptir. Bu hammaddeye özgü enerji dengesinin aralıkları, çalışmalara göre değişse de, genel sonuç aynı kalmaktadır (Food and Agriculture Organization, 2008).

GHG ve enerjinin yanı sıra bir diğer husus da su yönetimidir. Çevresel sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi bağlamında, kullanılan suyun miktarını ve bunun yerel su kalitesi ve gelecek için kullanılabilirliği üzerindeki etkisini dikkate almak önemli hale gelmektedir. Diğer taraftan, tarım arazileri yakınındaki akarsulara ve nehirlere gelen gübre akışını yönetmek bir başka zorluktur. Biyoyakıt nedeniyle meydana gelen biyoçeşitlilik kaybının önlenmesi, sürdürülebilirliği sağlamak için bir başka kriterdir. Biyoçeşitliliğin korunması çok önemlidir, ancak yoğun bir biyokütle üretimi ile biyoçeşitliliğin kaybı meydana gelebilir. Bununla sınırlı olmamakla beraber habitat kaybı, herbisit ve gübrelerden kaynaklanan kirlenme ve istilacı türlerin yayılması üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir. Ancak bunların yanında biyoyakıtların olumlu yanı, tahrip olmuş araziler açısından biyokütle yayılımının faydalı bir etkisi olabilmektedir (De Fraiture & Berndes, 2009).

Sosyal Kalkınma

Biyoyakıt sürdürülebilirliğinin sosyal ayağı, kapsamlı bir ekonomik büyüme ve yoksulluğun azaltılması ile kırsal alanların geliştirilmesi ile ilgilidir. Arazi mülkiyeti ve işçi hakları, sürdürülebilirliğin sosyal yönlerini destekler. Arazilerin sınırlı bir kaynak olması ve kullanımının çoğunun arazi sahibine bağlı olması arazinin uygun kullanımını oldukça önemli hale getirmektedir. Arazinin değeri; koruma, gelecek nesillerin refahı ve ekosistem hizmeti gibi birçok yolla belirlenebilir. Biyoyakıtın buradaki rolü, ticari fırsatları geliştirmesi ve arazinin katkısını artırarak bir bütün olarak herkese fayda sağlamasıdır. Kırsal kalkınma ile ilgili olarak, biyoya-

kıt üretimi istihdam için fırsatlar sunmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde biyoyakıt üretimi, istihdamı canlandırarak büyük bir itici güç olmuştur. Yeni ve ileri teknoloji kullanımı, tarım sektörüne sermaye çekilmesinde ve daha iyi gübrelere, yüksek verimli çeşitlerin oluşumuna ve altyapıya erişim ile verimliliğin artırılmasında büyük rol oynamaktadır. Biyoyakıt üretimi, enerji hizmetlerine erişimi artırarak insan refahı üzerinde de olumlu bir etkiye sahiptir. Kırsal alanlarda, yakacak odun toplamanın zahmeti göz önünde bulundurulduğunda biyoyakıt üretimi, pompalanan portatif suya ve elektriğe daha iyi erişimi mümkün kılmakta, iş yüklerini azaltmakta ve daha iyi bir yaşamı desteklemektedir. Bu açıdan özellikle biyoyakıtlar özellikle kadınların evlerde birincil bakıcı olarak oynadıkları rolden kaynaklı olarak sağlık ve cinsiyet üzerindeki etkilere sahip olmaktadır. Odun, odun kömürü, gübre ve mahsul artıkları dünya çapında milyonlarca yoksul aile için geleneksel evde yemek pişirme ve ısınma yakıtı kaynakları olduğundan bu durum yüksek düzeyde hidrokarbon soluma, kanser ve ölümle sonuçlanabilen pnömoni gibi solunum yolu hastalıklarına yol açmıştır. Bu sorunlar, kadınların odun toplamak ve eve ağır yükleri taşımak için uzun mesafeler yürüdükleri Güneydoğu Asya ve Sahra Altı Afrika'daki yoksullar arasında özellikle belirgindir. Sonuç olarak, bu bölgelerde geleneksel yakıtlar yerine biyokütleden türetilen ileri pişirme yakıtlarının kullanılması, özellikle kadınlar için önemli sağlık yararları sağlayabilir (Solomon, 2010). Tüm bunlar, kırsal alanlarda artan istihdam fırsatının ve daha yüksek ücretlerin bireylerin yaşamları üzerinde nasıl olumlu bir etkiye ve yerel ekonomi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir.

Gıda Güvencesi Kavramı

Biyoyakıtların gıda güvencesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için, öncelikle gıda güvencesinin tanımı yapılmalıdır. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, 200l), ilk önce gıda güvencesini belirleyen üç boyut olduğunu belirtmiştir: Bunlar gıdanın bulunabilirliği, gıdaya erişim ve gıda kullanımıdır (World Health Organization, 2001). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization/FAO, 2009) ise bu üç boyuta ek olarak "ilk üç boyutunun zaman içindeki istikrarı" şeklinde dördüncü bir boyut daha eklemektedir. Böylece 2009 yılında, Dünya Gıda Zirvesi "gıda güvencesinin dört temel boyutunun; bulunabilirlik, erişilebilirlik, kullanılabilirlik ve istikrar olduğunu" belirmiştir (Food and Agriculture Organization, 2009; Peng & Berry, 2019). Yakın zamanda ise Kanada'da faaliyet gösteren Gıda Araştırmaları Merkezi (The Centre for Studies in Food Security/CSFS) gıda güvencesi kavramında temel olan beş ilkenin altını çizmiştir. Bunlar, yeterli gıdanın var olması (bulunabilirlik, sağlanabilirlik/food availability), herkesin erişebilmesi (erişebilirlik, satın alınabilirlik, ulaşılabilirlik/food accessibility), süreklilik arz etmesi (istikrar, kararlılık, yeterlilik/adequacy-stability), beslenme gereksinimlerini karşılayabilmesidir (kaliteli ve güvenli gıda, kullanılabilirlik/utilization), güvenlik (kabul edilebilirlik/acceptability) (Centre for Studies in Food Security, 2015).

FAO gıda güvencesini, insanların sağlıklı ve aktif bir yaşam sürebilmeleri için gıda ihtiyaçlarını karşılayan yeterli ve besleyici gıdalara her zaman fiziksel, sosyal ve ekonomik erişime sahip oldukları durum olarak tanımlamaktadır (Saint Ville, Po, Sen, Bui, & Melgar-Quiño-

nez, 2019). FAO'nun bu tanımı, gıda güvencesinin, nüfusun kalori ihtiyacını karşılamak için ortalama bir yılda yeterli gıdayı tedarik etmekten çok daha fazlası anlamına geldiğini ifade etmektedir. Gıda arzı elbette önemlidir, ancak tüm insanlar sağlıklı bir yaşam sürmek için ihtiyaç duydukları gıdayı alabilmelidir. Bazı insanların besleyici gıdaya erişimi olmadığı için, bu gıdaların mevcut olmaması veya karşılanamaması durumunda, bir ülke gıda güvencesine sahip değildir. Gıda arzının çoğunu ithal eden bir ülke, gıda ithal etmeyen ancak kuraklık gibi nedenlerle temel mahsul üretiminde azalma yaşanmasıyla gıda fiyatlarında ani artışlar yaşayan bir ülkeden daha fazla gıda güvencesine sahip olabilir (Beltran-Peña & D'Odorico, 2022). Bazı ülkeler gıda güvencesi için bazı politikalar uygulayarak gıda ithalatını azaltabilirler ve bu şekilde bir ülkenin kendi kendine yetebileceğini gösterebilirler. Ancak bununla birlikte, bu politikalar, aynı zamanda ülke içerisinde gıda fiyatlarını artırarak düşük gelirli tüketicilerin ihtiyaç duydukları gıdayı elde etmelerini zorlaştırabilir. Bu nedenle gıda ürünleri üzerinde yapılan ülke politikaları gıda ithalatını azaltsa da FAO'nun tanımladığı gibi gıda güvencesinin azalmasına neden olabilir (Dimitri & Rogus, 2014). Gelişen ve değişen dünya göz önünde bulundurularak FAO, hala gıda güvencesinin dört boyutunu belirlemeye devam etmektedir (Lawlis, Islam, & Upton, 2018). Gıda mevcudiyeti elbette önemlidir ve sağlıklı gıda arzını artırmaya yönelik çabaların gıda güvencesini iyileştirmesi beklenebilir. Gıdaya ekonomik ve fiziksel erişim eşit derecede önemlidir; bol gıda kaynağı olan bir ülkede, sağlıklı gıda satın almaya güçleri yetmediği için gıda güvencesi olmayan birçok insan bulunmaktadır. Sağlığın kötü durumda olması, güvenli olmayan su ve mikro besin eksikliği, gıda kullanımını etkileyebilmektedir (Khoury vd., 2014). Son olarak, gıda güvencesinin dördüncü boyutu olan istikrar kavramı da gereklidir. Yani bir kişi, işini kaybettiğinde, hastalandığında veya ürün yetersizliği yaşadığında ihtiyaç duyduğu gıdayı alamıyorsa istikrar sağlanamaz ve bu kişi gıda güvencesinden yoksun hale gelir (Berry, Dernini, Burlingame, Meybeck, & Conforti, 2015).

Biyoyakıtlar ve Gıda Güvencesi

Gıda Fiyatlarındaki Değişim

Biyoyakıtlar gıda güvencesini birçok yönden etkilemektedir. Etanol üretimi için mısır kullanımındaki artış, tahıl fiyatlarındaki artışa neden olan faktörlerden yalnızca biridir. Etanol fabrikaları biyoyakıt üretimi için daha fazla tahıl kullandığında, insanlar için yiyecek, hayvancılık için yem üretimine ayrılan tahıl miktarı azalmakta olup bu durum tahıl fiyatlarının yükselmesine neden olmuştur. Gıda-biyoyakıt tartışması, gıda fiyatları yükseldikçe artış göstermiştir. Örneğin, Birleşmiş Milletler (BM) gıda hakkı özel raportörü Jean Ziegler, ekilebilir arazileri gıda yerine yakıt üretmek için yönlendirmenin "insanlığa karşı suç" olduğunu belirtmiştir (Ziegler, 2004).

Tüm bunlar, yüksek gıda fiyatlarının gıda güvencesi üzerindeki etkilerine yönelik ilk yaklaşımlar olsa da nihai etkiler daha karmaşık olabilmektedir. Güçlü kanıtlar, biyoyakıt alanındaki büyümenin tarım sektörü üzerine önemli etkileri olduğu önermesini desteklemektedir. Bununla birlikte mısır ve mısır yağına yönelik artan talep nedeniyle potansiyel fiyat artışlarını tahmin etmek kolay olsa da biyoyakıtın yem piyasası üzerindeki etkileri açık olmayabilir. Mısırdan

biyoetanol üretiminde birincil yan ürün, kurutulmuş damıtma taneleri (Distiller's Dried Grains/DDG) olarak adlandırılmaktadır. Etanol yapmak için kullanılan mısır hacminin yaklaşık üçte biri DDG olarak sonuçlanır. Artan etanol üretimi ile birlikte DDG üretimi de artmaya başlamıştır. Son yıllarda değirmenler, DDG işlenmeden önce başka bir yan ürün olan mısır yağı üretmeye başlamışlardır. Bu yan ürünlerin etanol üretim sürecine eklenmesi, mısır üretimine arazi de dahil olmak üzere daha fazla ek kaynak eklemeksizin biyodizel ve hayvan yemi arzını arttırmıştır (Riley, 2015). DDG'nin etanol ile ilişkisi gibi, biyodizel yapmak için de daha fazla soya fasulyesi yağı kullanıldıkça soya fasulyesi küspesi üretimi artmaktadır. Soya fasulyesi sadece %20 oranında yağ içerir; kalan %80'i ise esas olarak hayvan yemi için kullanılan küspedir. İşlenmiş soya fasulyesi dünyanın en büyük hayvansal protein yemi kaynağıdır. ABD'de biyodizel üretmek için kullanılan soya yağı miktarı, Yenilenebilir Yakıt Standardı (Renewable Fuel Standard/RFS) zorunluluğunun karşılanmasına yardımcı olmak için 2009'dan 2015'e yaklaşık üç kat artmıştır. Biyodizel için soya fasulyesi yağının artan kullanımı, soya fasulyesi küspesinin üretiminin üç kat artmasıyla da sonuçlanmıştır. Tüm bunlar hem tarım alanında hem de hayvansal yem üretiminde fiyat artışlarıyla sonuçlanmıştır (Shrestha, Staab, & Duffield, 2019).

Yüksek mısır fiyatları aynı zamanda diğer mahsullerin fiyat aralıklarını da etkilemektedir. Değişen arz ve talep ikame etkileri, daha yüksek mısır fiyatlarının aynı zamanda buğday, pirinç, soya fasulyesi ve diğer mahsuller için daha yüksek fiyatlara neden olduğu anlamına gelmektedir. Gelişmekte olan birçok ülkede nüfusun en yoksul kesiminin tüketim alanının %70'ini gıda oluşturduğundan, gıda fiyatlarındaki artışların satın alma gücü üzerinde büyük olumsuz etkileri olabileceği aşikârdır. Birçok çiftçi yoksul kesimde olduğundan ve dünyadaki yoksulların çoğunun geçimlerini tarımdan sağlamasından dolayı daha yüksek emtia fiyatları yoksulluğu hafifletmeye ve gıda güvencesini iyileştirmeye yardımcı olabilir. Ancak daha yoksul kesim ele alındığında, bu yüksek fiyatlardan doğrudan yararlanamayacaklardır. Dünyadaki bu adaletsiz dağılım göz önünde bulundurulduğunda, biyoyakıt alanındaki, büyümenin en azından kısa vadede en savunmasız nüfuslara zarar verebileceği oldukça açıktır (Pingali, Raney, & Wiebe, 2008).

Mısır veya şeker kamışından elde edilen etanolün yanı sıra dünyada üretilen diğer ana biyoyakıt, bitkisel yağlardan yapılan biyodizeldir. Kolza yağı, soya fasulyesi yağı ve hurma yağı da dahil olmak üzere, her biri kendi özelliklerine ve gıda güvencesi üzerine etkiye sahip çeşitli hammaddeler kullanılmaktadır (Kim, Hanifzadeh, & Kumar, 2018). Biyodizel üretmek için Malezya veya Endonezya'daki hurma yağı kullanıldığında, hurma yağının fiyatı artmaktadır. Diğer gıda bazlı biyoyakıtlarda olduğu gibi, bu tüketici gıda maliyetlerini artırır, ancak aynı zamanda endüstri ile ilişkili olanların gelirlerini de arttırmaktadır. Daha yüksek hurma yağı fiyatları, hem gıda güvencesi hem de çevre için etkileri olan diğer gıda ürünlerini ve arazinin orman kullanımını azaltarak hurma plantasyonlarının genişlemesine neden olmaktadır (Yusoff vd., 2021).

Kolza ve soya fasulyesi gibi yağlı tohumlardan yapılan biyodizel ise şu ana kadar tartışılan diğer biyoyakıtlardan önemli bir açıdan farklıdır. Yağlı tohumlar hem bitkisel yağ hem de protein küspesi üretmek için preslenirken, bitkisel yağ biyodizele dönüştürülür. Özellikle soya fasulyesinin preslenmesi prosesinde bitkisel yağdan daha çok protein unu üretilir. Biyodizel

üretimi, bitkisel yağlara olan talebi ve fiyatları artırırken yağlı tohumların fiyatlarının da yükselmesine neden olmaktadır. Soya fasulyesi ve kolza tohumu için daha yüksek fiyatlar, çiftçileri bu ürünlerden daha fazla ekim yapmaya teşvik etmektedir. Bu durum da yalnızca bitkisel yağ üretimini değil, aynı zamanda protein unu üretimini de artırmaktadır. Diğer pazar etkileşimlerine bağlı olarak bu durum, yağlı tohum küspesi fiyatlarının düşmesine neden olabilmektedir. Yağlı tohum küspesi, hayvan yemi rasyonlarında protein sağlamaktadır. Yağlı tohum küspesinin fiyatları düşüp diğer yem fiyatları değişmezse, biyodizel üretimindeki artışın sonucu, canlı hayvan ve kanatlı yem maliyetlerinde bir düşüş olabilmektedir (Barreiros, Young, Cavalcante, & Queiroz, 2020; Canaan vd., 2022; Thamsiriroj & Murphy, 2010). Bu nedenle, mısır veya şeker bazlı etanolden farklı olarak, yağlı tohum bazlı biyodizelin bazı gıdalar için tüketici maliyetlerini düşürmesi ve bitkisel yağ için daha yüksek tüketici fiyatlarının bazı etkilerini dengelemesi mümkün olabilmektedir.

Diğer taraftan biyoyakıtlar, gıda üretiminde yaygın olarak kullanılmayan hammaddelerden de üretilebilir. İnsanlar ve hatta hayvanlar tarafından düzenli olarak tüketilmeyen şalgam, miscanthus ve diğer sıcak mevsim otlarından etanol üretiminin teknik olarak mümkün olduğunu gösterilmiştir. Ancak bu noktada düşünülmesi gereken en az iki konu vardır. İlk olarak, bu hammaddelerden biyoyakıt üretimi, şu anda mevcut teknolojiler göz önüne alındığında, litre başına maliyetler geleneksel biyoyakıtların maliyetlerini aştığı için karlı olmamaktadır. İkincisi, bu hammaddeler insan gıdası ile doğrudan rekabet etmese de önemli dolaylı etkiler yaratabilmektedir (Nascimento vd., 2021). Tüm bu çeşitli örneklerden çıkarılması gereken sonuç, biyoyakıt üretiminin gıda güvencesine üzerine etkilerinin oldukça karmaşık olduğudur.

Artan Açlık ve Obezite Faktörü

Biyoyakıt ve etik alanına baktığımızda bu alandaki tartışmanın özü, 2007 ve 2008 gıda krizi sırasında ortaya çıkmış ve günümüze kadar aslında çok da bir şey değişmemiştir. Gıdaya karşı yakıt tartışması hala devam etmektedir (Cutazzo, 2018). Ancak, gıda ürünlerini yakıta dönüştürmek "sıklıkla belirtildiği gibi" bir felaket reçetesi olacaktır. Mısır, aslında, dünyadaki en önemli temel gıda ürünlerinden biridir ve dünya çapında milyarca insan için temel enerji ve besin kaynağıdır. Peki biyoyakıt nedir? Biyoyakıtlar, gıda hakkının gerçekleşmesine nasıl bir tehdit oluşturur? Gıdanın biyoyakıt ile çeliştiği nokta, fakir bir kişi tarafından yenilebilecek bir şeyin zengin bir kişi tarafından yakıt olarak kullanılmasıdır. Yoksul insanların temel tahıllar için zengin insanlarla rekabet edememesi gerçeği, arazi kullanımı tahsisi veya yeni teknolojiye sermaye yatırımı söz konusu olduğunda zenginlerle rekabet edememeleri gerçeğiyle yapısal olarak eşbiçimlidir (Thompson, 2012).

Dünya Bankası raporunda, "Ocak 2000'den Haziran 2008'e kadar düşük tahıl stokları, büyük arazi kullanım değişiklikleri, spekülatif faaliyetler ve ihracat yasakları nedeniyle gıda ürünleri fiyatlarındaki %70-75'lik artışın biyoyakıtlardan ve bununla ilgili sonuçlarından kaynaklandığı belirtilmektedir (Mueller, Anderson, & Wallington, 2011). Mısır fiyatlarındaki artışın ne kadarının biyoetanol üretimindeki artıştan kaynaklandığı net olmasa da, yüksek mısır

fiyatlarının gıda güvencesi üzerinde etkileri olduğu açıktır. Aynı zamanda mısır, dünyadaki en önemli hayvan yemidir. Yüksek mısır fiyatları yem maliyetlerini artırmakta ve bu yüksek maliyetler hayvansal protein üretimini azaltmaktadır. Azalan tedarik, diyet seçimleri üzerinde etkileri olan et, süt ve yumurta gibi hayvansal besinler için de tüketici düzeyinde fiyatları arttırmaktadır (Erenstein, Jaleta, Sonder, Mottaleb, & Prasanna, 2022). Ayrıca mısırın biyoetanol üretimi için kullanımının, diğer tahıl ürünleri ve hayvansal kaynaklardaki fiyat artışıyla sonuçlanması, alım gücündeki azalmaya neden olarak yetersiz beslenme ve gizli açlık durumlarını da beraberinde getirmektedir.

Varlığının ciddi bir şekilde onaylanmasına rağmen, "gıda hakkı" neredeyse dünyanın her yerinde her zaman ihlal edilmektedir. Günümüzde "gıda hakkı" aslında beklenen, açık ve tartışılmaz bir hak gibi görünebilir, ancak bu hak hala dünyadaki insanların beşte birinden fazlasına verilmemektedir. Dünya Gıda Güvencesizliği ve Beslenme Durumu 2017 raporuna göre, kronik açlığın azaltılmasında kaydedilen ilerlemeye rağmen, dünyada yaklaşık 815 milyon insanın sağlıklı ve aktif bir yaşam sürmek için yeterli gıdaya sahip olmadığını belirtmektedir (United Nations International Children's Emergency Fund & World Health Organization, 2017).

Biyoyakıtın gıda fiyatları üzerindeki etkisi küresel açlık endeksini ciddi bir şekilde etkilemiştir. Ülkelere göre 2018 Küresel Açlık Endeksi (Global Hunger Index/GHI) incelendiğinde, Arjantin, Beyaz Rusya, Brezilya, Kosta Rika, Hırvatistan, Fiji, İran, Jamaika, Meksika, Panama, Türkiye, Rusya, Bulgaristan, Çin, Kolombiya, Küba, Paraguay, Peru, Romanya, Sırbistan, Makedonya, Ukrayna, Uruguay ve Kazakistan 9.9 ölçek puanının altında kalarak düşük açlık düzeyi kategorisinde yer alırken; Bolivya, Mısır, Honduras, Mauritius, Nikaragua, Tayland, Vietnam, Güney Afrika ve Ekvador 10.0-19.9 puanla orta ve Etiyopya, Guatemala, Hindistan, Endonezya, Kenya, Malavi, Mozambik, Pakistan, Filipinler, Ruanda, Sudan, Svaziland, Tanzanya ve Zimbabve 20.0-34.9 puanla ciddi açlık düzeyi kategorisinde yer almaktadır. Biyoyakıtların özellikle gelişmekte olan ülkelerde gıda güvencesini kötüleştirdiğine dair destekleyici kanıtlar olduğu belirten çalışmalar mevcuttur (Renzaho, Kamara, & Toole, 2017; Subramaniam & Masron, 2021).

Bununla beraber biyoyakıtlar bir başka ikilemi de beraberinde getirmektedir. Yetersiz beslenme, temel bir gıda güvencesi sorunu olmaya devam ederken, obezite oranları ve buna bağlı sağlık sorunları arttıkça, aşırı beslenme de büyüyen bir sorundur. Yüksek mısır fiyatları, kalorili veya yüksek yağlı gıdaların fiyatını yükseltirken, daha sağlıklı beslenmeyi teşvik edebilmektedir. Daha yüksek tahıl fiyatları, aynı anda yetersiz beslenmeyle ilgili sorunları artırabilirken, aşırı beslenmeyle ilgili sorunları azaltabilmektedir. ABD mısır etanol üretimini büyük ölçüde artırmadan önce Brezilya dünyanın en büyük etanol üreticisiydi ve şeker kamışı baskın hammadde olarak yer almaktaydı. Mısır bazlı etanol gibi, şeker kamışı bazlı etanol de doğrudan ve dolaylı olarak gıda mevcudiyetini azalmaktadır. Şeker üretmek için kullanılmış olabilecek şeker kamışı bunun yerine etanole dönüştürülmektedir ve etanolü üretmek için kullanılan arazi diğer mahsulleri yetiştirmek için kullanılamamaktadır. Sonuç olarak, şeker ve diğer mahsuller için fiyatların yükselmesine neden olmaktadır. Bilindiği üzere şekerin sağlıklı bir diyete katkısı

şüphelidir. Diğer taraftan, şeker, dünya nüfusunun büyük bir kısmı için toplam kalori alımının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Şeker fiyatları arttığında, yoksul bir aileyi beslemenin maliyeti artmakta ve bu da yetersiz beslenmenin artmasına neden olabilmektedir. Ancak bunun yanında yüksek şeker fiyatları, özellikle aşırı kilolu veya obez olanlar için şeker tüketimini azalttırarak sağlık yararları sağlayabilmektedir (De Andrade, Watson, & Maxwell, 2020). Tüm bu dengeleyici düşünceler göz önüne alındığında, artan biyoyakıt üretiminin küresel gıda güvencesi üzerindeki net etkisi tartışmalı bir konudur.

Biyoyakıtlar İklim Değişikliği Hızını Yavaşlatabilecek Mi? Ekilebilir Arazi Yarışı ve Ormansızlaşmanın Artması ile Biyoçeşitliliğin Tehdidi

Yapılan bazı bilimsel çalışmalar, biyoyakıtın yenilenebilir ve çevre dostu olduğunu gösterirken (Chen vd., 2018; Ziolkowska, 2020), bazıları da bunun tam tersinin olduğunu ifade etmektedir. Biyoyakıtların olumsuz etkisinden bahseden çalışmalarda biyoyakıtın çevre için olumsuz etkileri olduğu ABD'nin mısır ve soya fasulyesi ihracatını azalttığı, gıda fiyatlarını artırdığı öne sürülmekte ve daha fazla tarım arazisinin, tarım dışı araziye dönüştüğü belirtilmektedir (DeCicco & Krishnan, 2015; Searchinger vd., 2008). Yapılan çalışmalar arasında bir fikir birliği olmasa da biyoyakıt gelişimi ile küresel ölçekte ormansızlaşma arasındaki ilişki göz ardı edilmemelidir. Ormanlar, kereste, odun, yakıt ve diğer ürünlerin üretiminde, biyolojik çeşitliliğin ve vahşi yaşam habitatlarının korunmasının yanı sıra küresel iklim değişikliğinin hafifletilmesinde ve su havzalarının toprak bozulmasına ve sel risklerine karşı korunmasında önemli bir çevresel rol oynamaktadır.

Biyoyakıt üretiminin başlamasıyla birlikte biyoyakıt üretimi için ayrılan tarım alanlarının artışına bağlı olarak ormansızlaşmanın da arttığı tartışması günümüzde de devam etmektedir. Bu tartışmada iki zıt bakış açısı hâkimdir. Bir tarafta, Küresel Orman Koalisyonu, Greenpeace ve koruma bilimciler dahil olmak üzere çevresel perspektifler, biyoyakıtların GHG'nı arttıracağını, tropik ormanları yok edeceğini ve diğer ülkelerle çatışmalara neden olacağını savunmaktadırlar. Öte taraftan biyoyakıt endüstrisinin savunucuları, fosil yakıtların ve emisyonların kullanımını azaltmanın, iş ve gelir fırsatları sağlamanın yanı sıra, biyoyakıtların neredeyse tamamen tarım veya kırsal arazilerde yetiştirildiğini ve bu nedenle ormansızlaşmayı içermediğini savunmaktadırlar.

Biyoyakıtların neden olduğu ormansızlaştırma ve gıda güvencesi konusu ele alındığında, tarımsal biyoçeşitlilik, gıda güvencesi açısından vazgeçilmez olan makro ve mikro besinleri sağlamaktadır. Ancak arazi kullanımındaki değişiklik, yerel gıda tüketim kalıplarını ve gıda sistemlerini değiştirebilmektedir. Orman sınırlarında kullanımı yaygınlaşan modern tarım yöntemleri, genellikle azaltılmış tarımsal biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetleri ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, tarımsal biyoçeşitlilik ile diyet çeşitliliği arasındaki ilişki karmaşıktır (Blundo-Canto vd., 2020) Malavi'de yapılan bir araştırmada, 6623 hane halkı incelenmiş ve diyet çeşitliliği ile çiftlikteki mahsul ve hayvancılık çeşitliliği arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur (Jones, Shrinivas, & Bezner-Kerr, 2014). Diğer bir çalışmada da, çiftlikteki ve pazardaki çeşitlilik ile Güney Benin'de ve Tanzanya'daki bireylerin diyet çeşitliliğinin arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir (Bellon, Ntandou-Bouzitou, & Caracciolo, 2016; Keding, Msuya, Maass, & Krawinkel, 2012).

Biyoyakıtların biyoçeşitlilik üzerindeki etkileri, ilgili arazi kullanımı değişikliklerinin ve dönüşümünün yanı sıra, spesifik biyoyakıt hammadde türlerine bağlıdır. Örneğin, doğal orman ve doğal otlak gibi doğal ekosistemlerin dönüştürülmesi, genellikle yüksek biyolojik çeşitlilik kayıplarına neden olurken, terk edilmiş tarım arazilerinin veya yaygın olarak kullanılan otlakların kullanılması nispeten daha düşük kayıplara neden olmaktadır. Aşırı gübre uygulamaları ve yabani otları kontrol etmek veya haşere ve hastalıklarla mücadele etmek için biyositlerin kullanıldığı monokültürlerde büyük ölçekte yetiştirilen biyoyakıt hammaddeleri, soya fasulyesi üretiminde gözlemlendiği gibi biyoçeşitlilik üzerinde yıkıcı bir etkiye sahip olabilmektedir. Ayrıca biyoyakıt üretimi için tarım arazilerinin artmasına bağlı olarak gübre kullanımındaki artış da GHG'nın artmasına neden olabilmektedir. Bu kısır döngü ele alındığında, hedeflerinden biri GHG'nın oluşumunu önlemek olan biyoyakıt üretiminin tam tersi bir etkiye neden olması dikkatle yaklaşılması gereken bir konudur. Buna ek olarak, biyoyakıt üretimindeki sanayileşme ve teknoloji kullanımının artışı ile özellikle temiz su kaynaklarının kirlenmesi ve su kaynaklarının bu alana yönlendirilmesiyle gelecek için yaşanabilecek sıkıntılar da tartışılan bir başka konudur (Correa vd., 2019; Twomey, Stillwell, & Webber, 2009; Wiens, Fargione, & Hill, 2011).

Biyoçeşitlilik, tüm mahsullerin ve evcilleştirilmiş hayvanların ve bunların içindeki çeşitliliğin temelidir (Ritchie, Spooner, & Roser, 2022). Bu nedenle, biyoçeşitlilik kaybının sosyal, çevresel ve ekonomik sonuçları ve maliyetleri olacağı için biyoyakıtların biyoçeşitlilik üzerindeki etkisinin azaltılması çok önemlidir (Tudge, Purvis, & De Palma, 2021). Biyoyakıtların üretimi için kullanılan tarım arazilerindeki artış ve ormanların tahribatı, ekosistem değişimine neden olmakta ve ekosistemin değişimiyle kuraklıklara ve seller bağlı olarak tarımsal alanda yetiştirilebilecek ürünlerin çeşitliliği azalmaktadır (Bryngemark, 2019). Ayrıca, biyoyakıtların üretiminde özellikle belirli besinlerin üretimine yönelimin artması, diyetteki çeşitliliğin de azalmasına neden olacaktır. Tarım alanlarının, enerji üretimi gibi spesifik alanlar için kullanımı ve ormansızlaştırma eylemleri gelecek nesilleri sadece belirli tip diyetlere hapsedebileceği ve gıda güvensizliğine neden olarak belirli makro ve mikro besin ögelerinin alımında eksikliklere yol açabileceği göz ardı edilmemelidir. Yaşamsal önemi olan bu besin ögelerinin eksikliği, ileride hastalık yüklerinin artışıyla sonuçlanacaktır (Brinkman vd., 2020). Dolayısıyla bu konulara yönelik ulusal politikalar yapılırken sürdürülebilir ve kapsayıcı kalkınma teşvik edilmeli ve ekosistem hizmetleri korunurken gıda güvencesinin sağlanması hedeflenmelidir. Bu kapsamda artan ormansızlaşmaya yol açan tarım arazilerinin genişletilmesine dayalı stratejileri benimsemek, sürdürülebilirlik açısından olumsuz etkiler yaratacaktır (Martínez-Jaramillo, Arango-Aramburo, & Giraldo-Ramírez, 2019). Ayrıca, 2016 yılında dünya çapında bir tarım modeli kullanılarak 56 milyar litre mısırdan üretilmiş biyoetanolün aşağıdaki öngörülere neden olabileceği belirtilmiştir (Shrestha vd., 2019);

- Mısır için biyoyakıt talebi arttıkça, soya fasulyesi ve buğday tarlaları mısır üretimi alanına geçecek, mısır, soya fasulyesi ve buğday fiyatları sırasıyla %40, %20 ve %17 artacaktır,
- ABD tarım ihracatı keskin bir şekilde düşecektir (mısırda %62, buğdayda %31, soya fasulyesinde %28, domuz etinde %18 ve tavukta %12 düşüş),

- Diğer ülkeler ABD ihracatının yerini aldığında, çiftçilerin daha düşük verim nedeniyle genellikle bir ton ürün başına daha fazla arazi ekmesi gerekmektedir,
- ABD, tarım için 10.8 milyon dönüm ek arazi oluşturacaktır

SONUÇ

Sonuç olarak, gıda ve enerji güvencesinin artırılması ve iklim değişikliğinin azaltılması, yalnızca ulusal düzeyde değil, aynı zamanda küresel düzeyde sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik için kritik öneme sahiptir. Bu zorlu sorunların başarılı bir şekilde çözülmesi, tüm ulusların birlikte çalışması ve iyi niyet ve bağlılığı gerektirmektedir. Otuz yıldan fazla bir süredir, nüfusun altıda birinden daha fazlasının kronik açlık ve yoksullukla yaşadığı bir dünyada, biyoyakıtların gelişimiyle birlikte önümüzdeki otuz yılın arabaların yakıtı olarak tahılların kullanımının yanlışlığının tartışılarak geçirilmesi riskiyle karşı karşıya bulunmaktayız. Ancak bu sefer durum, sadece açlık ve yoksulluğun da ötesinde olup, tüm dünya nüfusunu etkileyecek iklim değişikliğiyle başa çıkma, temiz enerji sağlama ve gıda güvencesini sağlama gibi birbiriyle ilişkili ve birlikte ele alınması ve zorluklarla baş edilmesi gereken bir hal almıştır.

Biyoyakıtların çevresel sürdürülebilirliği ve gıda güvencesi ilişkisi, gıda fiyatları, açlık ve obezite faktörü, enerji dengesi, GHG, biyolojik çeşitlilik, su, toprak ve ormanlar üzerindeki etkileri açısından tanımlanmaktadır. Biyoyakıtların GHG'nı azaltması, en önemli çevresel etki olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, biyoyakıtların GHG'nı azaltma potansiyeli, otlakların ve ormanların tarım arazisine dönüştürülmesine yol açmaktadır.

Biyoçeşitlilik, sürüdürülebilir bir yaşam için önemli bir faktördür. Biyoenerji için biyokütle üretiminin, biyoçeşitlilik üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkileri olabilmektedir. Biyoyakıtlar için tahribata uğramış arazi kullanıldığında ve GHG emisyonları azaltıldığında, tür çeşitliliği artabilmektedir. Diğer taraftan, enerji için kullanılan tarım ürünlerinin büyük monokültürleri, habitat kaybına, istilacı türlerin genişlemesine ve gübreler ve herbisitlerden su ve toprak kirlenmesine ve beraberinde biyoçeşitliliğin erozyona uğramasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, her ülkenin biyoyakıtlar konusunda, her şeyden önce, sorumluluğu, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği ve insan haklarına saygıyı destekleyen bir enerji politikasının olması ve bu politikanın devamlılığının olması gereklidir.

KAYNAKLAR

Agovino, M., Casaccia, M., Ciommi, M., Ferrara, M., & Marchesano, K. (2019). Agriculture, Climate Change and Sustainability: The Case of EU-28. *Ecological Indicators, 105*, 525-543. doi: 10.1016/j.ecolind.2018.04.064

Angulo-Mosquera, L. S., Alvarado-Alvarado, A. A., Rivas-Arrieta, M. J., Cattaneo, C. R., Rene, E. R., & García-Depraect, O. (2021). Production of Solid Biofuels from Organic Waste in Developing Countries: A Review From Sustainability and Economic Feasibility Perspectives. *Science of The Total Environment, 795*, 148816. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148816

Arndt, C., Pauw, K., & Thurlow, J. (2012). Biofuels and Economic Development: A Computable General Equilibrium Analysis for Tanzania. *Energy Economics, 34*(6), 1922-1930. doi: 10.1016/j.eneco.2012.07.020

Azha, S. F., Shahadat, M., Ismail, S., Ali, S. W., & Ahammad, S. Z. (2021). Prospect of Clay-Based Flexible Adsorbent Coatings as Cleaner Production Technique in Wastewater Treatment, Challenges, and Issues: A Review. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 120*, 178-206. doi: 10.1016/j.jtice.2021.03.018

Barreiros, T., Young, A., Cavalcante, R., & Queiroz, E. (2020). Impact of Biodiesel Production on a Soybean Biorefinery. *Renewable Energy, 159*, 1066-1083. doi: 10.1016/j.renene.2020.06.064

Bellon, M. R., Ntandou-Bouzitou, G. D., & Caracciolo, F. (2016). On-farm Diversity and Market Participation are Positively Associated with Dietary Diversity of rural mothers in Southern Benin, West Africa. *PloS one, 11*(9), e0162535. doi: 10.1371/journal.pone.0162535

Beltran-Peña, A. & D'Odorico, P. (2022). Future Food Security in Africa Under Climate Change. Earth's Future, 10(9), e2022EF002651. doi: 10.1029/2022EF002651

Berry, E. M., Dernini, S., Burlingame, B., Meybeck, A., & Conforti, P. (2015). Food Security and Sustainability: Can one Exist Without The Other?. Public health nutrition, 18(13), 2293-2302. doi: 10.1017/S136898001500021X

Blundo-Canto, G., Cruz-Garcia, G. S., Talsma, E. F., Francesconi, W., Labarta, R., Sanchez-Choy, & J., Quintero, M. (2020). Changes in Food Access by Mestizo Communities Associated with Deforestation and Agrobiodiversity Loss in Ucayali, Peruvian Amazon. *Food Security, 12*(3), 637-658. doi: 10.1007/s12571-020-01022-1

Brinkman, M., Levin-Koopman, J., Wicke, B., Shutes, L., Kuiper, M., Faaij, A., & van der Hilst, F. (2020). The Distribution of Food Security Impacts of Biofuels, A Ghana Case Study. *Biomass and Bioenergy, 141, 105695. doi: 10.1016/j.biombioe.2020.105695*

Bryngemark, E. (2019). Second Generation Biofuels and the Competition for Forest Raw Materials: A Partial Equilibrium Analysis of Sweden. *Forest Policy and Economics, 109,* 102022. doi: 10.1016/j.forpol.2019.102022

Bužinskienė, R. (2018). Atsinaujinančių Energijos Išteklių Panaudojimo Vertinimas. Žemės Ūkio Mokslai, 25(1), 43-62. doi: 10.6001/zemesukiomokslai.v25i1.3668

Canaan, J. M. M., Brasil, G. S. A. P., de Barros, N. R., Mussagy, C. U., Guerra, N. B., & Herculano, R. D. (2022). Soybean Processing Wastes and Their Potential in the Generation of High Value Added Products. *Food Chemistry, 373*, 131476. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.131476

Chen, R., Qin, Z., Han, J., Wang, M., Taheripour, F., Tyner, W., & Duffield, J. (2018). Life Cycle Energy and Greenhouse Gas Emission Effects of Biodiesel in the United States with Induced Land Use Change Impacts. *Bioresource Technology, 251*, 249-258. doi: 10.1016/j.biortech.2017.12.031

Colantonio, A., & Lane, G. (2007). Measuring Social Sustainability, Best Practice from Urban Renewal in the EU, 2007/01: EIBURS Working Paper Series. *Oxford Institute for Sustainable Development (OISD)–Inter-*

national Land Markets Group. Retrieved August 19 2022, https://www.academia.edu/8329602/Measuring_Socially_Sustainable_Urban_Regeneration_in_Europe.

Correa, D. F., Beyer, H. L., Fargione, J. E., Hill, J. D., Possingham, H. P., Thomas-Hall, S. R., & Schenk, P. M. (2019). Towards the Implementation of Sustainable Biofuel Production Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 107*, 250-263. doi: 10.1016/j.rser.2019.03.005

CSFS (Centre for Studies in Food Security). (2015). *The Five A's of Food Security.* Retrieved January 25 2023, https://www.torontomu.ca/foodsecurity/.

Cutazzo, M. (2018). The Impact of Biofuels on the Realization of the Human Right to Food. in *Food Diversity Between Rights, Duties and Autonomies* (pp. 277-292): Springer. doi: 10.1007/978-3-319-75196-2_17

Dahlgren, S. (2022). Biogas-based Fuels as Renewable Energy in the Transport Sector: An Overview of the Potential of Using CBG, LBG and Other Vehicle Fuels Produced from Biogas. *Biofuels, 13*(5), 587-599. doi: 10.1080/17597269.2020.1821571

De Andrade, M. A., Watson, J. E., & Maxwell, S. L. (2020). Unveiling the Environmental Benefits of Reducing Sugar. *The Lancet Planetary Health, 4*(11), e497-e498. doi: 10.1016/S2542-5196(20)30226-6

De Cicco, J., & Krishnan, R. (2015). Annual Basis Carbon (ABC) Analysis Of Biofuel Production at the Facility Level. *Available at SSRN 2643155*. doi: 10.2139/ssrn.2643155

De Fraiture, C., & Berndes, G. (2009). Biofuels and water. in: Cornell University Library's Initiatives in Publishing (CIP). Retrieved August 19 2022, https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/46220/scope.1245782008.pdf?sequence=2.

De Gorter, H., & Drabik, D. (2016). Biofuel Policies and the Impact of Developing Countries' Policy Responses to the 2007–2008 Food Price Boom. *Global Food Security, 11*, 64-71. doi: 10.1016/j.gfs.2016.07.008

Di Vaio, A., Trujillo, L., D'Amore, G., & Palladino, R. (2021). Water Governance Models for Meeting Sustainable Development Goals: A Structured Literature Review. *Utilities Policy, 72*, 101255. doi: 10.1016/j.jup.2021.101255

Dimitri, C., & Rogus, S. (2014). Food Choices, Food Security, and Food Policy. *Journal of International Affairs, 67*(2), 19-31.

Du Pisani, J. A. (2006). Sustainable Development–Historical Roots of the Concept. *Environmental Sciences, 3*(2), 83-96. doi:10.1080/15693430600688831

Du, C., Zhao, X., Liu, D., Lin, C. S. K., Wilson, K., Luque, R., & Clark, J. (2016). Introduction: An Overview of Biofuels and Production Technologies. *Handbook of Biofuels Production,* 3-12. doi: 10.1016/B978-0-08-100455-5.00001-1

Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. (2022). Global Maize Production, Consumption and Trade: Trends and R&D Implications. *Food Security*, 1-25. doi: 10.1007/s12571-022-01288-7

Food and Agriculture Organization (FAO). (2008). *The State of Food and Agriculture 2008: Biofuels: Prospects, Risks and Opportunities*, *38,* Food & Agriculture Org. Retrieved August 19 2022, https://www.fao.org/3/i0100e/i0290e.pdf.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2009). Declaration of the World Food Summit on Food Security. FAO, Rome. Retrieved January 25 2023, https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/09614524.2010.491540?needAccess=true&role=button.

Franco, C. J., Zapata, S., & Dyner, I. (2015). Simulation for Assessing the Liberalization of Biofuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41*, 298-307. doi: 10.1016/j.rser.2014.08.025

Gliessman, S. R. (2014). *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems* (2nd ed.). CRC press.

Gupta, V. K., Potumarthi, R., O'Donovan, A., Kubicek, C. P., Sharma, G. D., & Tuohy, M. G. (2014). Bioenergy research: An Overview on Technological Developments and Bioresources. *Bioenergy Research: Advances and Applications*, 23-47. doi: 10.1016/B978-0-444-59561-4.00002-4

Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Nizami, A.-S., Kalogirou, S. A., Gupta, V. K., Park, Y. K., Fallahi, A., & Aghbashlo, M. (2022). Environmental Life Cycle Assessment of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: A Systematic Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 161*, 112411. doi: 10.1016/j.rser.2022.112411

Jensen, E. S., Peoples, M. B., Boddey, R. M., Gresshoff, P. M., Hauggaard-Nielsen, H., JR Alves, B., & Morrison, M. J. (2012). Legumes for Mitigation of Climate Change and the Provision of Feedstock for Biofuels and Biorefineries. A review. *Agronomy for sustainable development, 32*(2), 329-364. doi: 10.1007/s13593-011-0056-7

Jones, A. D., Shrinivas, A., & Bezner-Kerr, R. (2014). Farm Production Diversity is Associated with Greater Household Dietary Diversity in Malawi: Findings From Nationally Representative Data. *Food Policy, 46*, 1-12. doi: 10.1016/j.foodpol.2014.02.001

Joshi, G., Pandey, J. K., Rana, S., & Rawat, D. S. (2017). Challenges and Opportunities for the Application of Biofuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 79*, 850-866. doi: 10.1016/j.rser.2017.05.185

Keding, G. B., Msuya, J. M., Maass, B. L., & Krawinkel, M. B. (2012). Relating Dietary Diversity and Food Variety Scores to Vegetable Production and Socio-economic Status of Women in Rural Tanzania. *Food Security, 4*(1), 129-140. doi: 10.1007/s12571-011-0163-y

Khan, N., Sudhakar, K., & Mamat, R. (2021). Role of Biofuels in Energy Transition, Green Economy and Carbon Neutrality. *Sustainability, 13*(22), 12374. doi: 10.3390/su132212374

Khoury, C. K., Bjorkman, A. D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A., & Struik, P. C. (2014). Increasing Homogeneity in Global Food Supplies and the Implications for Food Security. *Proceedings of the national Academy of Sciences, 111*(11), 4001-4006. doi: 10.1073/pnas.131349011

Kim, D. S., Hanifzadeh, M., & Kumar, A. (2018). Trend of Biodiesel Feedstock and its Impact on Biodiesel Emission Characteristics. *Environmental Progress & Sustainable Energy, 37*(1), 7-19. doi: 10.1002/ep.12800

Kurian, M. (2017). The Water-energy-food Nexus: Trade-offs, Thresholds and Transdisciplinary Approaches to Sustainable Development. *Environmental Science & Policy, 68*, 97-106. doi: 10.1016/j.envsci.2016.11.006.

Lawlis, T., Islam, W., & Upton, P. (2018). Achieving the Four Dimensions of Food Security for Resettled Refugees in Australia: A Systematic Review. *Nutrition & Dietetics, 75*(2), 182-192. doi: 10.1111/1747-0080.12402

Lelieveld, J., Crutzen, P. J., & Dentener, F. J. (1998). Changing Concentration, Lifetime and Climate Forcing of Atmospheric Methane. *Tellus B, 50*(2), 128-150. doi: 10.1034/j.1600-0889.1998.t01-1-00002.x

Lin, B. B. (2011). Resilience in Agriculture Through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience, 61*(3), 183-193. doi: 10.1525/bio.2011.61.3.4

Martínez-Jaramillo, J. E., Arango-Aramburo, S., & Giraldo-Ramírez, D. P. (2019). The Effects of Biofuels on Food Security: A System Dynamics Approach for The Colombian Case. *Sustainable Energy Technologies and Assessments, 34*, 97-109. doi: 10.1016/j.seta.2019.05.009

Mueller, S. A., Anderson, J. E., & Wallington, T. J. (2011). Impact of Biofuel Production and Other Supply and Demand Factors on Food Price Increases in 2008. *Biomass and bioenergy, 35*(5), 1623-1632. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.01.030

Nascimento, L., Ribeiro, A., Ferreira, A., Valério, N., Pinheiro, V., Araújo, J., & Carvalho, J. (2021). Turning Waste Cooking Oils into Biofuels-Valorization Technologies: A Review. *Energies, 15*(1), 116. doi: 10.3390/en15010116

Olawuyi, D. (2020). Sustainable Development and The Water-Energy-Food Nexus: Legal Challenges and Emerging Solutions. *Environmental Science & Policy, 103*, 1-9. doi: 10.1016/j.envsci.2019.10.009

Pahl-Wostl, C. (2019). Governance of the Water-energy-food Security Nexus: A Multi-level Coordination Challenge. *Environmental Science & Policy, 92*, 356-367. doi: 10.1016/j.envsci.2017.07.017

Peng, W. & Berry, E. M. (2019). The Concept of Food Security. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability, 2*(1), 1-7. Retrieved August 2022, https://www.researchgate.net/profile/Elliot-Berry/publication/326524423_The_Concept_of_Food_Security/links/5c6d994f299bf1e3a5b8bdb9/The-Concept-of-Food-Security.pdf.

Penzenstadler, B., Raturi, A., Richardson, D., & Tomlinson, B. (2014). Safety, Security, Now Sustainability: The Nonfunctional Requirement for the 21st Century. *IEEE software, 31*(3), 40-47. doi: 10.1109/MS.2014.22

Pingali, P., Raney, T., & Wiebe, K. (2008). Biofuels and food Security: Missing the Point. *Review of Agricultural Economics, 30*(3), 506-516.

Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Elsaid, K., Chae, K.-J., Wilberforce, T., & Olabi, A. (2021). Environmental Impacts of Solar Energy Systems: A Review. *Science of The Total Environment, 754*, 141989. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141989

Raza, S., Zhang, J., Ali, I., Li, X., & Liu, C. (2020). Recent Trends in the Development of Biomass-Based Polymers from Renewable Resources and Their Environmental Applications. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 115*, 293-303. doi: 10.1016/j.jtice.2020.10.013

Renzaho, A. M., Kamara, J. K., & Toole, M. (2017). Biofuel Production and its Impact on Food Security in Low And Middle Income Countries: Implications for the Post-2015 Sustainable Development Goals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 78*, 503-516. doi: 10.1016/j.rser.2017.04.072.

Rey, J. M. M. (2013). Biofuels and Food Security. *Cuadernos de Estrategia*(161), 196-224. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4229933.

Riley, P. (2015). Interaction Between Ethanol, Crop, and Livestock Markets. *US Ethanol: An Examination of Policy, Production, Use, Distribution, and Market Interactions*. https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.738.5405&rep=rep1&type=pdf.

Ritchie, H., Spooner, F., & Roser, M. (2022). Biodiversity. *Our World in Data*. Retrieved January 25 2023, https://ourworldindata.org/biodiversity?fbclid=IwAR1JDLxzXLKKeDfRDa0XKn3ab2oGaQmndp9xfd25HcCWZjy-SCe-8V1Vq2s.

Rodrigues, A., Bordado, J., & Mateus, M. (2015). An Evaluation of SRCS as a Potential Carbon Neutral Source of Biomass for Energy and Chemicals. *International Journal of Energy, Environment and Economics, 23*(4/5), 479. Retrieved August 19 2022, https://www.proquest.com/openview/543c88ab01c348ceefb78988c0353529/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2034867.

Ruan, R., Zhang, Y., Chen, P., Liu, S., Fan, L., Zhou, N., & Cheng, Y. (2019). Biofuels: Introduction. In *Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes for the Production of Liquid and Gaseous Biofuels* (pp. 3-43): Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-816856-1.00001-4

Saint Ville, A., Po, J. Y. T., Sen, A., Bui, A., & Melgar-Quiñonez, H. (2019). Food Security and the Food Insecurity Experience Scale (FIES): Ensuring Progress by 2030. in (Vol. 11, pp. 483-491): Springer. doi:10.1007/s12571-019-00936-9

Sayed, E. T., Wilberforce, T., Elsaid, K., Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Chae, K.-J., & Olabi, A. (2021). A Critical Review on Environmental Impacts of Renewable Energy Systems and Mitigation Strategies: Wind, Hydro, Biomass and Geothermal. *Science of The Total Environment, 766*, 144505. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144505

Scaife, M. A., Merkx-Jacques, A., Woodhall, D. L., & Armenta, R. E. (2015). Algal Biofuels in Canada: Status and Potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44*, 620-642. doi: 10.1016/j.rser.2014.12.024

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., & Yu, T.-H. (2008). Use of US Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science, 319*(5867), 1238-1240. doi: 10.1126/science.1151861

Shahbaz, M., AlNouss, A., Ghiat, I., Mckay, G., Mackey, H., Elkhalifa, S., & Al-Ansari, T. (2021). A Comprehensive Review of Biomass Based Thermochemical Conversion Technologies Integrated with CO2 Capture and Utilisation within BECCS Networks. *Resources, Conservation and Recycling, 173*, 105734. doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105734

Shokravi, H., Shokravi, Z., Heidarrezaei, M., Ong, H. C., Koloor, S. S. R., Petrů, M., & Ismail, A. F. (2021). Fourth Generation Biofuel from Genetically Modified Algal Biomass: Challenges and Future Directions. *Chemosphere, 285*, 131535. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.131535

Shrestha, D., Staab, B., & Duffield, J. (2019). Biofuel Impact on Food Prices Indexand Land Use Change. *Biomass and bioenergy, 124*, 43-53. doi: 10.1016/j.biombioe.2019.03.003

Solomon, B. D. (2010). Biofuels and Sustainability. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1185*(1), 119-134. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.05279.x

Subramaniam, Y., & Masron, T. A. (2021). The Impact of Economic Globalization on Biofuel in Developing Countries. *Energy Conversion and Management: X, 10*, 100064. doi: 10.1016/j.ecmx.2020.100064

Suganya, T., Varman, M., Masjuki, H., & Renganathan, S. (2016). Macroalgae and Microalgae as a Potential Source for Commercial Applications Along with Biofuels Production: A Biorefinery Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 55*, 909-941. doi: 10.1016/j.rser.2015.11.026

Taheripour, F., Cui, H., & Tyner, W. E. (2018). The Economics of Biofuels. *The Routledge Handbook of Agricultural Economics*, 637-657.

Taylor, P. (2010). Energy Technology Perspectives. *International Energy Agency*. Retrieved August 19 2022, http://foris.fao.org/static/data/cofo/2007/taylor_michael_energy_technology_perspectives.pdf.

Thamsiriroj, T., & Murphy, J. (2010). Can Rape Seed Biodiesel Meet the European Union Sustainability Criteria for Biofuels? *Energy & Fuels, 24*(3), 1720-1730. doi:10.1021/ef901432g

Thompson, P. B. (2012). The Agricultural Ethics of Biofuels: The Food vs. Fuel Debate. *Agriculture, 2*(4), 339-358. doi:10.3390/agriculture2040339

Tilman, D., Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. *Nature 418,* 671e677.

Tudge, S. J., Purvis, A., & De Palma, A. (2021). The impacts of Biofuel Crops on Local Biodiversity: A Global Synthesis. *Biodiversity and Conservation, 30*(11), 2863-2883. doi: 10.1007/s10531-021-02232-5

Twomey, K. M., Stillwell, A. S., & Webber, M. E. (2009). *The Water Quality And Energy Impacts of Biofuels*. Paper Presented at the Energy Sustainability. doi: 10.1115/ES2009-90294

United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). (1999). *The State of the World's Children 1999: Education. New York*. Retrieved April 19 2022, https://www.unicef.org/media/84771/file/SOWC-1999.pdf.

United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). & World Health Organization (WHO). (2017). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2017: Building Resilience for Peace and Food Security*. Retrieved January 25 2023, https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2017-09/apo-nid249031.pdf.

Vågsholm, I., Arzoomand, N. S., & Boqvist, S. (2020). Food Security, Safety, and Sustainability—Getting The Trade-offs Right. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 4*, 16. doi: 10.3389/fsufs.2020.00016

Wiens, J., Fargione, J., & Hill, J. (2011). Biofuels and Biodiversity. *Ecological Applications, 21*(4), 1085-1095. doi: 10.1890/09-0673.1

World Health Organization (WHO). (2001). *The First Action Plan for Food and Nutrition Policy-WHO European Region 2000-2005, Roma*. Retrieved January 25 2022, https://apps.who.int/iris/handle/10665/108379.

Yusoff, M. N. A. M., Zulkifli, N. W. M., Sukiman, N. L., Chyuan, O. H., Hassan, M. H., Hasnul, M. H., & Zakaria, M. Z. (2021). Sustainability of Palm Biodiesel in Transportation: A Review on Biofuel Standard, Policy and International Collaboration Between Malaysia and Colombia. *Bioenergy Research, 14*(1), 43-60. doi: 10.1007/s12155-020-10165-0

Ziegler, J. (2004). Special Rapporteur on the Right to Food. *Promotion and Protection of all Human Rights, Civil, Political, Economic, Social and Cultural Rights, including the Right to Development*. Retrieved August 19, 2022, https://resourcingrights.org/api/files/1519156869111ughrt70jqnmfoax0qoteuq5mi.pf.

Ziolkowska, J. R. (2020). Biofuels technologies: An overview of Feedstocks, Processes, and Technologies. *Biofuels for a More Sustainable Future*, 1-19. doi: 10.1016/B978-0-12-815581-3.00001-4