

OĞUZCAN ŞAHİN	İKTİSAT ANABİLİM DALI	YÜKSEK LİSANS TEZİ	2024
------------------	-----------------------	-----------------------	------

T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

ENDÜSTRİYEL TARIM UYGULAMALARI VE ÇEVRE
KİRLİLİĞİ: SEKİZ GELİŞMİŞ ÜLKE ÖRNEĞİ

Oğuzcan ŞAHİN

İktisat Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Emine KILAVUZ

TEMMUZ 2024
KAYSERİ

T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

ENDÜSTRİYEL TARIM UYGULAMALARI VE ÇEVRE
KİRLİLİĞİ: SEKİZ GELİŞMİŞ ÜLKE ÖRNEĞİ

Oğuzcan ŞAHİN

İktisat Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Emine KILAVUZ

TEMMUZ 2024
KAYSERİ

KABUL VE ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Emine KILAVUZ danışmanlığında Oğuzcan Şahin tarafından hazırlanan “Endüstriyel Tarım Uygulamaları ve Çevre Kirliliği: Sekiz Gelişmiş Ülke Örneği” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü **İktisat Anabilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans Programında Tez** olarak kabul edilmiştir.

..... / / 20...

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Emine KILAVUZ
(Nuh Naci Yazgan Üniversitesi)
Üye : Prof. Dr. Halil ALTINTAŞ
(Erciyes Üniversitesi)
Üye : Doç. Dr. Bekir ÇELİK
(Nuh Naci Yazgan Üniversitesi)

ONAY

Bu tezin kabulü Enstitü Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../20....

Doç. Dr. Burcu ORALHAN
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Nuh Naci Yazgan Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Kütüphanesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

oEnstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. (1)

oEnstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren... ay ertelenmiştir. (2)

oTezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. (3)

..... /...../.....

(İmza)

Oğuzcan ŞAHİN

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

(1)Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının önerisi** ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

(2)Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının önerisi** ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

(3)Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

* Tez **danışmanının önerisi** ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, projemin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, *Prof. Dr. Emine KILAVUZ* danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

(İmza)

Oğuzcan şAHİN

TEŞEKKÜR

“Tez danışmanlığımı üstlenen, konu seçiminden araştırmanın yürütülmesine varıncaya kadar, projemin gerek şekil ve gerekse içerik olarak incelemesini ve takibini yapan ve gerekli telkinlerde bulunan proje danışmanım Prof. Dr. Emine KILAVUZ’a teşekkür eder, saygılar sunarım”.

Her zaman destekleriyle yanımda olan eşim Pembegül ŞAHİN, annem Pempe ŞAHİN, Babam Aziz ŞAHİN ve arkadaşım Gökhan CENGİZ’e gönülden teşekkür ederim.

Oğuzcan ŞAHİN

ÖZET

Şahin, O., Endüstriyel Tarım Uygulamaları ve Çevre Kirliliği: Sekiz Gelişmiş Ülke Örneği, Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 2024. Endüstriyel tarım, tarımsal üretimde modern tekniklerin ve makinelerin kullanıldığı bir durumu ifade eder. Dünya nüfusundaki hızlı artış karşısında sentetik gübreler, kimyasal pestisitler ve yüksek verimli tahıl hibritleri ile tarımsal verimin ve üretim artırılması için endüstriyel tarım önemli görülmektedir. Ancak işin diğer boyutu, zaman içinde endüstriyel tarım çevreye ağır zarar vermeye başlamış ve yüksek tarımsal verimle birlikte yüksek çevresel maliyet ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, endüstriyel tarım uygulamaları ile tarımsal ürün ihracatçısı olan gelişmiş 8 ülke verisi (Avusturalya, Kanada, Almanya, İspanya, Fransa, İtalya, Hollanda ve ABD) ve panel ARDL modeli kullanılarak, çevre kirliliği üzerinde bazı endüstriyel tarım göstergelerinin etkisi analiz edilmiştir. Birinci modelde, Tarımsal Nitroz Oksit Emisyonları (NO) üzerinde, Gübre Tüketimi (GTKG), Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Katma Değer (KD) ve Tahıl Verimi (TV) etkileri incelenmiş ve değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmuştur. GT'deki %1'lik artış anlamlı bir şekilde Tarımsal Nitroz Emisyonunda (NO) yaklaşık %0,36'lık artışa neden olurken, KD %1'lik artış ise %0,08'lik artışa neden olmaktadır ($p < 0,05$). En fazla emisyon artışı ise %0,73'lük artış ile TV'ye aittir. Model 2'de bağımlı değişken olarak Toplam Sera Gazı Emisyonları (kt CO₂ eşdeğeri) seçilmiş, bağımsız değişkenler olarak GT, TV, Tarım, KD ve Birincil Enerji Tüketimi (EN) seçilmiştir. Analiz sonuçlarında, TV katsayısı dışında diğer değişkenler anlamlıdır. Toplam sera gazı emisyonları üzerinde en fazla etki, EN kullanımından kaynaklanmaktadır ve %1'lik artış, SG üzerinde %1,14'lük artışa neden olmaktadır. Endüstriyel gelişmelerin çevre üzerindeki tahribatlarının endüstriyel tarım uygulamaları açısından ele alındığı bu çalışmada, çevreye daha az zararlı tarımsal uygulamalar ve yenilenebilir kullanımı, sürdürülebilir kalkınma ve yaşam açısından önemlidir.

Anahtar kelimeler: Endüstriyel Tarım, Çevre Kirliliği, Panel ARDL

ABSTRACT

Şahin, O., Industrial Agricultural Practices and Environmental Pollution: Examples of Eight Developed Countries, Nuh Naci Yazgan University Social Sciences Institute, Department of Economics, Master's Thesis, Kayseri, 2024.

Industrial agriculture refers to a situation where modern techniques and machinery are used in agricultural production. In the face of the rapid increase in the world population, industrial agriculture is considered important to increase agricultural efficiency and production with synthetic fertilizers, chemical pesticides and high-yield grain hybrids. However, the other aspect of the matter is that over time, industrial agriculture began to cause serious damage to the environment, and high environmental costs emerged along with high agricultural productivity. In this study, the effect of some industrial agriculture indicators on environmental pollution was analyzed using data from 8 developed countries that are exporters of agricultural products with industrial agricultural practices (Australia, Canada, Germany, Spain, France, Italy, the Netherlands and the USA) and the panel ARDL model. In the first model, the effects of Fertilizer Consumption (GT), Agriculture, Forestry and Fishery Added Value (VAT) and Grain Yield (TV) on Agricultural Nitrous Oxide Emissions (NO) were examined and a long-term relationship was found between the variables. While a 1% increase in GT causes a significant increase of approximately 0.36% in Agricultural Nitrous Emission (NO), a 1% increase in KD causes a 0.08% increase ($p < 0.05$). The highest emission increase belongs to TV with an increase of 0.73%. In Model 2, Total Greenhouse Gas Emissions (kt CO₂ equivalent) were selected as the dependent variable, and GT, TV, Agriculture, KD and Primary Energy Consumption (EN) were selected as independent variables. In the analysis results, other variables except the TV coefficient are significant. The largest impact on total greenhouse gas emissions comes from the use of EN, and a 1% increase causes a 1.14% increase in GHG. In this study, the destruction of industrial developments on the environment is discussed in terms of industrial agricultural practices. Agricultural practices that are less harmful to the environment and renewable use are important for sustainable development and life.

Key words: Industrial Agriculture, Environmental Pollution, Panel ARDL

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. DÜNYADA ENDÜSTRİYEL TARIMIN GELİŞMESİ.....	3
2.1. Endüstriyel Tarımın Tarihi	3
2.1.1. Endüstri Devrimleri ve Tarıma Yansımaları	4
2.1.1.1. Endüstri 1.0 ve Tarım 1.0	4
2.1.1.2. Endüstri 2.0 ve Tarım 2.0	7
2.1.1.3. Endüstri 3.0 ve Tarım 3.0	9
2.1.1.4. Endüstri 4.0 ve Tarım 4.0	12
2.2. Endüstriyel Tarımın Etkileri	20
2.3. Gelirlerine Göre En Büyük Tarım İşletmeleri ve Sektörleri.....	24
2.4. Tarımsal İhracatta Gelişmiş Ülkelerin Tarımsal Faaliyetleri	26
2.5. Çevre Dostu Tarımsal İnovasyonlar	42
3. ENDÜSTRİYEL TARIM VE ÇEVRESEL KİRLENME İLİŞKİSİ	45
3.1. Tarımsal Faaliyetlerin Çevre Kirliliği Üzerinde Etkileri	46
3.1.1. Tarımsal Gübreler	49
3.1.2. Tarım İlaçları	51
3.1.3. Tarımsal Sulama	52
3.1.4. Diğer Tarımsal Uygulamalar	53
3.2. Endüstriyel Tarım ve İklim Değişiklikleri.....	54

3.3. Literatür Araştırması.....	56
4. BULGULAR.....	63
4.1. Veriler ve Model.....	63
4.2. Panel Birim Kök Testleri	64
4.3. Panel ARDL.....	66
5. SONUÇ VE GENEL DEĞERLENDİRME.....	69
6. KAYNAKÇA.....	71
7. EKLER	83
EK-1: Orijinallik Raporu	83



KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE	Araştırma-Geliştirme
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değışikliği Çerçeve Sözleşmesi
CGIAR	Uluslararası Tarımsal Araştırma Danışma Grubu (Consultative Group for International Agricultural Research)
CO₂	Karbondioksit
TV	Tahıl Verimi
EN	Enerji Tüketimi
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
GT	Gübre Tüketimi
GTKG	Gübre Tüketimi, Ekilebilir Arazinin Hektar Başına Kilogram
OECD	İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (Organisation for Economic Co-Operation and Development)
SG	Toplam Sera Gazı Emisyonu
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UN Environment Programme)
IIoT	Endüstriyel Nesnelerin İnterneti
IoT	Nesnelerin İnterneti
AI	Yapay Zekâ
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
USDA	ABD Tarım Bakanlığı
NPK	Azot- Fosfat- Potasyum

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
2.1. Endüstri Evreleri	3
2.2. Tarım 4.0 Temel Alanlar Ve Uygulamaları	17
2.3. İHA'ların Tarımda Kullanıldığı Alanlar	19
2.4. Tarımsal Emisyonlar (N ₂ O- Mt)	27
2.5. Ülkelerin Gübre Tüketimi (Gübre Üretiminin Yüzdesi)	28
2.6 Ülkelerin Gübre Tüketimi Verileri (Hektar Başına Kg)	29
2.7 Ülkelerin Tahıl Verimi (Hektar Başına Kg)	30
2.8. Ülkelerin Tarım, Ormancılık Ve Balıkçılık Katma Değeri (Cari ABD Doları)	31
2.9. Tarımsal İnovasyon Sistemi Kavramı	43
3.1. 2021'de Sektörlere Göre Dünya Sera Gazı Emisyonları (LUCF hariç). İklim İzleme (GtCO ₂ e)	46

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo	Sayfa
2.1. Endüstri 3.0 İle Gelen Tarımsal Yenilikler	10
2.2. Endüstri 4.0 İle Gelen Tarımsal Yenilikler	10
2.3. 2020 Yılı Seçili Ülkelerin Tarımsal İhracat Verileri (kg)	32
3.1. Tarımsal Kirlilik Nedenleri	47
3.2. Tarımsal Gübreler	50
3.3. Kyoto Protokolü’nde Baz Alınan Sera Gazları	55
4.1. Verilerin Tanımlanması (Model 1)	62
4.2. Verilerin Tanımlanması (Model 2)	62
4.3. Gelişmiş Ülke Grupları Düzey Seviyesi Durağanlık Testi Sonuçları (Model 1)	65
4.4. Gelişmiş Ülke Grupları Düzey Seviyesi Durağanlık Testi Sonuçları (Model 2)	65
4.5. Gelişmiş Ülke Grubu Panel Ardl Sonuçları (Model 1)	66
4.6. Gelişmiş Olan Ülke Grubu Panel Ardl Sonuçları (Model 2)	67

1. GİRİŞ

Tarım, bitkisel ve hayvansal ürünlerin yetiştirilmesi, işlenmesi ve pazarlanması sürecini içeren önemli bir sektördür. Tarım faaliyetleri genellikle gıda üretimi odaklı olsa da endüstriyel hammaddelerin, biyoenerji kaynaklarının ve çeşitli bitkisel veya hayvansal ürünlerin üretimini de kapsamaktadır. Tarım insanların temel beslenme ihtiyaçlarını karşılamının yanı sıra, ekonomik büyümeye, istihdama ve kırsal kalkınmaya da katkı sağlar.

İnsanlar modern tarıma geçmeden önce geleneksel tarımla uğraşmaktaydılar. Geleneksel tarım sektörü küçük ölçekli ve aile işletmeciliği temelli tarımsal faaliyetlerden oluşan modern tarım teknolojilerinin ve girdilerinin olmadığı bir sektördür. Geleneksel tarım modeli, uzun süredir belirli bir bölge veya topluluk tarafından kullanılan ve genellikle geçmişten günümüze aktarılan yöntemleri içerir.

Endüstriyel tarım, tarım sektöründe büyük bir dönüşümü temsil eder. Geleneksel tarım yöntemlerine kıyasla, endüstriyel tarım genellikle büyük ölçekte yapılan tarım faaliyetlerinden oluşmaktadır. Endüstriyel tarım modelinde, tarım arazileri genellikle tek bir ürün türüne ayrılmıştır. Modern makinelerin ve teknolojilerin yaygın olarak kullanımı söz konusudur. Ayrıca endüstriyel tarım; yüksek miktarlarda ürün elde etme ve ticari amaçlarla geniş pazarlara ulaşma hedefleri doğrultusunda hareket eden verimlilik ve kar odaklı faaliyetleri içeren ticari faaliyettir.

Endüstriyel tarım modelinde; kimyasal gübreler, tarım ilaçları ve pestisitler gibi tarımsal girdilerin yoğun bir şekilde kullanılması yaygındır. Bunlar, ürün verimliliğini artırmak, zararlı böcek ve hastalıklarla mücadele etmek ve ürün kayıplarını azaltmak amacıyla kullanılır. Ancak; bu kimyasal maddelerin yaygın kullanımı, çevresel etkilere ve doğal kaynakların tükenmesine neden olabilmektedir. Örneğin; kimyasal gübrelerin aşırı kullanımı, toprak asitliğini artırabilir, toprak yapısını bozabilir ve toprak erozyonunu tetikleyebilir.

Endüstriyel tarım ayrıca su kaynaklarının yoğun kullanılmasına da neden olmaktadır. Ürünlerin büyümesi ve gelişmesi için büyük ölçekli sulama sistemleri kullanılarak gereken su sağlanır. Ancak bu sistem nedeniyle su kaynaklarının tükenmesine ve yeraltı su seviyelerinin azalmasına neden olmakta ve bu da uzun vadede çevresel sürdürülebilirlik sorunlarına neden olmaktadır.

Sonuç olarak endüstriyel tarımın verimliliği artırma ve ticari karlılığı sağlama potansiyeli bulunmasına rağmen çevresel etkileri ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği üzerinde ciddi tahribatları da beraberinde getirir. Bu nedenle, sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi ve alternatif tarım modellerinin araştırılması, endüstriyel tarımın çevresel etkilerini azaltmak ve tarımın uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamak için önemli adımlardır.

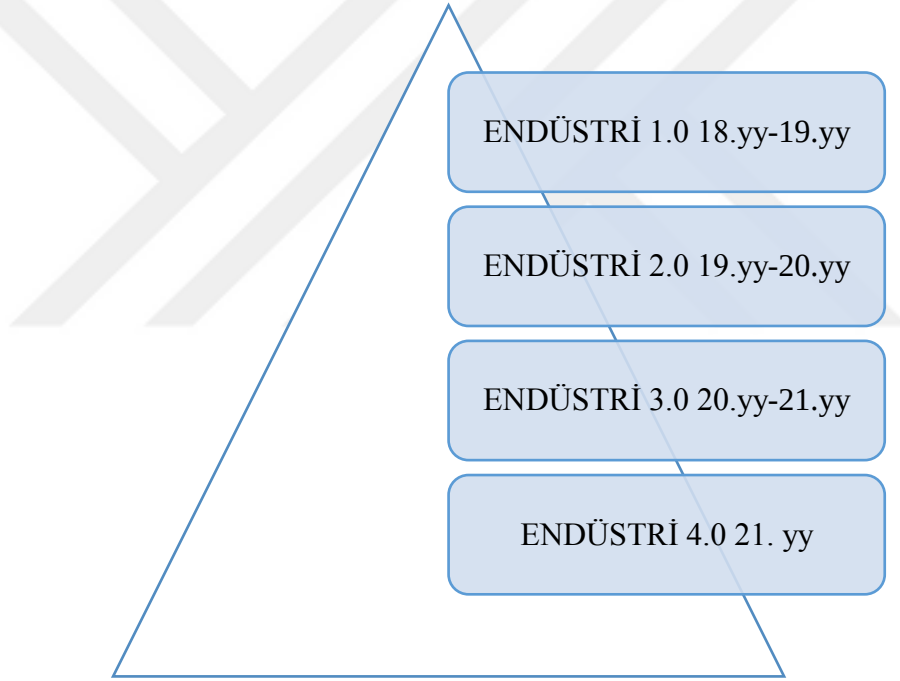
Tez çalışmasında ilk olarak endüstriyel tarım tanımı ve dünyada gelişim süreci ele alınmıştır. Daha sonra endüstriyel üretim sürecinin çevre kirliliği üzerindeki etkileri nasıl gerçekleştiği konusunda açıklamalar yer almıştır. Dördüncü bölümde ise endüstriyel tarım yapan ve bu konuda öne çıkan ülkelerin çevre kirliliği üzerinde tarımsal işlemlerin etkileri ARDL modeli ile analiz edilmiştir. Sonuç kısmında ise genel bir değerlendirme ve politika önerileri sunulmuştur.

2. DÜNYADA ENDÜSTRİYEL TARIMIN GELİŞMESİ

Bu bölümde endüstriyel tarımın tarihi, tarım uygulamalarının neler olduğu, endüstriyel tarımın etkileri, gelirlerine göre en büyük tarım işletmeleri ve sektörleri ve tarımsal ihracatta gelişmiş ülkelerin tarımsal faaliyetleri ile ilgili olarak yerli ve yabancı kaynaklara paralel olarak genel bilgi verilecektir.

2.1. Endüstriyel Tarımın Tarihi

Yapılan çalışmalar incelediğinde endüstrinin tarihsel süreci 1760-1830 yılları arasında İngiltere’de sanayi devrimi ile başlamış ve 18. yüzyılın ortalarından itibaren günümüz 21. Yüzyıla kadar endüstri sektörü 4 evreden oluştuğu görülmektedir. Şekil 2.1’ de endüstri devrimleri Endüstri 1.0’den Endüstri 4.0’a tarihsel olarak verilmiştir.



Şekil 2.1. Endüstri Evreleri

Yapılan çalışmalar incelendiğinde literatüre uygun olarak endüstri ile ilgili genel bilgiler ışığında endüstri tarihi ile ilgili yapılan çalışmalar anlatılacaktır.

Endüstri ve tarım bir birbirlerini tamamlayan iki sektördür. Endüstri de zaman içinde ortaya çıkan yenilikler, aynı zamanda tarım sektörüne de yansımıştır. Dördüncü

endüstri devrimi ile en ileri teknolojileri kullanılmaya başlamışken, hassas tarım uygulamaları da gündeme gelmeye başlamıştır. Aşağıda tarımsal ve el sanatlarının dayalı üretim yapısından büyük ölçekli üretim endüstrilerinin egemen olduğu bir ekonomiye geçişi yansıtan endüstri devrimleri sırasında tarımda ortaya çıkan yenilikler birlikte kısaca değinilecektir. Bu bölümün amacı endüstriyel tarım sürecinin tarihsel kökenlerine inmek ve günümüzde bu tarımsal uygulamalar ile ne gibi avantaj ve dezavantajlarla karşı karşıya kaldığımızı görebilmektir.

2.1.1. Endüstri Devrimleri ve Tarıma Yansımaları

Endüstri, kelime kökeni itibari ile Latince olup “industria” anlamına gelmektedir. Endüstri, insanların ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla hammaddeleri işleyerek kullanılabilir hale dönüştürmesidir. Sanayi Devrimi (1760) öncesinde insanlar üretimlerini aile bireyleri tarafından kurulan küçük atölyelerde basit el yapımı ürünler üretmek gerçekleştiriyordu. Bu dönemde üretim insan ve hayvan gücü marifeti ile yapılmıyordu. İngiltere’de toprak sahibi köylülerin toprağı olmayanları köylerden uzaklaştırılması nedeni ile şehirlere göçmelerine neden olmuşlardır. Bu durumun şehirlerde işçi sınıfının temellerinin atılmasına neden olmuştur. İngiltere Kraliçesi Elizabeth angarya ve köleliği kaldırarak aristokrat zihniyeti zayıflatmış ve böylelikle burjuva sınıfının güç kazanmasına zemin hazırlamıştır (Ortaş, 2015).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde Endüstri Devrimleri 4 evreden oluşmaktadır. İlk olarak 18. yüzyılda buharlı makinelerinin buluşu ile başlayan ve üretimi artırmayı amaçlayan Birinci Endüstri Devrimi (Endüstri 1.0), akabinde 20. yüzyılın başlarında seri üretime geçiş olarak görülen İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0), Üçüncü Endüstri devrimi (Endüstri 3.0) ile üretim sistemleri analog ve dijital sistemler olarak sanayide yer almıştır (Can & Kıymaz, 2016). Son olarak Endüstri 4.0, günümüzde halen kullanılan bilgi ve iletişim teknolojilerinin üretime entegre edilerek bilgisayar ve yazılım yönteminin kullanıldığı bir süreci ifade eder. Aşağıda endüstri devrimleri kısaca gözden geçirilecek ve bu süreçlerde tarımda meydana gelen yeniliklere de değinilecektir.

2.1.1.1. Endüstri 1.0 ve Tarım 1.0

Birinci endüstri devrimi İngiltere’de başlamış ve 1760-1830 yılları arasındaki bir döneme işaret etmekte (Smith, 2001) ve İngiltere’de tekstil sektöründe mekanik üretim

için su ve buhar gücünün kullanılması ile başlamaktadır (Ane & Yasmin, 2019). Bu devrimin en önemli özelliği kol gücünün yerine makine ve buhar gücünün geçmesi, üretimin küçük atölyeler ve evlerden fabrikalara taşınmasıdır. Üretimin fabrikalara taşınması ile de işçi sınıfı oluşmaya başlamış, üretimde iş bölümü ile verimlilik artışı sağlanmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla devrim denilen kavram, aslında toplumsal, kültürel ve ekonomik bir dönüşümü temsil etmektedir. Bu süreçte bir başka değinilmesi gereken konu enerji üretiminde fosil yakıt olarak kömür kullanımının öne çıkmasıdır (Topsakal vd. 2018).

İngiltere’de başlayan bu süreç daha sonra Avrupa ve dünya geneline yayılmıştır. Birinci endüstri devrimi ile icat edilen makineler tarım sektörünü de etkilemiştir. Avrupa’da ve özellikle İngiltere’de geleneksel güç kaynağı olarak kullanılan insan ve hayvan gücü yerine geçecek makineler kullanmaya başlamışlardır. Un üretmek üzere buğday öğütme amacıyla değirmenlerde kullanılan su çarkları ilk buharlı makine örneği olarak gösterilebilir. 1787’de buhar gücüyle çalışan ilk harman makinesi ile makinenin tahıllı harmanlama hızı artmıştır (Cartwright, 2023).

Tarımda artan verimlilik ve refah artışı, ticaretin artması ve kapitalizmin yükselişi ile birlikte tarımda artan teknoloji ve ardından nüfus artışı sonucu insanların iş bulması için şehre göç etmesi gibi tüm gelişmeler aslında sanayi devrimine katkıda bulunmuştur. Bir başka deyişle tarımdaki devrim, 1700-1800’lerde gerçekleşen endüstri devrimine hem katkı sağlamış hem de sonucu olmuştur (Park, 2022). Tarımdan medeniyetler ve şehirler büyüdü, ürün ve hayvancılık yetiştirildiği için küresel nüfus attı ve çiftçilik modern çağın tohumlarını ekmiştir (URL1-National Geographic; URL11-College Sidekick).

Endüstri 1.0 döneminde buhar makinesinin keşfi ve her alanda uygulama bulması, yeni üretim yollarını, ulaşım ve teknolojileri ortaya çıkarmıştır. Ekonomideki insan ve hayvan gücü yerine daha güçlü olan buhar gücünün geçmesi ve iş bölümüne dayalı fabrika sistemi ciddi bir verim artışına neden olmuştur. Diğer yandan ekonomik gelişmelerin sosyal açıdan da etkileri olmuş, Avrupa ve Amerika’da demografik değişikliklere ve kentleşmenin hızlanmasına neden olmuştur. Devrim aynı şekilde fabrikalaşmanın sonucu işçi grubunun ortaya çıkması sonucu işçi sorunlarına, işçilere toplumsal eşitsizlik ve yoksulluğun ortaya çıkması gibi toplumsal sorunlar da yaratmıştır. Siyasi değişim açısından ise, sosyalizm ve komünizm gibi yeni siyasi

ideolojilerin doğmasına, yeni kıtaların keşfi ile kaynak bulunması açısından başlatılan sömürgecilik ve emperyalizm de dâhil olmak üzere cari Avrupa ve Amerika siyasi ideolojilerini pekiştirmiştir (Kılıç, 2023).

On altıncı ve on dokuzuncu yüzyıllar arasında, İngiliz tarımı ‘devrim niteliğinde’ bir dönüşüm geçirmiştir. Tarihçiler, 1550 ile 1880 yılları arasında İngiliz tarımsal üretkenliğindeki artışın, özellikle açık alanların ve ortak alanların kapatılması, yeni tarla rotasyon sistemlerinin benimsenmesi, toprak düzenleyicilerin ve gübrelerin daha fazla kullanılması ve seçici üreme yoluyla hayvancılığın iyileştirilmesi gibi önemli yapısal ve teknolojik yeniliklerin sonucu olduğu konusunda hemfikirdirler (Doherty vd. 2023).

Bitkisel üretimin çevresel boyutları, tarımın ilk günlerinden bu yana çiftçileri ilgilendiriyor ve on dokuzuncu yüzyılın ortalarından itibaren bilim insanları, üretim ile kaynakların korunması arasındaki bağlantılara da odaklandılar.

Birçok tarım uygulaması, çoğunlukla hem kaynakların korunmasında hem de üretimde iyileştirmelere yol açan çevresel sorunları hesaba katacak şekilde gelişmiştir. Nadasın değiştirilmesine dayanan ilk tarım sistemlerinde, bir veya iki sezonluk ekimi genellikle ormanlar için 20-25 yıllık, çalılar için ise 6-10 yıllık yenilenme dönemleri takip ediyordu On sekizinci yüzyılda İngiltere’nin tarımsal açıdan gelişmiş bölgesi olan Norfolk’ta geliştirilen Norfolk dörtlü rotasyon sistemi ile tarımda verimlilik artışı sağlanmıştır. Bu sistemde birinci yılda buğday, ikinci yılda şalgam, üçüncü yılda ise arpa ekilmiştir. Yonca ve çavdar dördüncü yılda yem olarak otlatıldı veya biçilmiştir. Şalgamlar da kışın sığır ve koyunları beslemek için kullanılmıştır. Bu yeni sistem kümülatif bir etkiye sahip olmuştur, çünkü hayvanların yediği yem bitkileri daha önce kıt olan hayvan gübresinin büyük miktarlarda üretimine ve ayrıca hayvanlar daha iyi beslendiği için daha zengin içeriğe sahip olmuştur. Koyunlar tarlalarda otladığında, atıkları toprağı gübreledi ve sonraki yıllarda daha fazla tahıl verimini teşvik etmiştir (URL3-Britannica). Bu erken teknoloji, tarımsal yeniliğin iki önemli yönünü göstermektedir. Birincisi, toprağın verimliliğini korumayı amaçlayan tekniklerin kombinasyonunun da gösterdiği gibi, çiftçilerin genellikle kaynak temellerini korumanın önemini farkında oldukları fikrini güçlendirmektedir. İkincisi, üretimdeki önemli gelişmelerin genellikle tek bir yenilikten değil, çoğunlukla önceden var olan birçok tekniğin ustaca yeniden düzenlenmesinden ve sinerjilerden yararlanılmasından kaynaklandığı ilkesini göstermektedir (Sadras vd. 2009).

2.1.1.2. Endüstri 2.0 ve Tarım 2.0

İkinci endüstri devrimi ise 1875-1930 arası bir dönemi kapsamaktadır (Smith, 2001). 19. yy sonu ile 20.yy başı arasında yaşanan 2. Endüstri devriminde, çelik üretimi, elektrik, içten yanmalı motorlar, uzun mesafe telgraf, radyo gibi buluşların ortaya çıktığı bir süreç yaşanmıştır. Elektrik ve montaj hattının birlikte kullanılması ile seri üretim, ikinci sanayi devriminin en önemli özelliğidir. Bunun en bilinen örneği, Henry Ford tarafında otomobil fabrikasında toplu üretim yani seri üretim sağlayan üretim bandı teknolojisidir (Özmen, 2022). Çelik üretimi ile birlikte demiryollarının yapımı ticareti artırırken, petrol kullanımı ile otomotiv sektörü de gelişmiştir.

Endüstri 2.0 ile bağlantılı olarak Tarım 2.0 sürecine baktığımızda aslında keskin bir tarihle gelişmeleri belirlemek kolay değildir. İkinci tarım devrimi olarak 1815-1880 yıllarına işaret eden Thompson (1968), ikinci tarım devrimin 1815'ten çok önce başladığını belirtmekte ve gübre kullanımına işaret etmektedir. Ayrıca endüstride kullanılan kemik tozu, boya yapımında kullanılan bitkisel yağlar dönemin tarımsal uygulamalarıdır. Ürün rotasyonu ile toprak verimliliğinin artırılması, saban tasarımı iyileştirmeler, tohumarı güvenilir şekilde ekilmesini sağlayan tohum ekme makineleri, toprağın mülkiyetinin çiftçilere geçmesi ile daha verimli bir tarımsal üretim yapısı ortaya çıkmıştır (URL4-StudySmarter).

20. yüzyılda gübre üretimindeki bilimsel atılımlar tarımı devrim niteliğinde değiştirmiş, diyetleri dönüştürmüş ve gıda tedarikinin destekleyebileceği insan sayısını artırmıştı; ancak bunlar aynı zamanda yeni problemler de getirmişti. Aşırı fosfor, tatlı suda alglerin çoğalmasına, balıkların ve bitkilerin ölmesine neden olur. Kanalizasyon arıtımı ve fosfatsız deterjanlar yardımcı olur, ancak akıntı bugün hala sorun yaratır. Bakterilerin nitrojen gazına dönüştürebileceği miktarın ötesindeki aşırı nitratlar, Meksika Körfezi ve Karadeniz gibi kıyı bölgelerinde muazzam ölü bölgeler yaratmak için akarsular boyunca hareket eder. Ve bazı nitratlar, karbondioksitten 300 kat daha fazla ısıtan bir sera gazı olan azot oksit olarak son bulur (URL5-The Human Journey).

1800'lerin sonlarında, içten yanmalı motorlar fosil yakıtla çalışan çiftçiliği başlattı ve daha önce hayal bile edilemeyen bir ölçekte suyu kontrol etmek için devasa barajların inşasını mümkün kıldı. Geleneksel enerji denkleminin artık geçerli olmadığı yeni düzende gıdanın avlanmak, toplamak veya yetiştirmek için eskiden harcanandan daha fazla enerji sağlamasını gerektirmeye başlamıştır. Günümüzde, fosil yakıtlar çoğu

hayvan ve insan emeğinin yerini almış, ancak her bir gıdamız için daha fazla kalori enerji harcanmasına neden olmuştur (URL5-The Human Journey).

Yeşil devrim olarak da bilinen İkinci tarım devrimi ile tarımda kullanılan teknolojiler sonucu ürün verimliliği artmış ve ekonomik büyümeye katkıda bulunmuştur. Yaşam standartlarının artmasına yol açan gelişmeler diğer yandan kimyasal gübre ve böcek ilaçlarının kullanımı gibi çevre üzerinde olumsuz etkileri olan yeni çiftçilik tekniklerinin yaygın bir şekilde benimsenmesini de içeriyordu (Patel ve Kalyan, 2024). Zaman içinde artan nüfusun gıda talebini karşılamak adına tarımda üretim artışı sağlayabilmek için drenaj kanallarının kullanımının artması, daha fazla arzinin tarıma dönüştürülmesi ile ormansızlaşma yanında kentleşme ve kirlilik problemleri de ortaya çıkmaya başlamıştır (URL4-StudySmarter).

Henry Ford, Taylorizm yaklaşımını benimseyip hayata geçiren ilk kişidir. (McLeod, 1983). Henry Ford'un üretimde verimliliği artırmak amacıyla ortaya koyduğu Fordizm yaklaşımı, Taylorizm ilkeleri ile bant sistemini birleştirmiştir. Buna bağlı olarak montaj hattı ile beraber üretimde önemli artış gerçekleşmiştir. İşlerin en küçük parçalarına kadar ayrılarak sıralandığı bu sistemde işçilerin zaman kaybı yaşamamasına neden olacak durumlar da ortadan kaldırılmış olur. Bu üretim yaklaşımında, standart ürünlerin olduğu ve esnekliğin olmadığı durum söz konusudur. Üretilecek ürün en küçük parçalara ayrıldığından herkes tarafından yapılabilir (Page ve Walker, 1991).

Adından da anlaşılacağı gibi, İkinci Tarım Devrimi, Neolitik Devrim olarak da bilinen Birinci Tarım Devrimi'nden sonra gerçekleşmiştir. 17. yüzyılın ortalarına gelindiğinde, insanlar binlerce yıldır çiftçilik yapıyordu ancak bu çiftçiliğin genel verimliliği çok fazla artmamıştı. Değişimin tohumları, yeni çiftçilik yöntemleri ve toprak reformlarının benzersiz bir büyümeye yol açtığı İngiltere'de başladı. 1600'lü yıllarda İngiltere'de başlayan ve tarımsal üretkenlikte büyük artışa yol açan bir dizi icat ve reform İkinci tarım Devrimi olarak adlandırıldı (URL4-StudySmarter).

İkinci Tarım Devrimi'ne ait önemli çıkarımlar şu şekilde sıralanabilir (URL6-Vaia):

- İkinci Tarım Devrimi 17. yüzyılın ortaları ile 1900 yılları arasında yaşandı.
- Arazilerin kapatılması, yeni pulluklar ve ürün rotasyonu gibi çok sayıda yenilik, yetiştirilebilen gıda miktarında büyük bir artışa olanak sağladı.

- Bunun etkisi, daha az insanın tarımda çalışmak zorunda kalmasıyla insan nüfusunda ve kentleşmede keskin bir artış oldu.
- İkinci Tarım Devrimi, Sanayi Devrimi ile aynı zamana denk gelmiş ve bu devrimin ortaya çıkmasını sağlamıştır.
- İnsanlar, İkinci Tarım Devrimi'nden kaynaklanan yaşam alanlarının kaybı ve kentsel alanlarda yaşayan daha fazla insandan kaynaklanan kirliliğin nasıl yönetileceği gibi olumsuz çevresel sonuçlarla mücadele etmeye devam ediyor.

1840 sonrası, sanayileşme artıkça, ulusal ve uluslararası ulaşım ağlarının gelişmesi sonucu tarımsal üretimde değişime uğramıştır. Yeni tarım türlerinde mekanik güç ve üretilen malların girdileri arttıkça, yerel malzemeler ve emek girdileri daha fazla ikame edilmeye başlamıştır. Çiftlikler artık kendi kaynaklarına değil, malzeme ve sanayi sektöründe üretilen girdilere ya da sanayi sektöründe üretilen ya da dünyanın başka bir yerinden getirilen girdilere bağımlı olmaya başlamıştır. Klasik tarımda geçerli olan emek-yoğun üretim sistemi değişmeye başlamıştır (Martins ve Williamson, 1999).

2.1.1.3. Endüstri 3.0 ve Tarım 3.0

1970'li yıllarda gerçekleşen 3. Endüstri devriminin merkezinde internet yer almaktadır. Endüstri 2.0'ın mekanizasyon ve seri üretim özelliğinden ortaya çıkan Endüstri 3.0, elektronik ve bilgi teknolojilerinin benimsenmesi, fabrikaların çalışma biçimlerinde devrim niteliğinde değişimlere yol açmıştır. Bu devrim sürecinde bilgisayarların üretim süreçlerinin merkezine yerleşmiş olması nedeniyle “Dijital Devrim” olarak da anılır. Bu dönem, sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçiş olarak tanımlanmış, ardından da bilgisayar sistemlerinin birbirine bağlanmasını sağlayacak bir ağ arayışı nedeniyle de internet tarihinin başlangıcı sayılmaktadır (Kılıç, 2023). Endüstri 3.0, bireysel fabrikalarda otomasyonla ilgiliydi ve verimliliği ve üretkenliği artırarak para tasarrufu sağlamayı amaçlıyordu. İnsan emeğinin yerini makineler ve bilgisayarlar olarak üretim hatlarını optimize etmiştir

Bilgisayara ait yazılım ve donanımın gelişmesi ile telekomünikasyondaki teknolojik ilerlemenin mümkün kıldığı internet, şirketlerin kendilerini ve iş yapma stillerini yeniden belirlemeye zorladı. İş alanlarındaki bu dönüşüm hem verimlilikteki gelişmeler hem de yeni pazarların oluşturulması ile birlikte üretimde benzeri görülmemiş faydalar sağladı. Ayrıca internet, insanların iletişim kurma, kendilerini ifade etme ve eğlenme şekillerini de kökten değiştirdi (Smith, 2001).

Fosil yakıtlara bağı enerjiinin makinalarda kullanımının artması ile birlikte enerji kaynaklarındaki sorunların tartışılmaya başlaması ve yenilenebilir enerji gündeme gelmeye başlamıştı. Jeremy Rifkin'e göre, Birinci Endüstri Devrimi'nde buhar, İkinci Endüstri Devrimi'nde petrol, Üçüncü Endüstri Devrimi'nde ise yenilenebilir enerjiye dayanacağını ifade etmiştir (Sezgin, 2018). Üçüncü Endüstriyel devrimin gerçekleşebilmesi için beş sürecin eş zamanlı ve birbirini tamamlayıcı olarak gerçekleşmesi gerektiğini vurgulamıştır. İlk olarak, yenilenebilir enerji kullanımına geçiş sağlanmalıdır. İkinci olarak, her binanın kullanabileceği enerjisini yenilenebilir kaynaklardan sağlayabileceği mikro enerji santralleri oluşturulması gerekmektedir. Üçüncü olarak, kesintili enerji kaynaklarını depolamak için her bina ve altyapıda hidrojen ve diğer depolama teknolojileri kullanılmalıdır. Dördüncü aşamada, her kıtadaki enerji şebekesini, internet gibi enerji paylaşımına olanak tanıyan bir ağa dönüştürmek için internet teknolojisi kullanılmalıdır. Son olarak, ulaşım araçları, akıllı, kıtasal ve etkileşimli bir enerji şebekesi üzerinden elektrik alıp satabilen elektrikli ve yakıt hücreli araçlarla değiştirilmelidir (Sezgin, 2018).

Tarım ürünlerinin pazarlanması ve ticareti alanında da Endüstri 3.0 döneminde önemli değişiklikler yaşandı. Daha etkili dağıtım kanalları, depolama sistemleri ve pazarlama stratejileri geliştirildi. Endüstri 3.0 dönemi, tarımsal uygulamalarda önemli değişikliklere yol açan bir evrimi temsil eder. Bu dönemde tarımsal üretimde bir dizi teknolojik gelişme yaşanmıştır. İşte Endüstri 3.0 döneminde tarımsal uygulamalara dair bazı önemli unsurlar Tablo 2.1 de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Endüstri 3.0 ile Gelen Tarımsal Yenilikler

Mekanizasyon ve Motorlu Araçlar	Endüstri 3.0 dönemi, tarımda mekanizasyonun yaygınlaşmasını ve motorlu araçların kullanımını getirdi. Traktörler ve diğer motorlu tarım makineleri, tarım işlemlerini hızlandırdı ve daha verimli hale getirdi.
Kimyasal Gübre ve Pestisitler	Bu dönemde kimyasal gübreler ve pestisitlerin kullanımı arttı. Sentetik gübreler, bitki besin maddelerini sağlamak ve verimliliği artırmak için yaygın olarak kullanıldı. Aynı zamanda, zararlı böcekleri kontrol etmek amacıyla kimyasal pestisitlerin kullanımı da arttı.

Modern Sulama Sistemleri	Endüstri 3.0 döneminde, sulama sistemlerinde önemli gelişmeler yaşandı. Damla sulama ve diğer modern sulama teknikleri, suyun daha etkili ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağladı. Tarımda kullanılan tohumlar üzerinde yapılan genetik çalışmalar, daha dayanıklı, verimli ve hastalıklara karşı dirençli bitki çeşitlerinin geliştirilmesine olanak tanıdı. Hibrid tohumların kullanımı da arttı.
Tarım Eğitimi ve Bilgi Transferi	Endüstri 3.0 dönemi, tarım eğitimi ve bilgi transferi alanında da değişikliklere neden oldu. Çiftçilere yönelik eğitim programları ve tarım konusundaki bilgi transferi arttı. Tarım uzmanları, çiftçilere modern tarım teknikleri ve en iyi uygulamalar konusunda rehberlik etmeye başladı.
Tohum Geliştirmesi ve Hibrid Çeşitleri	Tarımda kullanılan tohumlar üzerinde yapılan genetik çalışmalar, daha dayanıklı, verimli ve hastalıklara karşı dirençli bitki çeşitlerinin geliştirilmesine olanak tanıdı. Hibrid tohumların kullanımı da arttı.

Tablo 2.1’de Endüstri 3.0 sürecinde mekanizasyon ve motorlu araçların kullanımının artması ile birlikte tarım aletleri de modernleşmeye ve daha işlevsel hale gelmeye başlamıştır. Bu gelişmeler tarımsal faaliyetler daha hızlı yapılmasına neden olmuştur. Kimyasal gübreler, hibrit tohumlar, tarım kimyasallarının kullanımı ile birlikte zararlı haşerelerden bitkiler korunarak ürün zayıflatının azalması sağlanmıştır. Bu dönemde bir diğer önemli gelişmede suyun etkin kullanımını sağlayan modern sulama sistemlerinin kullanılmasıdır. Tarımda ortaya çıkan gelişmeler eğitimsiz olamayacağı için, yeniliklerin tarımda doğru kullanımının ve yaygınlaşmasının artırılması için tarımsal eğitimde de önemli gelişmeler bulunmaktadır. Dolayısıyla ilkel tarımsal faaliyetler yani insan ve hayvan gücüne dayalı tarımsal faaliyetler yerini makine ve teknolojik gelişmelere bırakmaya başlamıştır. Bu gelişmeler zaman içinde bir taraftan tarımda verimliliği artırırken daha sonra bahsedeceğimiz üzere çevresel anlamda negatif etkiler doğurmaya da başlayacaktır.

1960’a gelindiğinde verimler yüzyılın başından itibaren neredeyse iki katına çıkmıştı ve melez tohumlar bu artışın yarısını oluştururken, geri kalanı pestisitler, kimyasal gübreler ve yeni makineler sayesinde olmuştur (URL5-The Human Journey).

Kısaca İkinci Dünya Savaşı'nın sonrası, tarıma dayalı sanayi girdilerinin kullanımının artmaya başlaması ile tarımda geleneksel tarımdan modern tarıma geçiş yapılmıştır. Azot ve fosfor içeren sentetik gübreler, II. Dünya Savaşı'ndan günümüze kadar yoğunlaştırılmış çiftçiliğin merkezinde yer almıştır. Modern tarım, dünyadaki çiftliklerin besleyebildiği insan sayısını artıran bu kimyasal girdilere büyük ölçüde bağımlı hale gelmiştir. Bu kimyasallar gıda üretim oranını iki katına çıkarmaya yardımcı olurken, aynı zamanda çevre genelinde reaktif azot seviyelerinde önemli bir artışa da yol açtı. Aşırı azot ve fosfor seviyeleri, bir zamanlar faydalı olan besin maddelerinin kirletici hale gelmesine neden olmuştur. Toprak bakterileri gübre azotunu nitratlara dönüştürdükten sonra, şaganak yağmurlar veya sulama sistemleri bu toksinleri yeraltı suyuna ve nehir sistemlerine taşıyor. Birikmiş azot ve fosfor, ötrofikasyon olarak bilinen bir süreçle çok fazla besin maddesi yükleyerek karasal ve su ekosistemlere zarar veriyor. Suda ve karada azot birikimi biyolojik çeşitliliği ve yerel bitki türlerinin ve doğal yaşam alanlarının sağlığını tehdit etmektedir. Ayrıca, toprağa gübre uygulanması en zararlı sera gazlarından biri olan azot oksitin oluşumuna ve salınmasına yol açmaktadır. (URL2- National Geographic).

Kısaca, modern tarm üretimine geçiş, gıda üretimini ve işgücü üretkenliğini artırdı, ancak ödenen bedel genellikle toprak erozyonu, uygunsuz sulama ve arazi yönetimi uygulamaları, toprak besinlerinin kaybı, tatlı su kaynaklarının tükenmesi, su yollarının ve deniz ortamlarının kirlenmesi, artan sera gazı emisyonları ve tür ve çeşidin sayısının azalması nedeniyle biyolojik çeşitlilik ve ekolojik dayanıklılığın azalması olmuştur (Ferranti, 2023).

2.1.1.4. Endüstri 4.0 ve Tarım 4.0

Endüstri 4.0 ile ilgili gelişmeler 2011 yılında ilk olarak Hannover Fuarı'nda tanıtılmıştır. 2013 yılında üretim sektöründe devrim oluşturan endüstrilerde öncü bir rol üstlenmeyi hedefleyen Alman stratejik girişimi şeklinde resmi olarak duyuruldu. Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi'nin başlangıcı olarak kabul edilir (Xu vd., 2018).

Endüstri 3.0, üretim hatlarını optimize etmek için insan emeğini makineler ve bilgisayarlarla değiştirerek fabrikalardaki otomasyona odaklandı. Verimliliği ve üretkenliği iyileştirmeyi amaçladı. Endüstri 3.0, üretim teknolojisinde önemli bir sıçramayı temsil ederken, öncelikli olarak mevcut süreçlerin otomatikleştirilmesine

odaklanmıştı. Endüstri 3.0'da veri ve bilgiler öncelikli olarak bireysel şirketlerin yerel sunucularında depolanıyor ve kullanılıyordu. Sektörler arasında sınırlı entegrasyon ve veri paylaşımı vardı. Öte yandan Endüstri 4.0, endüstrilerin daha kapsamlı bir dijital dönüşümünü temsil eder. Tasarım, üretim, dağıtım ve hatta müşteri etkileşimi dahil olmak üzere tüm değer zincirinde dijital teknolojilerin entegrasyonunu vurgular. Birbirine bağlı siber-fiziksel sistemler oluşturmak için yapay zekâ, makine öğrenimi, veri yönetimi ve Endüstriyel Nesnelerin İnterneti'nin (IIoT) kullanımını içerir (URL7-Medium).

Daha önceki üç endüstri devrim süreci, tarım sektörünü geleneksel tarımdan mekanize tarıma ve son olarak da hassas tarıma dönüştürmüştür. Endüstri 4.0'ın tarımdaki etkisini anlamak için, tarımda Endüstri 4.0 uygulamalarından olan; Nesnelerin İnterneti (IoT), robot teknolojisi, yapay zekâ, büyük Tarım 4.0'a yönelik veri analitiği ve blockchain, gibi beş önemli teknolojik gelişme incelenmelidir (Liu, vd. 2021).

Akıllı çiftçilik ve hassas tarım, geleneksel çiftçilik uygulamalarını dönüştürmek için teknoloji ve veri odaklı yöntemlerden yararlanan iki iç içe geçmiş kavramdır. Akıllı çiftçilik, tarım alanında makine öğrenimi, Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT), büyük veri, bulut bilişim, insansız hava araçları (İHA), robotlar vb. gibi en son teknolojileri içeren bir yaklaşımdır. Bu teknolojiler birlikte, istenen çıktıyı elde etmek için daha anlamlı olanaklar oluşturur ve burada gerçekleştirilen çeşitli işlemleri otomatikleştirmemize, yönetmemize ve izlememize yardımcı olur. Akıllı çiftçiliğin bazı uygulamaları arasında hava durumu raporu toplama, büyük ölçekli gübre dağıtımı, mahsul hastalıklarının ve zararlılarının tespiti vb. yer alır (John & P J, 2024). Tarımda kullanılan tüm makinelerin sensörlerle donatılarak ve nesnelerin interneti tarım sektörüne de girerek tüm üretim sürecinde makineler birbirleriyle bağlantılı olmaktadır. Bu yöntemle tarımsal sahanın daha iyi gözlenmesi ve kontrol edilmesi ile uygun miktarda gübreleme, sulama, toprağın analizi gibi işlemler verim artışına neden olmaktadır (URL8-Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu).

Tarım 4.0 çerçevesinde belirtilen teknolojilerin tarımda kullanımlarını kısaca açıklayalım (URL9-McCORMIC; Gyamfi vd. 2024):

İHA'lar ve sensörler

İnsansız hava araçları, mahsulleri gerçek zamanlı olarak izleyebilen ve görüntü ve faydalı bilgiler iletebilen küçük insansız hava araçlarıdır. Bunlar esas olarak arazi

haritalama için kullanılır, ancak en gelişmiş versiyonları çıplak gözle tespit edilemeyen sorunları tespit etmek için kızılötesi sensörler ve görüntüleme sistemleri kullanır.

Çevresel sensörler ise iklimsel hava durumu verilerini ve toprak nem ihtiyacına ilişkin bilgileri kaydedebilme yeteneğine sahiptir. Hava durumu sensörleri gerçek zamanlı veri sağlayarak çiftçilerin ekim, hasat, sulama, zararlı ve hastalık yönetimi ve iklim kontrolü hakkında bilinçli kararlar almasını sağlayacaktır. Sıcaklık sensörleri ekim zamanlarının optimizasyonuna yardımcı olacak, zararlı ve hastalık koşullarını izleyecek ve gübreleme önerileri sunacaktır. Nem sensörleri havalandırmayı optimize edecek ve hastalık salgınlarını tahmin edecektir. Bu veri odaklı yaklaşım, tarım sektöründe sürdürülebilirliği ve üretkenliği teşvik ederek ürün verimini ve kalitesini stratejik olarak artıracaktır.

Nesnelerin İnterneti (IoT)

Bu teknoloji, çeşitli araçların (örneğin dronlar, sensörler veya uydular) birbirleriyle bağlantı kurmasını ve iletişim kurmasını sağlayarak, ürün geliştirme koşullarını iyileştirmek için yararlı bilgi ve verilerin alışverişini sağlıyor. Bu IoT cihazları, toprak nemi, sıcaklık ve nemi belirleme ve tarlalarda, seralarda ve hayvancılık tesislerinde ve yönetiminde hayvan davranışlarını gözlemleme gibi çeşitli platformlarda veri izleme ve alışverişine yardımcı olmak için öncelikle tarım sektöründe kullanılır.

Büyük veri

Büyük Veri kavramı, üretim sürecinde daha etkin kararlar alınmasına yardımcı olacak çeşitli teknolojiler aracılığıyla üretilen tüm bilgi ve verileri ifade etmektedir. Tarım alanında, bu teknolojik ilerleme, IoT cihazları, uydular, hava istasyonları ve tarihsel tarım verileri dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan elde edilen verilerin analizini ve kullanımını kolaylaştırır.

Yapay Zekâ

Bu terimle, makinelerle belirli durumları değerlendirme ve gerçek zamanlı kararlar alma talimatını veren teknolojiyi kastediyoruz. Büyük miktardaki verilerin biriktirilmesi, işlenmesi ve yorumlanması yeteneği, makine öğrenmesinin temel girdisidir. Yapay zekâ akıllı çiftçilikte kritik bir rol oynar ve bağlı tüm sensörlerden gelen çok sayıda veri setini işlemek için kullanılır. Bu yapay zeka uygulamaları, mahsul hastalıklarının tespitine yardımcı olmak, hayvan sağlığını izlemek ve çiftlik

operasyonlarını optimize etmek için tasarlanmıştır. Burada da uygulamanın iki ana alanı vardır;

i-robotics, belirli görevleri otomatikleştiren makineler kullanıyor

ii-çalışanların otomatik ve tekrarlanan görevleri yapmak için harcadıkları çalışma saatlerini azaltan yönetim yazılımı.

Bulut

Ağ üzerinde erişilebilir hizmetler ve paylaşılan kaynaklar kümesidir. Daha fazla sayıda insanın belirli teknolojilere ve verilere erişimini sağlamak için kullanışlı bir araçtır. Bu, ekonomik olarak dezavantajlı olan ve daha az dahili beceriye sahip olan daha küçük şirketlere yardımcı olabilir.

Artan dünya nüfusu, iklim değişiklikleri ve sosyo-ekonomik etkiler nedeniyle tarım gıda üretiminde zorluklarla karşı karşıyadır. Kötü hava koşulları yanında, zararlıların, patojenlerin ve yabancı otların tarımsal pestisitlere karşı artan toleransı ve tarımsal üretim zincirinde teknolojilerin yanlış kullanımı gibi nedenlerle tarımsal üretimde ısraf vardır. Tarımda üretkenliği en üst düzeye çıkarmak için yaygın olarak benimsenen bir alternatif, Yapay Zeka (AI), Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti (IoT), insansız hava araçları ve gen düzenleme gibi ortaya çıkan teknolojilerdir. Tarımdaki akıllı teknolojiler gelirleri artırır ve tarımsal süreçlerde ihtiyaç duyulan girdileri azaltır (Da Silveira vd. 20021).

Sulama sisteminin kontrolünü hedefleyen bir uzaktan algılama ve kontrollü sulama sistemi geliştirmek amacıyla sahaya özgü hassas gerçek zamanlı tarla izleme ve değişken oranlı sulama kullanılmıştır. Bu sistem, minimum su kullanarak verimliliği en üst seviyeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Geliştirilen sistemde, dağıtılmış kablosuz sensör ağı kullanılarak tarla izleme ve değişken oranlı sulama işlemleri gerçekleştirilmiştir (Duman ve Ozsoy, 2019).

Endüstri 4.0 ile her geçen gün gelişen teknoloji sayesinde daha kaliteli ve verimli tarım yapılacaktır. Endüstri 4.0 ile gelen tarımsal yenilikler Tablo 2.2’de sunulmuştur.

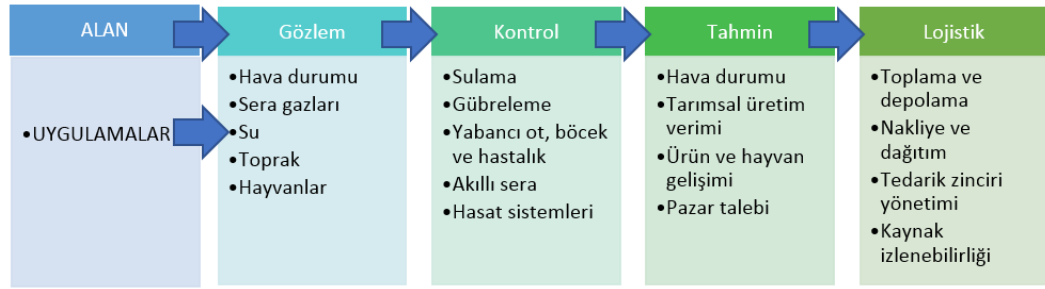
Tablo 2.2. Endüstri 4.0 ile Gelen Tarımsal Yenilikler

Akıllı Tarım	Tarımsal üretimde sensörler, dronlar ve diğer akıllı cihazlar kullanılarak çiftliklerin daha etkili bir şekilde yönetilmesi sağlanır. Veri analizi sayesinde tarım işlemleri optimize edilir.
Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulamaları	Tarım makineleri, sensörler ve diğer ekipmanlar arasında iletişimi sağlamak için IoT teknolojisi kullanılır. Bu sayede gerçek zamanlı veri toplanır ve çiftçilere anında bilgi sağlanır.
Veri Analitiği ve Büyük Veri	Tarımsal verilerin toplanması ve analiz edilmesi, çiftçilere daha iyi kararlar almaları konusunda yardımcı olur. Hava durumu, toprak koşulları ve bitki sağlığı gibi verilerin analiziyle tarım stratejileri optimize edilir.
Hassas Tarım	GPS ve sensör teknolojileri kullanılarak tarım alanlarının detaylı haritalanması ve yönetilmesi sağlanır. Bu, su, gübre ve diğer kaynakların daha etkili bir şekilde kullanılmasına olanak tanır.
Robotik Tarım	Otomatik traktörler, hasat makineleri ve diğer robotik sistemler, tarım işlemlerini otomatikleştirmek ve insan gücünden tasarruf etmek için kullanılır.
Akıllı Sulama Sistemleri	Toprak nem sensörleri ve hava durumu verileri kullanılarak sulama sistemleri otomatik olarak ayarlanır. Bu, suyun daha verimli kullanılmasını sağlar.
Dronlar	Tarım arazilerini yüksek çözünürlüklü görüntülerle izlemek ve analiz etmek için dronlar kullanılır. Bitki sağlığı, zararlılar ve verimlilik konularında bilgi sağlarlar.
Blok Zinciri Uygulamaları	Gıda güvenliği ve takibi için blok zincir teknolojisi kullanılır. Ürünlerin tedarik zinciri boyunca izlenmesi ve güvenliği artırılabilir.
Hava Durumu Tahminleri ve İklim Verileri	Çiftçilere, ekim, sulama ve hasat gibi kararlarında yardımcı olmak için doğru hava durumu tahminleri ve iklim verileri sağlanır.
Biyo-Sensörler	Bitki ve hayvan sağlığını izlemek için kullanılan biyo-sensörler, çiftçilere erken uyarı ve müdahale olanağı sağlar.

Kaynak: McFadden vd. (2023); Getac (2023); Banerjee vd. (2024)

Tarım 4.0, gözlem, kontrol, tahmin ve lojistik temel alanlarından oluşmaktadır. Bu alanlar ise çeşitli alt uygulama alanları ile Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

Şekil 2.2. Tarım 4.0 temel alanlar ve uygulamaları



Kaynak: Araújo vd. (2021)

Şekil 2.2’de Tarım 4.0 ile birlikte tarımsal faaliyetlerde denetim ve kontrol alanları güçlenmiş, tarımsal süreçler kontrol altına alınarak uygulama politikalarının belirlenmesi sağlanmıştır.

Endüstri 4.0 uygulamalarının tarım ve gıda endüstrisindeki süreç inovasyonu ile ürün çıktıları üzerindeki etkilerini inceleyen bir araştırma, İspanyol bir et üreticisi ve bir meyve üreticisi ile yürütülen yarı-yapılandırılmış mülakatlara dayanmaktadır. Her iki firma da son beş yıl içinde üretim ve ürün geliştirme süreçlerinde endüstri 4.0’a ait yeni teknolojileri, sensörler, otomasyonu artırılmış paketleme teknikleri, gerçek-zamanlı takip gibi, kullanmaya başlamışlardır. Yazarlar, bu örneklerin detaylı analizi sonucunda, firmaların temel ürün bilgisini güçlendirdiğini, gıda güvenliği ve güvenilirliğini artırdığını, estetik olarak duyulara daha çok hitap eden paketleme ve ürün sunumuna geçtiklerini ve nihayetinde ürün rekabetçiliğini ve ona bağlı tüketici deneyimini geliştirdikleri sonucuna varmaktadırlar (Gürsoy ve Çolak, 2022).

Tayland’da faaliyet gösteren Wangree Health Factory Company örneğini inceleyen yazarlar, tarımsal üretim sisteminde IoT tabanlı teknoloji kullanımının sürdürülebilir tarımdaki rolüne odaklanmaktadır. Çalışma, firmanın geleneksel organik yöntemlerle kullanılan IoT teknolojilerine dayalı üretim sisteminin ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları ve bu boyutlara bağlı sekiz alt boyut aracılığıyla nasıl karşılaştırıldığını ele almaktadır. Araştırma, IoT teknolojisi kullanan firmanın üretim verimliliğini, ürün kalitesini, yıllık mahsulü, kaynak kullanım verimliliğini ve gıda güvenliğini artırdığı gibi, aynı zamanda çalışanların yaşam kalitesini iyileştirerek sürdürülebilirlik performansını yükselttiğini göstermektedir (Santiteerakul, vd., 2020).

Carbonell (2016) çalışmasında tarımda büyük verinin etkilerini inceleyerek, çiftçiler ile şu anda büyük veriye yatırım yapan en önemli biyoteknoloji tarım işletmesi olan Monsanto veya Joh Deere gibi büyük tarım işletmeleri arasındaki güç asimetrisine

odaklanmıştır. Modern traktörlere monte edilmiş kablosuz sensörler, çiftçinin aldığı her kararı izliyor veya dikte ediyor - ekinleri ne zaman ekeceğinden ve sulayacağından, pestisit ve herbisitlerin uygulanma miktarına ve zamanlamasına, hasat için kesin güne kadar - ve mikro iklim koşullarındaki en küçük değişikliği bile ayrıntılı olarak bildiriyor, Monsanto artık çiftçiye tamamen atlayıp daha önce duyulmamış miktarda veriyi doğrudan bir wifi veri bağlantısı, sensörler ve yeni veri analitiği uygulaması “Climate FieldViewPro” aracılığıyla toplayabilir. Bu Monsanto için önemli bir güç kaynağıdır, verilerin kullanımı ve saklanması açısından endişeye yol açmaktadır. Yazar çalışmasında bu noktada veritabanlarının korunması ve oluşturulmasında, ayrıca hassas tarım uygulamalarının uygulanmasında kamunun önemine dikkat çekmektedir.

İster mahsulün büyümesi sırasında ister tarım makinelerinin çalışması sırasında olsun, tarımsal bilgiler sürekli olarak üretilir. Bu bilgiler yalnızca mahsulün büyüme durumunu, mahsul hastalığını ve diğer mahsul bilgilerini değil, aynı zamanda çalışan makinelerin durumunu, çalışan makine parametrelerini ve diğer bilgileri de içerir. Günümüzde, bilgi teknolojisinin yaygın olarak uygulanmasıyla, tarımsal bilgiler tarım ve tarımla ilgili alanlardaki bilgileri ve tarımsal bilgilerin derlenmesi, toplanması ve yayılması gibi tarımsal bilgileştirme sürecini ifade eder. Bu nedenle, tarımsal bilgilerin edinilmesi operasyon süreci için önemlidir. Yeterli tarımsal bilginin elde edilmesi, mahsul üretim sürecinde öngörülebilirliğin kaybını azaltabilir. Tarımsal bilgi izlemede, İHA’lar yüksek esneklik ve geniş bir izleme aralığı avantajları sağlar. Hassas tarımın hava sahasında, İHA operasyonu yüksek esnekliği, kontrol kolaylığı, karmaşık arazilere yüksek adaptasyon kabiliyeti ve yüksek verimliliği nedeniyle otomasyon makineleri arasında öne çıkmaktadır. Dahası, İHA’lar hava püskürtme, hava ekimi, uzaktan algılama tespiti ve bilgi toplama gibi birçok tarımsal operasyonda önemli avantajlar sağlar (Liu & Li, 2023).

İHA’ların tarımda kullanıldığı konular Şekil 2.3’te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. İHA'ların tarımda kullanıldığı alanlar

Kaynak: Türkseven vd. 2016

Şekil 2.3' te hava platformları veya uydulardan alınan görüntülerle sezon içinde geç dönemde ot haritaları üretilmesine yönelik çalışmalar yapılabilmektedir. Bu tür haritalar, tarım alanlarında bitki örtüsü analizleri, ot kontrolü ve tarım yönetimi konularında önemli bilgiler sağlayabilir.

Mevcut kaynakları en üst düzeye çıkarmak için verimli bir şekilde kullanma ihtiyacı sürekli olduğundan, çiftçiler tarlalarının hızlı, doğru ve uygun maliyetli bir şekilde taranmasını sağlamak için dronlardan yararlanabilirler. Teknoloji, çiftçilerin ürünlerinin durumunu belirlemelerine ve su durumunu, olgunlaşma aşamasını, böcek istilasını ve beslenme ihtiyaçlarını değerlendirmelerine yardımcı olabilir. Dronların uzaktan algılama yetenekleri, çiftçilere sorunları erken bir aşamada tahmin etmeleri ve uygun müdahaleleri derhal yapmaları için önemli veriler sağlayabilir. Ancak, teknolojinin faydaları ancak zorluklar uygun şekilde ele alınırsa gerçekleştirilebilir. (Rejeb vd. 2022).

Tarım 4.0'ın birçok avantaj sağladığına şüphe yoktur, ancak tarımın bu yeni anlaşılma biçimine ve onunla ilişkili yeni teknolojilere karşı hâlâ büyük bir tereddüt var. Bununla birlikte Tarım 4.0'a geçmenin önemi olarak aşağıdakiler sıralanabilir (URL10-The White International):

Ekonomik avantajlar: Teknolojilerin maliyetlerine rağmen, bu tür çiftçiliğin ve araçların gerçek ekonomik faydaları iyi bilinmektedir. İşlemler üzerinde daha fazla

kontrol, kaynakların optimizasyonuna ve dolayısıyla daha az su ve gübre israfına yol açar. Tüm bunlar çiftçi için tasarruf anlamına gelir. %20 verimlilik artışıyla üretim girdilerinde yaklaşık %30 tasarruftan bahsediyoruz.

Çevresel faydalar: Tarımın hafife alınmaması gereken bir yönü vardır ve bu da geleceğin tarımının tanımlayıcı bir özelliği olacak olan sürdürülebilirliktir. Tarım 4.0, özellikle tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğini ve tüm gıda zincirinin çevresel etkisini iyileştirmek için tasarlanmıştır.

Çalışanlar açısından faydaları: Yeni teknolojilerin operatörlerin çalışma koşullarını da iyileştirdiği bilinmektedir.

Sağlık yararları: Üretim zincirinin her adımının sürekli ve hassas bir şekilde izlenmesi, şüphesiz sağlığa faydalı olan daha kaliteli bir son ürüne katkıda bulunur. Yüksek teknoloji bir tedarik zincirindeki ürünlerin özelliklerini koruduğu ve bu nedenle daha sağlıklı olduğu tahmin edilmektedir.

Tarım 4.0'ın, tarım ve gıda sistemlerinin üretkenliğini ve verimliliğini artırmak, tarımsal ürünlerin miktarını, kalitesini ve erişilebilirliğini iyileştirmek, iklim değişikliğine uyum sağlamak, gıda kaybını ve israfını azaltmak, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanımını optimize etmek ve sonuç olarak önümüzdeki yıllarda çevresel etkiyi azaltmak açısından önemli küresel iyileştirmeler getirebileceğine inanılmaktadır (Araujo vd. 2021).

2.2. Endüstriyel Tarımın Etkileri

İklim değişikliğinin etkileri halihazırda tarımın verimi ve kalitesi üzerinde gözle görülebilen etkiler yaratmaktadır. Her ne kadar temel mahsullerin verimi, gelişen teknoloji sayesinde 1960'tan bu yana 2,5 ila 3 kat artmış olsa da mısır ve soya fasulyesi gibi mahsullerin küresel rekoltesi %4 ila %6 arasındadır ve küresel ısınma olmadığı duruma göre daha düşüktür (OECD, 2023).

1950'lerin başından itibaren endüstriyel tarım olarak nitelendirilen tarımsal uygulamalarda yoğun bir şekilde kullanılan gübre ve pestisitler, üretimde ve verimlilikte önemli kazanımlara neden oldu. Bu gelişme doğrultusunda, uluslararası gıda üretimi önemli ölçüde arttı. Dünya Bankası'nın verilerine göre, gıda üretimindeki artışların %70 ile %90'ı endüstriyel tarımdan kaynaklanmaktadır. Endüstriyel tarımın faydaları arasında, büyük ölçekli çiftliklerin yaygınlaşması, teknolojik yeniliklere hızlı adaptasyon, yüksek gelir elde etme olanağı, çiftliklerde mekanizasyonun artması,

endüstriyel gübre kullanımının artması ve yüksek verimli melez mahsullerin yaygınlaşması bulunmaktadır (Vanbergen vd., 2020).

Endüstriyel tarımın tüm bu faydalarına rağmen, çevresel ve sosyal dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca, endüstriyel tarımın ürünlerinin insan sağlığına etkisi günümüzde hala tartışmalı bir konudur (Fabris vd., 2020).

Tarımsal üretimde yoğun olarak kullanılan gübre ve insektisitler, yüksek verim sağlamanın yanı sıra çevre ve insan sağlığı sorunlarını da artırmıştır. Son yıllarda, çevre ve insan sağlığı sorunlarının önemli boyutlara ulaşmasıyla birlikte, yoğun gübre ve kimyasal kullanımının olumsuz etkileri üzerine tartışmalar başlamıştır. Bu tartışmalar özellikle gelişmiş ülkelerde daha fazla odaklanmıştır; üreticiler ve tüketiciler, doğaya zarar vermeyen ve çevre dengesini bozmayan tarım ürünlerinin üretimini ve tüketimini talep etmeye başlamışlardır (Ataseven & Güneş, 2008).

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UN Environment Programme- UNEP) yöneticisi James Lomax, “verimli tarım sadece üretim meselesi değildir” diyerek endüstriyel tarımın 10 başlık altında risklerini belirtmiştir (UNEP, 2020).

Göründüğü kadar iyi bir fırsat değil: Görünüşe göre sera gazı salınımına yol açan, havayı, suyu kirleten ve yaban hayatını tehdit eden endüstriyel tarım, her yıl çevreye yaklaşık 3 trilyon ABD dolarına eşdeğer maliyet getiriyor. Kirli içme suyunun temizlenmesi veya yetersiz beslenmeden kaynaklanan hastalıkların tedavisi gibi dışsal maliyetler sektör temsilcileri tarafından hesaba katılmıyor. Bu da toplulukların ve vergi mükelleflerinin bu faturayı fark etmeden ödemek zorunda kalabileceği anlamına geliyor.

Virüslerin Hayvanlardan İnsana Yayılmasını Kolaylaştırabilir: Genetik çeşitlilik, hayvanlara doğal hastalık direnci sağlarken, yoğun hayvancılık sürüler arasında genetik benzerlikler üretebilir. Bu durum, hayvanları patojenlere karşı daha duyarlı hale getirir ve sürüler arasında virüslerin kolayca yayılmasına yol açabilir. Yoğun hayvancılık, patojenler için etkin bir köprü görevi görerek, patojenlerin vahşi hayvanlardan çiftlik hayvanlarına ve daha sonra insanlara geçişine olanak sağlayabilir.

Zoonotik Hastalıklarla İlişkilendirilmiştir: Tarıma yer açmak için ormanları temizlemek ve yaban hayatını öldürmek, çiftlikleri şehir merkezlerine yakın yerlere taşımak, insanları yaban hayatı arasında dolaşan virüslerden koruyan doğal tamponları yok edebilir. Yakın tarihli bir UNEP değerlendirmesine göre, hayvansal proteine olan

talebin artması, sürdürülemez tarımsal yoğunlaşma ve iklim değişikliği, zoonotik hastalıkların ortaya çıkmasını etkileyen insan faktörleri arasında bulunmaktadır.

Antimikrobiyal Direnci Artırır: Antimikrobiyaller, hastalıkları önleme ve tedavi etmenin yanı sıra hayvan büyümesini hızlandırmak için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak; zamanla mikroorganizmalar direnç geliştirerek antimikrobiyallerin ilaç olarak etkinliğini azaltır. Bu durum, her yıl yaklaşık 700.000 kişinin dirençli enfeksiyonlardan ölmesine neden olmaktadır. 2050'ye gelindiğinde, bu tür hastalıkların kanserden daha fazla ölüme neden olabileceği tahmin edilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, antimikrobiyal direnç “modern tıbbın başarılarını tehdit ediyor” ve “yaygın enfeksiyonların ve küçük yaralanmaların öldürücü olabileceği bir antibiyotik sonrası dönemi” başlatabilir.

Pestisit Kullanımının Sağlık Açısından Olumsuz Etkileri Olabilir: Tarımsal verimi artırmak için yaygın olarak büyük miktarlarda kimyasal gübre ve pestisit kullanılıyor. Ancak; insanlar potansiyel olarak toksik pestisitlere tükettikleri gıdalar yoluyla maruz kalabiliyorlar. Bu durum da sağlık açısından olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bazı pestisitlerin endokrin bozucu etkiler gösterdiği, potansiyel olarak üreme fonksiyonlarını etkilediği, meme kanseri vakalarını artırdığı, çocuklarda anormal büyüme kalıplarına ve gelişimsel gecikmelere neden olduğu ve bağışıklık fonksiyonunu değiştirdiği kanıtlanmıştır. Bu durum, tarım kimyasallarının sağlık üzerindeki potansiyel risklerini vurgulamaktadır.

Suyu ve Toprağı Kirleterek İnsan Sağlığını Etkiler: Tarım, su kaynaklarına büyük miktarlarda gübre, kimyasal madde, antibiyotik ve büyüme hormonu salarak kirlilikte önemli bir rol oynamaktadır. Bu durum, hem su ekosistemleri hem de insan sağlığı açısından risk oluşturabilir. Özellikle tarımın en yaygın kimyasal kirleticisi olan nitrat, bebeklerde ölümcül olabilen “mavi bebek sendromu’na” neden olabilir. Bu durum, tarımın su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamaktadır.

Obezite ve Kronik Hastalıklara Neden Oldu: Endüstriyel tarımın esas olarak ticari ürünler ürettiği ve bu ürünlerin daha sonra geniş çeşitlilikte ucuz, kalorisi yoğun ve yaygın olarak bulunan gıdalarda kullanıldığı doğru. Sonuç olarak, tüm diyet enerjisinin yaklaşık %60'ı sadece üç tahıl ürününden (pirinç, mısır ve buğday) elde ediliyor. Bu yaklaşım açlıktan muzdarip insanların oranını etkili bir şekilde azaltmış olabilir, fakat kalori odaklı bu yaklaşım, meyve, sebze ve baklagil tüketimi gibi beslenme önerilerini karşılamada yetersiz kalıyor. İşlenmiş, paketlenmiş ve hazır

gıdaların popülaritesi neredeyse tüm toplumlarda artmaktadır. Obezite de küresel olarak artmakta olup, birçok insan kalp hastalığı, felç, diyabet ve bazı kanserler gibi genellikle diyetle ilişkilendirilen ve önlenabilir hastalıklardan muzdarip.

Arazinin Verimsiz Kullanılması: Yetersiz küresel bakliyat, meyve ve sebze arzına rağmen, hayvancılık giderek daha yaygın hale geliyor ve kendi kendini idame ettiren bir arz ve talep döngüsünü sürdürüyor. 1970 ile 2011 yılları arasında dünya çapında hayvan sayısı 7,3 milyardan 24,2 milyar adede yükseldi ve tüm tarım arazilerinin yaklaşık yüzde 60'ı otlatma için kullanıldı. Tarım, gıda üretiminden ziyade hayvan yemi, biyoyakıt ve işlenmiş gıda ürünleri için endüstriyel bileşenler üretmeye odaklandı. Bu arada, dünyada yetersiz beslenen insan sayısı daha az olsa da, yetersiz beslenen insanların sayısı hala çok daha yüksek seviyelerdedir.

Eşitsizliği derinleştirir: Küçük çiftlikler, tüm çiftliklerin %72'sini oluşturmalarına rağmen, tüm tarım arazilerinin sadece %8'ini kaplarlar. Buna karşılık, dünya genelindeki çiftliklerin yalnızca %1'ini oluşturan büyük çiftlikler, tarım arazilerinin %65'ini kaplarlar. Bu durumda büyük çiftliklere orantısız bir kontrol sağlar ve gelişmekte olan ülkelerdeki kaynak bakımından fakir küçük çiftçilere fayda sağlayabilecek teknolojilerin geliştirilmesine yönelik çok az teşvik olmasına neden olur. Gıda tedarik zincirinin diğer ucunda yoksulların karşılayabileceği gıdalar genellikle enerji açısından yoğun olabilir, ancak her zaman besin açısından fakir olma eğilimindedir. Mikro besin eksiklikleri bilişsel gelişimi bozabilir, hastalıklara karşı direnci azaltabilir, doğum sırasındaki riskleri artırabilir ve sonuç olarak ekonomik verimliliği etkileyebilir. Yoksullar hem üretici hem de tüketici olarak fiilen dezavantajlı bir konumdadırlar.

Temel Olarak Çevre Sağlığı ile Çelişmektedir: 20. yüzyılın başlarında, modern tarımı dönüştüren Haber-Bosch süreci; havadaki nitrojeni çıkarmak, onu hidrojenle birleştirmek ve şu anda kimyasal gübrenin temeli olan amonyak üretmek için çok yüksek sıcaklık ve basınç kullanıyordu. Bu endüstriyel süreç, doğanın kendi gübreleme sürecini (güneş, sağlıklı mikrobiyotik topraklar, ürün rotasyonu) etkili bir şekilde geçersiz kıldı. Bugün, amonyak üretimi dünya enerji arzının yaklaşık %1-2'sini tüketiyor ve toplam küresel karbondioksit emisyonlarının yaklaşık %1,5'ini oluşturuyor.

2.3. Gelirlerine Göre En Büyük Tarım İşletmeleri ve Sektörleri

Tarım, dünyadaki en önemli sektörlerden biri olarak kabul edilir ve bu gerçeği göz ardı etmek mümkün değildir. Tarım, dünya ve insanlar için hayati öneme sahiptir ve hala birçok açıdan hayati önem taşımaktadır. Dünya Bankası verilerine göre; 2021 yılında küresel milli gelir 96,4 trilyon dolardır. 3,26 trilyon dolarlık değer ile tarımsal katma değer yaklaşık küresel ekonominin %4,1'ini oluşturmaktadır ve 8 milyar olan dünya nüfusunun 2021 yılı itibarıyla %43'ünü oluşturan 3,4 milyar kişi kırsal alanlarda yaşamını sürdürmektedir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2022).

Tarım sektörü sadece yıllık ciro açısından değil, aynı zamanda istihdam sağladığı insan sayısı açısından da önemlidir. Cargill, 2020'de 114 milyar ABD dolarını aşan cirosuyla dünya çapında en büyük ve en üst düzey tarım şirketi konumunu korumaktadır. ADM ve Bayer gibi şirketler ise Cargill ile birlikte dünyanın en büyük 3 tarım şirketini oluşturmaktadır.

Dünya'da 2024 yılında milyarlarca ABD doları tutarındaki gelirleriyle dünyanın en büyük 8 tarım şirketleri ve bu şirketler ve bu şirketlerin ürünleri aşağıda açıklanacaktır (Folio3, 2024; Tafrin, 2024).

Cargill: Dünya'nda ilk sırada tarım şirketleri arasında yer alan Cargill, Amerika Birleşik Devletleri merkezli bir küresel gıda şirketidir. Minnetonka, Minnesota'da bulunan bu aile şirketi, kurucusunun torunları tarafından şirketin %90'dan fazlası kontrol edilmektedir. Cargill, dünya genelinde 66'dan fazla ülkede faaliyet gösteren ve 166.000'den fazla çalışana sahip olan Amerika'nın en büyük işverenlerinden biridir. Şirket, Amerika Birleşik Devletleri'nden yapılan tahıl ihracatının yaklaşık %25'ini gerçekleştirmektedir. 2023 yılında elde ettiği 114,69 milyar ABD doları geliriyle, Cargill dünyanın en büyük tarım şirketi konumundadır. Mahsuller, hayvancılık, yiyecek, sağlık, işlenmemiş içerikler, endüstriyel risk yönetimi ve finansal risk yönetimi alanlarında ürün faaliyeti gerçekleştirmektedir.

Archer-Daniels-Midland Şirketi (ADM): İkinci sırada bulunan Archer-Daniels-Midland, Amerika Birleşik Devletleri'nden bir diğer çok uluslu tarım devi olarak öne çıkmaktadır. Chicago, Illinois merkezli Archer-Daniels-Midland, gıda işleme ve emtia ticaretinde kesin bir lider konumundadır. ADM, dünya genelinde yağlı tohumlar ve tahıl tanelerinin işlenerek gıda, içecek, endüstriyel ürünler, hayvan yemi ve nutrasötik ürünler üreten 270 tesisten ve 400'ten fazla satın alma tesisinden oluşan

devasa bir aa sahiptir. 2023 yılında elde ettiği 64,34 milyar dolarlık geliriyle dünyanın en büyük ikinci tarım şirketi konumundadır. Mısır şurubu, yüksek fruktozlu mısır şurubu, etanol, yiyecek ve biyoenerji alanlarında ürün faaliyeti gerçekleştirmektedir.

Bayer: Almanya merkezli çok uluslu ilaç ve yaşam bilimleri şirketi Bayer, dünyanın en büyük tarım şirketleri listesinde üçüncü sırada yer almaktadır. Tarım alanında önde gelen şirketlerden biri olmanın yanı sıra, aynı zamanda dünyanın en büyük ilaç şirketleri arasında da yer almaktadır. Bayer, dünya genelinde 175'ten fazla yetiştirme alanına sahiptir ve bitki bilimi alanındaki araştırmalarında da öncü konumdadır. Şirket, 2018 yılında Monsanto'yu 63 milyar ABD doları karşılığında satın alarak bitki bilimi ve tarım alanında küresel lider konumunu daha da güçlendirdi. 2023 yılında elde ettiği 51,18 milyar dolarlık geliriyle, dünyanın en büyük ilk üç tarım şirketi arasında yer aldı. Veteriner ilaçları, tanısal görüntüleme, kadın sağlığı ürünleri, genel ve özel ilaçlar, tohumlar, tarım ilaçları, bitki biyoteknolojisi alanlarında ürün faaliyeti gerçekleştirmektedir.

John Deere: Dördüncü sırada yer alan John Deere; tarım, ormancılık makineleri, inşaat, aktarma organları ekipmanları, dizel motorlar ve çim bakımı ekipmanları alanlarında sağlam bir temele sahip bir diğer Amerikan şirketidir. Şirketin tarım ürünleri arasında biçerdöverler, traktörler, pamuk hasat makineleri, silaj makineleri, balya makineleri, püskürtücüler ve ekim makineleri/ekme makineleri bulunmaktadır. John Deere'nin geçen yıl elde ettiği ciro 37,35 milyar ABD doları olarak kaydedilmiş ve böylece dünya çapındaki en büyük tarım şirketleri listesinde dördüncü sıraya yerleşmiştir.

CNH Endüstriyel: Beşinci sırada yer alan CNH Industrial, dünyanın en büyük beş tarım şirketinden biridir. CNH Industrial, çok uluslu bir Amerikan-İtalyan şirketi olup kurumsal ofisleri Basildon ve Amsterdam'da bulunmaktadır. Şirket, tarım ve inşaat ekipmanlarının önde gelen üreticilerinden ve satıcılarından biridir. Ayrıca kamyonlar, özel araçlar (Iveco), otobüsler ve güç aktarma organları (endüstriyel ve denizcilik uygulamaları) gibi alanlarda da faaliyet göstermektedir. CNH Industrial, 2023 yılında 28,1 milyar doların üzerinde gelir elde ederek dünyanın beşinci büyük tarım şirketi konumuna yükselmiştir.

Syngenta: İsviçre merkezli Syngenta , altıncı en büyük tarım kuruluşudur. 2000 yılında Zeneca Ziraî İlaçlar ile birleştikten sonra Novartis Agribusiness dünya çapında bir tarımsal ticaret merkezi haline geldi. Bitki koruma Syngenta'nın ana işidir. Firma

tohum ve tarım ürünleri üretmektedir. Bitkisel üretim, hayvan yönetimi ve haşere kontrolü, ürünlerini kullanır. Syngenta dijital tarıma öncelik veriyor. Şirketin dijital teknolojileri mahsul verimliliğini en üst düzeye çıkarıyor ve israfı ortadan kaldırıyor. Mahsul yönetimi yazılımı ve akıllı telefon uygulamaları, çiftçilerin mahsullerini daha etkili bir şekilde yönetmelerine olanak tanır.

Dupont: Yüksek performanslı malzemeler, yenilikçi teknoloji ve özel kimyasallar üretmektedir. Firma, 1802'den bu yana küresel yaşam kalitesini iyileştirmeye yönelik bilimsel araştırmalara öncülük ediyor. DuPont'un 70 ülkede 35.000 çalışanı bulunmaktadır. Tohum üretimi ve bitki koruma alanında dünya lideridir. Tarımsal verimi artıran, zararlılara ve hastalıklara direnen mısır, soya fasulyesi ve buğday tohumlarını geliştirir, üretir ve satar. Çiftçiler, mahsul hasadını korumak ve artırmak için DuPont Pioneer'in herbisitlerini ve böcek ilaçlarını kullanıyor. DuPont ayrıca elektronik ve görüntüleme, endüstriyel biyobilimler, beslenme ve sağlık, ulaşım ve yenilikçi polimerler ve tarım alanlarında da faaliyet göstermektedir. Bu alanlar elektronik için gelişmiş malzemeler, endüstriyel işlemler için enzimler ve otomotiv ve havacılık endüstrileri için polimerler üretmektedir.

Nutrien: Dünyanın sekizinci büyük tarım firması olan Nutrien, Kanada merkezli bir kuruluştur ve 14'ten fazla ülkede faaliyet göstermektedir. PotashCorp ve Agrium, firmayı kurmak için 2018 yılında birleşti. O zamandan bu yana Nutrien, sürdürülebilirlik ve inovasyona odaklanan dünya çapında bir tarım lideri oldu. Tarımsal organizasyon gübreler, tarım kimyasalları ve tohum üretiminde uzmanlaşmıştır. Firmanın dünya çapında 1.500'e yakın perakende satış noktası bulunuyor. Nutrien, çiftçilerin çevresel etkilerini azaltırken mahsul verimini ve karlarını artırmalarına yardımcı olur. Nutrien sürdürülebilirliği artırıyor. Şirket, 2050 yılına kadar karbon nötr olmayı hedefliyor. Aynı zamanda sürdürülebilir tarımsal araştırmaları da finanse ediyor. Şirketin yeni gübresi sera gazı nitroz oksit emisyonlarını en aza indiriyor.

2.4. Tarımsal İhracatta Gelişmiş Ülkelerin Tarımsal Faaliyetleri

Tahıllar, 2021 yılında üretilen mahsullerin yüzde 32'sini temsil eden önde gelen ürün grubu oldu. Bunu sırasıyla şeker bitkileri (yüzde 22), sebze ve yağlı bitkiler (her biri yüzde 12), meyve (yüzde 10) ve kökler ve yumrular (yüzde 9) izlemiştir. Mısır, pirinç, buğday, arpa ve sorgum en çok üretilen beş tahıl türüdür. 2000'den bu yana en hızlı büyüme gösteren Mısır diğer ana tahıllarla karşılaştırıldığında, hayvan yemi

sektörleri ve biyoyakıtta daha geniş kullanım alanına sahiptir. 2021’de Amerika Birleşik Devletleri ile birlikte mısırın en çok üretildiği bölge Amerika kıtası olmuştur. Brezilya dünya üretiminin yüzde 39’unu karşılayırken neredeyse yüzde 23’lük payla Çin ikinci sırada yer almıştır (FAO, 2022).

Gelişmiş ülke grubunda yer alan Avusturalya, Kanada, Almanya, İspanya, Fransa, İtalya, Hollanda ve ABD dünyada en fazla tarımsal ürün ihracatçısı olmaları nedeni ile seçilmiştir. Bu ülkelere ait tarımsal nitroz emisyonları Şekil 2.4’te 1997-2020 yılları arasında gösterilmiştir.



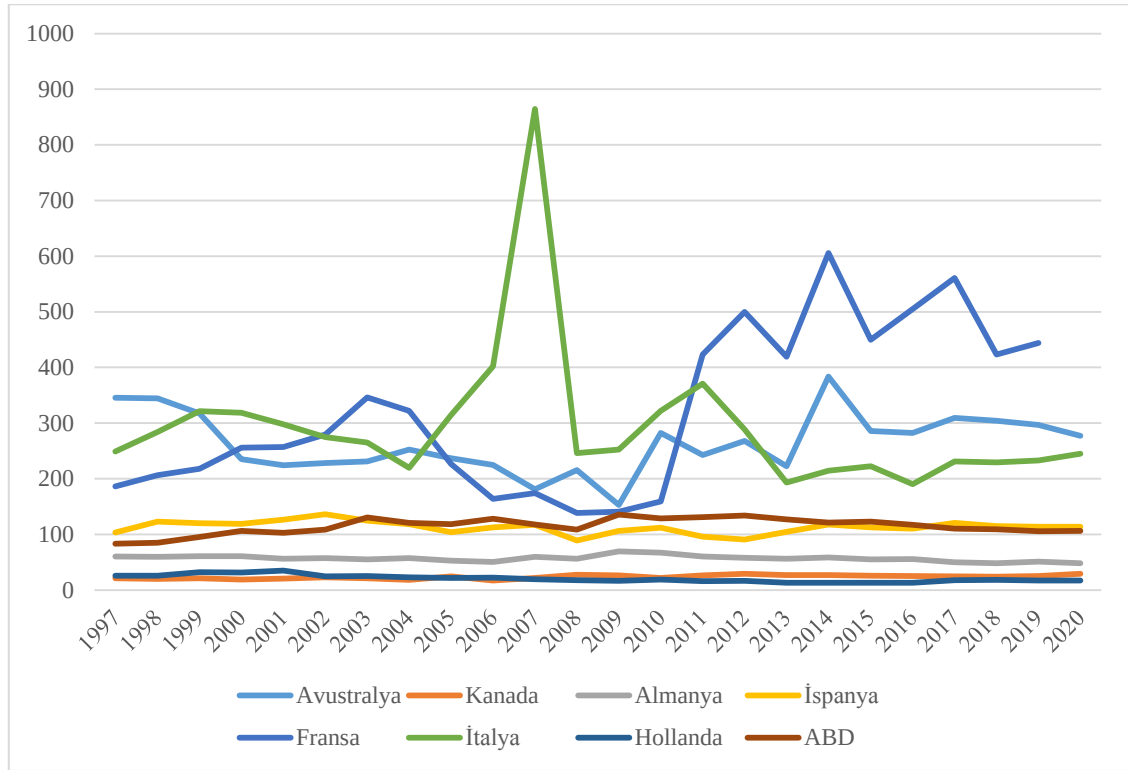
Şekil 2.4. Tarımsal Emisyonlar (N2O-Mt)

Kaynak: Climatewatch (2024)

Yukarıdaki Şekil 2.4’te verilen grafiğe göre en fazla sera gazı emisyonu ABD’ye ait olup 2020 yılı için 177.67 Mt CO2 eşdeğeri tarımsal emisyon üretmektedir. Bunu 44.14 Mt ile Avusturalya takip etmektedir. Bu yıllar arasında toplam 51797,65Gt sera gazı üretmiştir (1Gt=1024kg). En az sera gazı emisyonuna sahip olan ülke ise 6.96 Mt ile Hollanda’dır.

Bitkisel üretimin ve çiftçilerin gelirlerinin artmasında verimlilik ile doğrudan bağ olduğu, verimliliğin geliştirilmesinde ise etkin yollardan birisinin doğru gübre kullanımı olduğu bilinen bir gerçektir. Gübrelerin verimlilik artışıdaki payı şartlara

göre değişiklik gösterse de genel olarak önemli olduğu söylenebilir. Şekil 2.5'te seçili ülkelerin gübre tüketimi (gübre üretiminin yüzdesi), Şekil 2.6'da gübre tüketimi (hektar başına kg) gösterilmiştir.

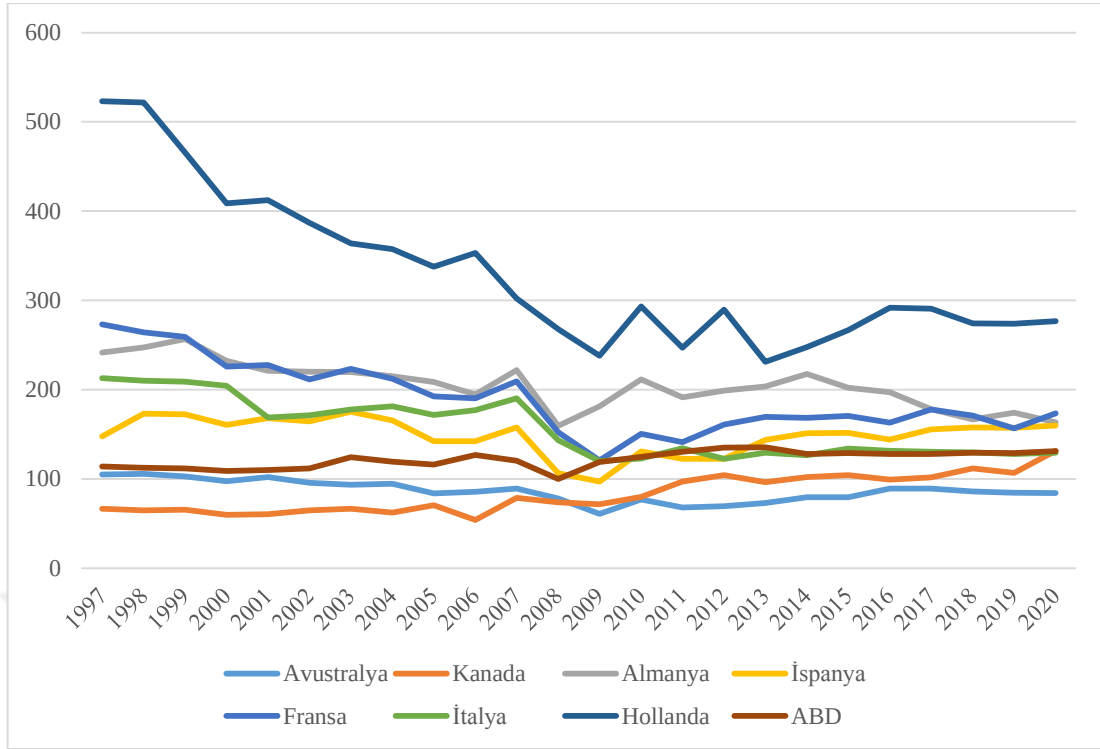


Şekil 2.5. Ülkelerin Gübre Tüketimi (Gübre Üretiminin Yüzdesi)

Kaynak: World Bank Indicators, Erişim adresi:

<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

Şekil 2.5'te 1997-2020 dönemi için ele alınan ülkelerin yıllık bazda verileri kullanılarak gübre tüketimlerini (gübre üretiminin yüzdesi) göstermektedir. Buna göre 2019 yılında en fazla gübre tüketen ülkeler sıralamasında Fransa ilk sırada yer alırken, ikinci sırada Avustralya ve üçüncü sırada ise İtalya yer almaktadır. En az gübre tüketimi ise Hollanda'ya aittir. Ülkelerin üretimlerinin çok üzerinde gübre tükettikleri görülmektedir, bu açığı ise ithalatla karşılamaktadırlar.

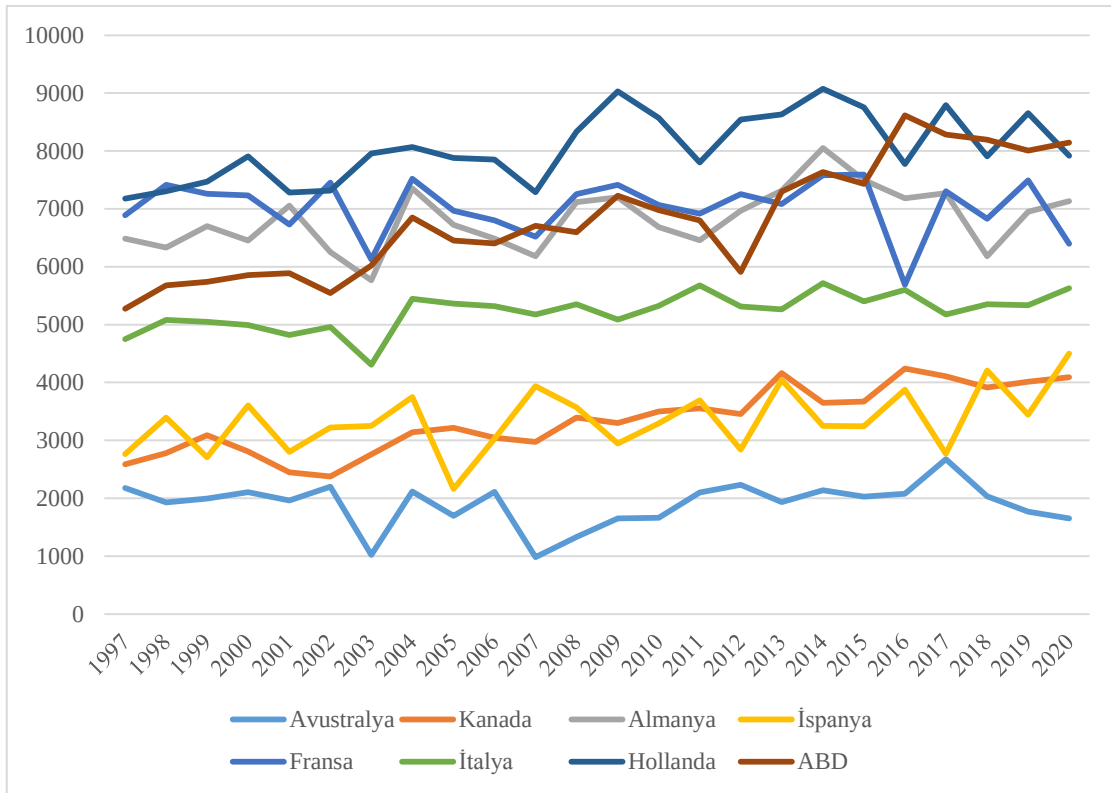


Şekil 2.6. Ülkelerin gübre tüketimi verileri (Hektar Başına Kg)

Kaynak: World Bank Indicators, Erişim adresi:

<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

Şekil 2.6.'da 1997-2020 dönemi yıllık bazda Dünya Bankası'ndan alınan veriler kullanılarak oluşturulmuş, buna göre gübre tüketimi (hektar başına kg) yıllara göre en yüksek olan ülke Hollanda'dır. 2009 yılına kadar düşüş eğilimine sahip olup, 2010-2013 yıllarında artış ve azalış olmasına karşın 2013 yılından 2020 yılına kadar gübre tüketiminde artış meydana gelmiştir. Fransa'da 2009 yılında gübre tüketiminin diğer yıllara göre azaldığını daha sonra gübre tüketiminin arttığını görmekteyiz.

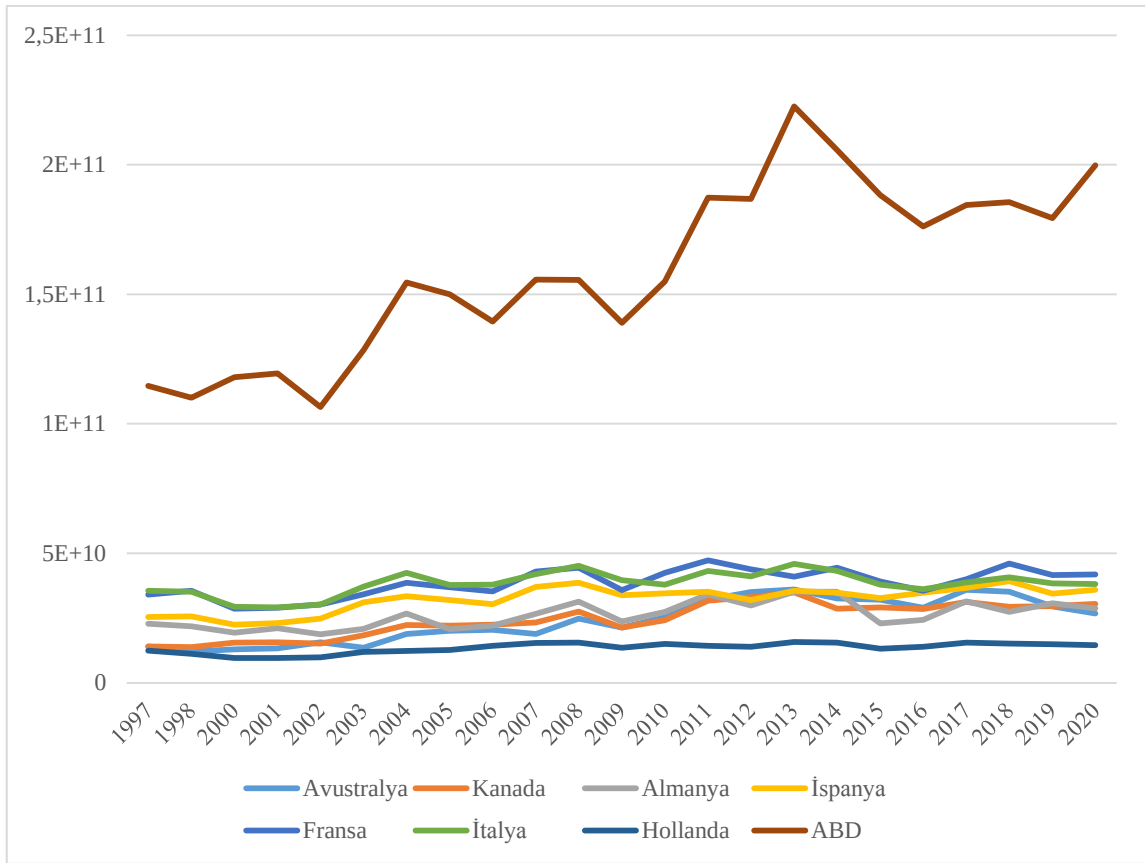


Şekil 2.7. Ülkelerin Tahıl Verimi (Hektar Başına Kg)

Kaynak: World Bank Indicators, Erişim adresi:

<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

Şekil 2.7’de 1997-2020 dönemi yıllık bazda kullanılarak oluşturulan hektar başına kg cinsinden alınan tahıl veriminde en yüksek tahıl verimine sahip ülkenin Hollanda’nın olduğu, Avustralya’nın en az tahıl verimine sahip olduğu görülmektedir. Bir önceki Şekil 2.6 ile karşılaştırıldığında, ele alınan ülke grubu içinde Hollanda aynı zamanda en yüksek gübre tüketimine sahiptir. Buradan tahıl verimi ve gübre arasında pozitif bir ilişki olduğu söylenebilir. Tahıl verimi açısından Fransa ve ABD de üst sıralarda yer alan ülkelerdir.



Şekil 2.8. Ülkelerin Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Katma Değeri (Cari ABD Doları)

Kaynak: World Bank Indicators, Erişim adresi:

<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

Şekil 2.8’de tarım, ormancılık ve balıkçılık, katma değer (cari ABD Doları) alınarak yapılan analizde, en çok katma değere sahip ülkenin ABD, en az katma değere sahip ülkenin ise Avustralya olduğu görülmektedir. ABD’nin katma değeri ile diğer ülkeler arasında ciddi bir fark olduğu görülmektedir.

Ülke	Pirinç	Buğday	Soya Fasulyesi	Mısır
Avustralya	70	10400418	1010	49958
Kanada	81	26110509	4433984	1132480
Almanya	562	9259492	43987	394068
İspanya	33323	523984	5004	146221
Fransa	5703	19792596	187436	4558719
İtalya	19932	61043	16903	41150
Hollanda	2688	256794	1054900	849256
ABD	1373402	26131625	64571020	51838933

Tablo 2.3. 2020 Yılı Seçili Ülkelerin Tarımsal İhracat Verileri (Ton)

Kaynak: Climatewatch (2024), Erişim adresi:

https://www.climatewatchdata.org/sectors/agriculture?contextBy=country&contextMapIndicator=total_fertilizers&country=CAN&countryYear=2020&indicatorYear=2019&meatCategory=Export#understand-countries-contexts

Tablo 2.3'te 2020 yılı için seçili tarım ürünlerinde ülkelerin ihracat miktarları yer almaktadır. Buna göre seçili ülkeler arasında pirinç ihracatında 1580960 ton ile ABD ilk sırada yer almakta, 15 ton ihracat değeri ile Avustralya son sırada yer almaktadır. Buğday ihracatında 19956974 ton değer ile Fransa ilk sırada, soya fasulyesi ihracatında 52388397 ton değer ile ABD birinci sırada ve yine mısır ihracatında 41562313 ton değer ile ABD ilk sırada yer almakta, 34220 ton ihracat değeri ile İtalya son sırada yer almaktadır. Bu değerlere bakıldığında, sanayileşmiş ve gelişmiş bir ülke olan ABD'nin tahıl ihracatındaki görece önemi ortaya çıkmaktadır.

Avustralya, dünyanın en kurak kıtasıdır ve tüm gelişmiş ülkeler arasında kişi başına en yüksek sera gazı emisyonuna sahip ülkelerden biridir. Mart 2023'e kadar kişi başına emisyon 17,8 ton karbondioksit eşdeğerindedir (Carbon Positive Australia, 2024). Avustralya'daki tarımsal faaliyetlerin karışımı iklim, su bulunabilirliği, toprak türü ve pazarlara yakınlık tarafından belirlenir. Avustralya'da toplam arazi kullanımının %55'i Aralık 2023'te kereste üretimi hariç 426 milyon hektardır. Avustralya'nın pestisit ve gübre kullanımı dünyadaki en düşük oranlardan biri konumundadır. Toprak işleme uygulamaları, biyolojik çeşitliliğe asgari düzeyde zarar vermekte ve çevreye zararlı sübvansiyonlar neredeyse yok denecek kadar azdır. Hükümetler, yatırımcılar ve tüketiciler buna küresel gıda sistemlerinde sürdürülebilirlik bilgilerine olan talebi artırarak yanıt veriyor. Örneğin, Avrupa Birliği (AB), emisyon açısından yoğun ithalata

(şu anda tarım ürünleri hariç) uygulanan bir karbon sınırı ayarlama mekanizmasının geçiş aşamasını uygulamaya koymuştur. Avustralya da dâhil olmak üzere bazı hükümetler, iklim riski ve diğer sürdürülebilirlik kriterleriyle ilgili iş dünyası için raporlama standartlarının zorunlu olarak benimsenmesini de düşünüyor Avustralya'nın başlıca tarım endüstrileri bu eğilimleri öngörmüş ve Avustralya Sığır Eti Sürdürülebilirlik Çerçevesi'nin yıllık güncellemeleri ve Avustralya Tarım Sürdürülebilirlik Çerçevesi'nin devam eden gelişimi de dâhil olmak üzere sürdürülebilirlik çerçeveleri geliştirmiştir. İleriye dönük olarak, pazarlar arasında parçalanmış raporlama ortamlarının ve tutarsız sürdürülebilirlik kriterlerinin gelişmesiyle ilgili endişeler cari olup, bu durum çözülmediği takdirde ticareti ve pazar erişimini kısıtlama potansiyeline sahiptir. Avustralya'nın tarım sektörü emisyonları mevsim koşullarına bağlı olarak her yıl dalgalanmaktadır. 2005 yılından bu yana tarım, ulusal sera gazı emisyonlarının %12 ila %17'sine katkıda bulunmuştur. Avustralya'nın tarımsal emisyonlarının neredeyse %80'i metandır ve esas olarak sığır ve koyun endüstrilerinden kaynaklanmaktadır. Yıllık dalgalanmalara rağmen, Avustralya'nın toplam tarımsal emisyonları zamanla düştü; bu durum büyük ölçüde koyunculuktan mahsule yönelik ürün karışımındaki değişimi yansıtır. Avustralya'nın 1990, 2005 ve 2021 yıllarında megaton CO₂ eşdeğeri cinsinden tarımsal emisyonlarını emtialara göre altı kategoriye ayrılmış olarak gösterir: sığır otlatma, sığır besi yeri, süt ürünleri, koyun, diğer besi hayvanları ve mahsuller. Sığır eti otlatmanın istikrarlı olduğunu ve emisyonların çoğunluğunun metandan kaynaklandığını gösteriyor. Emisyonların çoğunun nitro oksitten kaynaklandığı, mahsul emisyonlarının arttığını gösteriyor. Aynı zamanda koyun emisyonlarının 1990'dan 2005'e ve 2021'e kadar düştüğünü ve emisyonların çoğunun metandan kaynaklandığını gösteriyor (Australian Government, 2024).

Sanayileşme, tarım, ormancılık ve kentleşme dahil olmak üzere insan faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların yönetimi ve arıtımı, kirliliğin hem yerel hem de küresel ölçeklerde yüzey suyu kalitesini etkilemesini önlemede büyük ölçüde önemsiz olmuştur. Kanada, ülkenin konumu itibari ile geniş arazi alanları ve çeşitli tarım uygulamaları olan bir ülkedir. Yoğun sığır yetiştiriciliği ve mısır üretimi gibi endüstriyel tarım uygulamalarından kaynaklı olarak kimyasal gübre ve pestisit

kullanımı miktarı artmış, bu durum su kaynaklarına zarar vermektedir (Bryant & Wilson, 1998).

Kanada'nın sera gazı emisyonlarının %10'u bitkisel ve hayvancılık üretiminden kaynaklanmaktadır. Tarımsal faaliyetler kaçınılmaz olarak çoklu sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Nitröz oksit emisyonları doğrudan tarlada uygulanan organik ve inorganik gübrelerden, mahsul artıklarının ayrışmasından, organik toprakların işlenmesinden ve gübre depolamasından kaynaklanabilir. Dolaylı nitro oksit emisyonları, amonyağın buharlaşması ve yeniden birikmesi gibi nitrojenin tesis dışına taşınmasından ve nitrojenin süzülmesinden ve akışından kaynaklanabilir. Kanada'daki tarımsal kaynaklardan kaynaklanan metan emisyonları esas olarak geniş getiren hayvanlardaki enterik fermantasyonun ve depolanan gübrenin anaerobik ayrışmasının bir sonucudur. Yem veya gübredeki organik madde anaerobik koşullar altında ayrıştığında bir kısmı metan olarak açığa çıkar. Tarım toprakları karbondioksit yayabilir veya emebilir. Aradaki fark, büyüyen mahsuller tarafından atmosferden karbondioksit emiliminin ve ardından mahsul artıkları ve toprak organik maddesi şeklinde toprakta depolanmasının ve mahsul artığı ve toprak organik maddesinin ayrışması yoluyla atmosfere emisyonların net etkisi ile belirlenir. Tarım her üç sera gazını da yayar: karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitröz oksit (N₂O). Ancak bu gazlar ısıyı tutma yetenekleri bakımından farklılık gösterir; ton başına CH₄, ısıyı tutmada CO₂'den 20 kat daha etkilidir ve N₂O, CO₂'den yaklaşık 300 kat daha etkilidir. Nitröz oksit, Kanada çiftliklerinden yayılan önemli sera gazlarından bir tanesidir. Tarımsal emisyonların ısınma etkisinin yaklaşık yarısını oluşturur. Bu gaz, doğada mikropların topraktaki azotu işlemesi sırasında üretilir. Tüm topraklar bir miktar nitröz oksit (N₂O) yayar, ancak toprağa gübre, hayvan gübresi ve diğer girdiler şeklinde eklenen nitrojen nedeniyle tarım toprakları genellikle diğerlerinden daha fazla emisyon yayar. Hasat edilen tahıl, süt, et ve diğer ürünlerde çiftliklerden alınan nitrojenin yerini alacak bu ek girdiler olmasaydı, mahsul verimi kısa sürede düşerdi. Ancak eklenen nitrojen miktarı arttıkça, nitrojenin N₂O olarak havaya karışması da dâhil olmak üzere, çevreye yönelik potansiyel kayıplar da artar. Tipik olarak bilim adamları, tarım alanlarına eklenen nitrojenin yaklaşık %1'inin N₂O olarak yayıldığını varsaymaktadır; ancak bu, arazinin engebeli yapısından ve toprağın kil içeriğinden (örneğin, daha ıslak topraklar) etkilenen toprak su içeriğine göre büyük ölçüde değişebilir. Daha yüksek emisyonlara sahip olma

eğilimindedir). Doğrudan topraktan salınan N₂O' nun yanı sıra, çiftlikler dolaylı emisyon da üretebilmektedir. Burası tarlalardan sızan veya amonyak gazı olarak havaya yayılan nitrojenden çiftlik sınırları dışında N₂O'nun üretildiği yerdir (Government of Canada, 2023).

Haider vd., (2022), ‘‘Kanada’da Tarımsal Arazi Kullanımı, Ekonomik Büyüme ve N₂O Emisyonları Arasındaki Bağlantı: Çevresel Kuznets Eğrisi Var mı?’’ isimli çalışmalarında, Kanada’da 1970-2020 dönemi boyunca nitröz oksit emisyonları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ARDL sınır testi yaklaşımını kullanarak araştırmışlardır. Tarımsal arazi kullanımı ve ihracat değişkenleri tahmin modellerine dâhil edilmiştir. Ampirik bulgulara Kanada örneğinde toplam N₂O emisyonları bağımlı değişken olarak kullanıldığında, çevresel Kuznets eğrisi hipotezini doğrulanmış ve tarımsal kaynaklı N₂O emisyonlarını bağımlı değişken olarak kullanıldığında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar aynı zamanda Kanada’nın cari durumda Kuznets eğrisinin azalan segmentinde olduğunu ve toplam N₂O emisyonları için kişi başına düşen GSYİH’nin dönüm noktasının 41.718 \$ olduğunu, tarım kaynaklı N₂O emisyonları için ise 38.825\$ olduğunu göstermektedir. Ampirik sonuçlarında, tarımsal arazi kullanımının toplam N₂O emisyonları üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu, tarımın neden olduğu N₂O emisyonları durumunda ise negatif ancak önemsiz bir etkiye sahip olduğunu doğrulamaktadır. Bununla birlikte, Kanada’nın ihracatı, tarımın neden olduğu N₂O emisyonlarının yanı sıra toplam N₂O emisyonları ile de olumsuz ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Almanya’da ülke yüzölçümünün yarısı tarım amaçlı kullanılmaktadır Hemen hemen bir milyon kişi, yılda değeri 50 milyar euro’yu aşan mal üretmektedir (Federal Ministry of Food and Agriculture, 2024). İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra Almanya’da bir çiftçi ancak on kişiyi besleyebiliyordu. Günümüzde ise bilimsel ve teknolojik ilerleme sayesinde 139 kişiyi beslemektedir. Almanya dünyanın üçüncü büyük tarım ürünleri ihracatçısıdır ve Alman tarımı toplam ürününün yaklaşık üçte birini ihraç etmektedir. Almanya’da tarım amaçlı kullanılan arazilerin üçte birinde tahıl yetişmektedir. Açık arayla en çok ekilen tahıl buğday olup, arpa ve çavdardan önce gelmektedir (Martin, 2019).

Marggraf (2003), Almanya'nın Federal Eyaletlerindeki Tarım-Çevre Programlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi isimli çalışmasında, Alman federal eyaletlerinin tarım-çevre programlarını ekolojik ve ekonomik kriterleri uygulayarak incelemek ve karşılaştırma yaparak tarım ve çevre politikalarının uygulamalarının başarısını tespit etmiştir. Göstergeler tarım-çevre programlarının ekolojik değerlerini uygulama alanıyla veya toplam tarım alanıyla ilişkilendirmektedir.

Zech (2019), Organik ve ekolojiye uygun üretilmiş gıda ürünlerine talep her geçen gün artmaktadır. Almanya 2001 yılında ulusal organik ürün logosunu ve sertifikasını yürürlüğe koydu. Yeşil çerçeveli bir altıgen şekline sahip olan logo AB organik tarım koşullarına uygun üretilmiş ve kontrolden geçmiş ürünleri belgelemektedir. Günümüzde bu logoyu taşıyan 77.841 ürün vardır. Avrupa Birliği, ABD'nin ardından dünyanın en büyük ikinci organik ürünler pazarına sahiptir. Almanya ise AB içindeki en büyük pazara sahip ülke konumundadır. Almanya'da sektörün toplam yıllık cirosu 2017'de 10 milyar avroyu aştı. Federal Alman Yönetimi ekolojik tarımın gelişmesini teşvik etmektedir (Zech, 2019). 2030 yılına kadar Almanya'daki tarım alanlarının yüzde 20'sinde ekolojik tarım yapılması hedefleniyor (United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service, 2023, s. 2). Bu hedef Federal Yönetim'in sürdürülebilirlik stratejisinin bir parçası. Ayrıca mevcut hükümetin koalisyon sözleşmesinde tarım sektörünün dijitalleşmesinde ilerlemenin teşvik edilmesi öngörülüyor ve bu şekilde tarım ilaçlarının ve gübrenin yanı sıra besi hayvancılığında ilaç kullanımının da azaltılması hedefleniyor. Ekolojik tarım, tarım ilaçları ve kimyasal gübre kullanımından kaçınıldığı için çevre dostu. Ayrıca toprağın verimliliğine ve hayvan çeşitliliğinin korunmasına katkıda bulunurken hayvanların uygun koşullarda yetiştirilmesine yönelik koşulları da yerine getiriyor. Federal Ekolojik Gıda Ürünleri Üreticileri Birliğinin (BÖLW) verilerine göre Almanya'da yaklaşık 30.000 organik çiftlik bulunuyor. Bu sayı, toplam tarım kuruluşlarının yaklaşık onda biri. Konulan hedefe ulaşılabilmesi için 30.000 ila 40.000 arasında çiftliğin daha ekolojik tarıma yönelmesi gerekmektedir (Zech, 2019).

Tzemi & Menning (2022), "Tarım-Çevre Planlarının Yeraltı Suyu Kalitesi Üzerindeki Etkisi; Almanya'nın Bavyera Kentinde Mekânsal Analiz" isimli çalışmlarında, Almanya'nın federal eyaleti Bavyera'da 2007-2014 yıllarına ait verileri kullanarak tarım- çevre planların yeraltı suyu nitrat konsantrasyonları üzerindeki

etkisini değerlendirmek için mekansal bir ekonometrik model uygulamaktadır. Tarımda aşırı gübre kullanımı yeraltı suyu kalitesinin bozulması ve içme kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Bu makalede, yeraltı suyunda yüksek nitrat konsantrasyonlarının bulunması nedeniyle örnek olay çalışması olarak kullanıldı. Otlak yönetimi ve nitrojen konsantrasyonlarına odaklanan tarım- çevre planların harcamaları arasında önemli ölçüde olumsuz bir etki bulunurken, ürün yönetimi, organik tarım ve kültürel peyzajın korunmasına odaklanan tarım- çevre planların harcamalarında önemli bir etki göstermedi. Tahıl ve yem gibi diğer faktörlerin değerlendirilmesi, nitrat konsantrasyonları üzerinde istatistiksel olarak olumlu bir etki gösterdi. Ancak tınlı toprak dokusunun, yağış miktarının ve yerleşim alanının nitrat konsantrasyonlarını olumsuz etkilediği bulunmuştur.

Gonzalez-Sanchez vd., (2015), ‘‘Korumacı Tarıma ve İspanya’da Son On Yıldaki Evrimine Yenilenmiş Bir Bakış’’ isimli çalışmalarında, tarımdan kaynaklı toprak kirliliğine karşın 144 İspanyol uzman ile yaptıkları 6 toplantı yapmışlardır. Toplantılar sonucunda toprak işlememe yapılmamamsı durumunda tarla ürünlerinde %208 oranında bir artışın sağlandığı, yer örtücü bitki türlerinde ise %54’lük bir artışın sağlandığı sonucuna ulaşmışlardır.

Bilindiği üzere, sentetik azot gübrelemesi tarımsal verimi artırmaya yardımcı olmakta ancak aynı zamanda dorudan ve dolaylı sera gazı emisyonlarına da yol açmaktadır. Aguilera vd., (2021), ‘‘Akdeniz Tarımında Nitrojen Gübrelemesinin Karbon Ayak İzinin Uzun Vadeli Yörüngeleri (İspanya, 1860–2018)’’ isimli çalışmalarında Akdeniz ve ılıman iklimi kullanarak 122 ürün için İspanyol tarımında 1860’tan 2018’e kadar eyalet düzeyinde (50 il) nitrojen gübrelemesinin karbon ayak izinin tarihsel gelişimini (nitrojen gübrelemesiyle ilgili tüm yaşam döngüsü sera gazı emisyonları dahil) araştırmışlardır. Su yönetimi türüne ve nitrojen kaynağına (sentetik gübre, hayvan gübresi, ürün artıkları ve toprak nitrojen mineralizasyonu) göre ayarlanan ve nitrojen gübre üretiminin endüstriyel verimliliğindeki değişiklikleri dikkate alan spesifik N₂O emisyonlarını içermektedir. Genel olarak, azot gübresi üretimi ile ilişkili sera gazı emisyonları 2010’larda yaklaşık 12 kat artmış ve Akdeniz’de ılıman bölgelere göre çok daha yüksek bir büyüme yaşanmıştır. Hayvancılık sanayileşmesiyle bağlantılı olarak sulama, sentetik gübreler ve sıvı gübrenin yaygınlaşması nedeniyle sentetik azot gübrelerinin doğrudan N₂O’leri iki katına çıktı. Endüstriyel gübre üretimindeki büyük

enerji verimliliği kazanımları, gübre karışımındaki değişikliklerle büyük ölçüde dengelenmiş ve İspanyol tarımında azot kullanımının verim ölçekli karbon ayak ise dört kat artmıştır. Çıkan sonuçlara göre, artan üretkenliğin, azot kullanımına bağlı imalt ve toprak emisyonlarındaki artışı telafi etmemiştir. Bu durumda azaltma çabalarının yalnızca azot kullanım verimliliğini artırmayı hedeflememesi gerektiğini, aynı zamanda su yönetimi, gübre türü ve gübre üretimini de dikkate alması gerektiğini göstermektedir.

Beaudoin vd., (2005), “Kuzey Fransa’daki Yoğun Tarımda Nitrat Sızıntısı: Tarım Uygulamalarının, Toprağın ve Ürün Rotasyonunun Etkisi” isimli çalışmalarında, 187 hektar alanda iyi tarım uygulamalarının nitrat kirliliğini azaltmadaki etkinliğini test etmişlerdir. Tarımdan kaynaklanan yeraltı sularının nitrat kirliliği bilinen bir gerçektir ve bu çalışma da bu konu üzerinedir. Nitrat kirliliği 1991-1999 yılları arasında 8 yıl boyunca buğday, şeker pancarı, bezelye, arpa, yağlı tohumlu kolza mahsulleri üzerinde ve tınlı, tınlı kil ve kayalar, kumlu tınlı ve kireçtaşı, kumlu alana sahip 36 sahada her yıl üç kez ölçülmüşlerdir. Azotlu gübrelemenin önerilen oranın altına düşürülmesi, daha fazla nitrat sızıntısını önemli ölçüde azaltmadığı görülmüştür. Her ne kadar iyi tarım uygulamalarının optimal olmasa da ve dolayısıyla iyi kontrol edilen deneylere göre daha az verimli olsa da yoğun tarımda nitrat konsantrasyonuna ilişkin AB standartlarına uymak için gerekli görünmektedir.

Garnier vd., (2016), “Yoğun Bir Tarımsal Havzanın (Seine Havzası, Fransa) Nehir Suyundaki Nitrojen Kayıplarını Azaltmak İçin Mahsul Ve Sığır Çiftçiliğini Yeniden Birbirine Bağlamak: Geçmiş, Bugün Ve Gelecek” isimli çalışmalarında, kimyasal gübreleme ile kısa ürün rotasyonuna dayanan konvansiyonel sistemlerin günümüz su kalitesi standartlarını karşılayamadığını belirlemişlerdir. Avrupa’daki yoğun tarım bölgelerindeki yüzey ve yeraltı sularında nitrat ve pestisit kirliliği önemli bir sorundur. Endüstriyel tarım ve azotlu gübre kullanımının artması çevresel sorunlara yol açmakta, suyun nitratla kirlenmesi, biyolojik çeşitliliğin kaybı ve atmosfer kirliliği tehdidi oluşmaktadır. Bu durum ile birlikte organik tarım uygulamalarının su kalitesine etkisini araştıran yazarlar organik tarım uygulamalarının geleneksel tarım uygulamalarına kıyasla tarımsal nitratın %21 oranında daha düşük olduğu ve gübre tüketimin de %26 oranında düşük tüketildiğini gözlemlemişlerdir. Yapılan uygulamalar da yüzey suyundaki azot kayıplarının oranın %50 oranında azaldığını ve verimin de azot verimine yakındır. Organik ürün çiftçiliğinin hayvancılıkla yeniden birleştirilmesi,

bu ekim sistemine özgü büyük baklagil yem üretiminin yerel olarak tüketilmesini mümkün kılarken, iyi bir su kalitesinin korunmasını sağlar. Bu sistemlerin daha düşük tahıl verimine rağmen, çiftçilerin net geliri azalmamaktadır çünkü pestisitlerin baskılanması ve dışsal gübrelere başvurunun azaltılması nedeniyle giderleri önemli ölçüde düşmektedir. Sonuç olarak endüstriyel tarım uygulamalarının çevresel ve girdi maliyetleri açısından değerlendirilmesi yanında, gıda ve yem üretimini büyük miktarlarda sentetik gübre ile desteklemesi gerekliliği düşüncesinin de yeniden değerlendirilmesi gerekir.

İnsan kaynaklı başlıca sera gazı emisyonlarının önemli kaynaklarından birisi, azot gübrelerin toprağa uygulanmasıdır. Azot gübrenmiş toprak doğrudan emisyon üretir, aynı zamanda azot uçuşu ile de emisyon oluşur. Sıklıkla belirtildiği gibi, azot oksit (N_2O) önemli bir sera gazıdır, atmosferdeki konsantrasyonu sanayileşme ve azot gübresinin kullanımı ile birlikte artmıştır. Dünyada geniş tarım arazilerine sahip bölgelerde nehir kaynaklı N_2O emisyonlarının küresel N_2O emisyonuna katkısı belirsizdir. Grossel vd., (2021), “Orta Fransa’daki Zıt Hidrolojiyle Birlikte Bir Tarım Arazisi Havzasındaki Dolaylı Nitro Oksit Emisyonları” isimli çalışmalarında Fransa’nın en önemli tarım arazisi bölgelerinden biri olan yukarı Loir havzasında yürütülmüştür. Bu bölgede yoğun tahıl üretimi yapılmakta olup nehirlerde büyük azot yükleri oluşturmaktadır. Yazarlar, bu havzadaki nehir ve kaynak sularında çözünmüş N_2O emisyonlarını iki yıl boyunca ölçerek tatlı su sistemlerinin N_2O katkısını araştırmışlardır. Dolaylı emisyonların bu bölgedeki toplam N_2O emisyonlarına küçük bir katkı sağladığını göstermektedir. Emisyon faktörleri mevsimsel bir değişkenlik göstermektedir. Sonuçlar nehirdeki N_2O ’nun mekansal değişkenliğinin yerel hidrolojiye bağlı olduğunu, mevsimsel değişkenliği anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Pellegrini vd., (2016), “Apulia Bölgesindeki Zeytin Yetiştirme Sistemlerine Su Ayak İzinin Uygulanması: Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme” isimli çalışmalarında, bölgesel ve küresel düzeyde su talebini azaltan farklı tarımsal zeytin üretim sistemlerinin su ayak izini karşılaştırmak üzere tasarlamışlardır. Tarım, özellikle ilgili kaynakların etkin bir şekilde yönetilmediği durumlarda, karbondioksit, metan ve azot oksit gibi sera gazlarının küresel emisyonlarına büyük katkıda bulunmaktadır. Tarım aynı zamanda önemli bir tatlı su tüketici sektör olduğu düşünülürse, yerel, bölgesel ve

küresel düzeyde daha az sera gazı yayan ve daha az fosil yakıt ve su kullanan ancak verimi ve kalitesi yüksek olacak sürdürülebilir tarım sistemlerine geçiş yapmak gerekir. Elde edilen sonuçlara göre, yüksek yoğunluklu ekim sistemlerinin incelenen diğer sistemlerle karşılaştırıldığında azaltılmış su ayak izi nedeniyle en rekabetçi sistem olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu nedenle yazarlar, zeytin üretim sektöründe nitrata azaltmak, çevresel sürdürülebilirliği artırmak ve yönetim ve ekolojik maliyetleri optimize etmek için tasarlanmış tarımsal uygulamaların genişletilmiş şekilde uygulanmasını önermektedir. Bu araştırma, su kullanımına yönelik çevresel açıdan daha sürdürülebilir tarım sistemlerinin değerlendirilmesi ve etkinleştirilmesi için ayak izi araçlarının uygulanabilirliği ve kullanışlılığı hakkındaki bilginin artırılmasına katkıda bulunmaktadır.

Bonfiglio vd., (2017), ‘‘Kırsal Alanlardaki tarım arazilerinin Eko-Verimliliğinin Değerlendirilmesi’’ isimli çalışmalarında, 2011-2014 döneminde İtalya’nın kırsal bölgesinde yer alan Le Marche’de faaliyet gösteren bir grup tarımsal çiftliğin eko-verimliliğinin analiz etmişlerdir. Sonuçlar, tarıma elverişli çiftliklerin çoğunun orta düzeyde bir eko-verimlilik sergilediğini ve gübre ve pestisit kullanımıyla ilgili olarak belirli bir eko-verimsizlik ile karakterize edildiğini göstermektedir. Genç çiftçiler tarafından çiftliklerin yönetilmesi ve tarım-çevre programlarına katılması durumunda eko-verimliliğin daha yüksek olacağını belirtilmiştir.

Hollanda Avrupa Birliği içinde en yüksek nüfus yoğunluklarından birine ve en yoğun tarım uygulamalarına sahip ülkelerden birisidir. Ancak tarımdaki yüksek verim yanında yüksek hayvan yoğunluğu ve yüksek gübre kullanımı, yeraltı ve yerüstü sularına azot (N) ve fosfor (P), atmosfere de amonyak (NH₃) ve nitroz oksit (N₂O) ile metan gazı (CH₄) yayılmasına neden olarak çevresel sorunlar yaratmaktadır. Hollanda tarımı toplam sera gazı emisyonlarının %10’undan (N₂O ve CH₄) sorumlu iken, NH₃ emisyonlarının baskın kaynağıdır (Kros vd., 2024). Kros, vd. (2024), ‘‘Hollanda’da tarımdan kaynaklanan besin ve sera gazı emisyonlarının azaltmak için bölge odaklı ve entegre yaklaşım’’ isimli çalışmalarında, gübre ve gübre dağıtımının kontrollü olmaması ile amonyak ve sera gazı emisyonlarının artmasına, doğadaki nitrojen birikiminin yeraltı sularına sızması ile birlikte karbon salınımının artmasına ve doğanın kirlenmesine neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Hem bölgesel hem de ulusal düzeyde hedeflere ulaşmak amacıyla yapısal, teknik ve yönetim önlemlerinin bir

karışımı değerlendirildi. Sonuçlar, bölgeselleştirilmiş yaklaşımın, özellikle su kalitesinin iyileştirilmesi ve N birikiminin azaltılması ve daha az ölçüde sera gazı emisyonlarının azaltılması için daha faydalı olduğunu göstermektedir. Tüm tedbirler tam olarak uygulandığında 2030 hedefleri ve nitrojen birikimine ulaşılabilir, ancak yüzey suyu ve iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik hedeflere ulaşamayacağı belirtilmiştir.

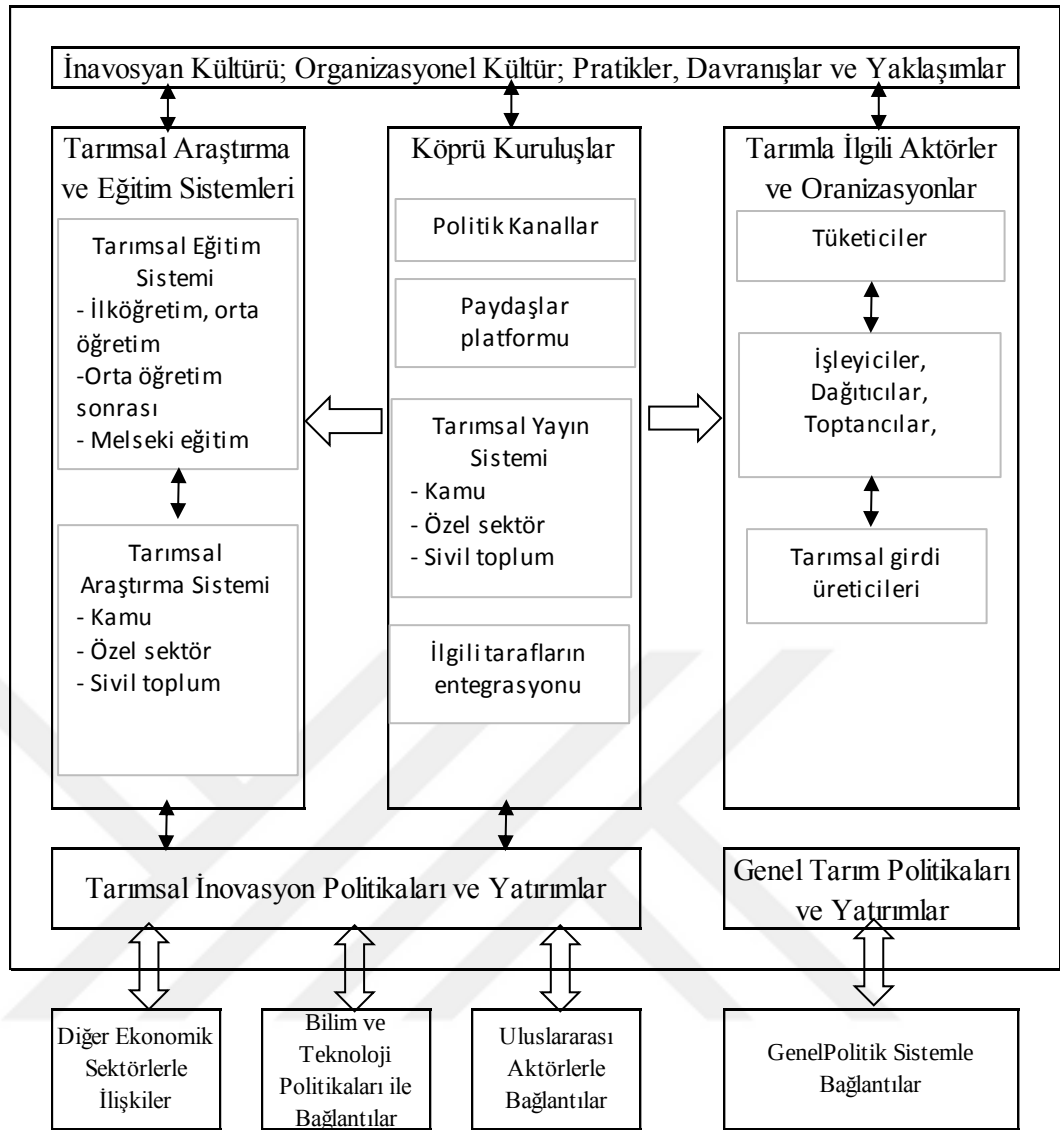
Ribaudo vd., (2011), “Tarımsal Sistemlerde Azot: Koruma Politikasına Etkileri” isimli çalışmalarında, ABD tarımında bitkisel üretimde kritik öneme sahip bir girdi olan azot kullanımını araştırılmıştır. Büyük miktarda nitrojen kullanımının çevreye salınımının su, toprak ve atmosfer üzerindeki olumsuz etkilerinin araştırılması sonucu, verimliliğin artması yanı sıra nitrojen yönetiminin iyileştirilmesi ve potansiyel performansını etkileyen sorunların tespit edilmesi ile çevre üzerindeki etkilerinin azaltılmasının mümkün olabileceği belirtilmiştir.

Rivera (2024), ABD Tarım Bakanlığı (USDA) bünyesinde faaliyet gösteren GreenTechnologies isimli şirket tarafından çevreye zararlı olabilecek kimyasal gübrelere sürdürülebilir alternatifler sunmak için faaliyet göstermektedir. GreenTechnologies’in biyobazlı gübresi GreenEdge, yavaş salınımlı bir gübredir; bu, organik maddenin, bitkilerin besin maddelerini yavaşça almasına ve organik olmayan gübrelere göre daha fazla nem tutmasına yardımcı olduğu anlamına gelir. Bu verimli besin salınımı, tüketicilerin daha az gübre ve su kullanmasına olanak tanır ve bu da onu sağlıklı bir toprak ekosistemini sürdürmenin en uygun maliyetli, sürdürülebilir yollarından biri haline getirir. GreenTechnologies topluluğa yerleşmiştir ve çalışmalarının etkisini günlük olarak görmektedir. GreenTechnologies, sürdürülebilir uygulamaları yeniden şekillendirme konusundaki kararlılığını güçlendirmek için, USDA tarafından tamamen veya önemli ölçüde biyolojik ürünlerden oluştuğu belirlenen ürünler olan “biyobazlı” ürünlerin satın alınmasını ve kullanımını artırmaya yardımcı olan üründür. Geleceğe yönelik sürdürülebilirlik uygulamalarını iyileştirmede hayati bir adımdır. GreenTechnologies araştırmaya devam etmeyi ve fosil yakıt bazlı ürünleri biyo bazlı alternatiflerle değiştirmenin yeni yollarını bulmayı planlamaktadır.

2.5. Çevre Dostu Tarımsal İnovasyonlar

İnovasyon kelimesinin Türkçe karşılığı olarak literatürde önceleri daha çok yenilik, yenileşim gibi kavramların kullanıldığı görülmektedir. Ancak günümüzde her yeniliğin tüketici gözünde bir değer taşımadığından hareketle "ticarileştirilebilir yenilik" veya "değer yaratan yenilik" ifadelerinin inovasyon kelimesini daha iyi karşıladığı düşünülmektedir. İnovasyonun hem ticarileştirilebilir olma boyutu hem de değer yaratma boyutu görüldüğü üzere tüketiciye yöneliktir. Yapılan yeniliklerin tüketici gözünde bir değerinin olması ve bu yeniliklerin de ticareti yapılabilir olması gerekmektedir. Böylece inovasyon faaliyetleri amacına ulaşacak, işletmeye kar ve rekabet gücü getirecektir. Günümüzde hem tüketici ihtiyaç ve beklentilerinin değişmesi hem de ulusal ve uluslararası düzenlemeler nedeniyle yeşil/ekolojik/çevresel/sürdürülebilir inovasyon gibi farklı ancak benzer esaslı tanımlarla anlatılan inovasyonun odağında tüketici ve çevre beraber bulunmaktadır (Yiğit, 2014).

Tarımsal Ar-Ge çalışmaları ABD önemli bir konumdadır. ABD dünya çapında 16 tarımsal araştırma merkezinden oluşan bir ağ olan Uluslararası Tarımsal Araştırma Danışma Grubu'nun (Consultative Group on International Agricultural Research-CGIAR) çalışmalarına yaptığı yatırımlar ile tarımsal araştırmaların merkezinde yer almıştır. CGIAR tarafından desteklenen araştırma faaliyetleri, yaygın olarak tüketilen ve gelişmekte olan ülkelerin besin kaynaklarının çoğunu temsil eden gıda ürünlerine odaklanmış ve açlığın hafifletilmesine yöneliktir (Pardey vd., 1996).



Şekil 2.9. Tarımsal İnovasyon Sistemi Kavramı

Kaynak: Spielman & Birner (2008).

Şekil 2.9'da İnovasyon ve organizasyonel kültür; tarımsal araştırma ve eğitim sistemleri ile tarımla ilgili aktör ve organizasyonel yapıların arasındaki işbirliği düzeyi yanında, taraflar arasında kurulan köprü kuruluşların etkileşiminin bir sonucu olarak da ortaya çıkmaktadır. Tarımsal araştırma ve eğitim sistemleri ile tarımla ilgili organizasyonlar belirli köprü kuruluşlar aracılığıyla tarımsal inovasyon politikaları ve genel tarım politikalarını oluştururlar. Beklenen sonuçların ortaya çıkması için bütün bu yapıların rollerini yerine getirmesi önemlidir. Paydaşların sistem içinde faaliyetleri düzgün bir şekilde yürütmesi, tarımsal inovasyon politikaları ve yatırımların başarılı olması için temel faktörler arasında yer almaktadır. Tarımsal inovasyon politikalarının

başarılı olması sonucunda sektörler arası ekonomik ilişkilerin, bilim ve teknoloji politikaları ile bağlantıların ve uluslararası sektörler arası bağlantıların güçlenmesine yardımcı olur. Bu süreç, gelişmiş ülkelerde etkin kurumsal yapılarla yürütülürken, gelişmekte olan ülkelerde kurumsallaşma yeterli düzeyde oluşturulamadığından daha çok bireysel çalışmalarla yürütülmektedir (Spielman & Birner, 2008).



3. ENDÜSTRİYEL TARIM VE ÇEVRESEL KİRLLENME İLİŞKİSİ

Artan dünya nüfusu karşısında gıda talebindeki artış, verim açısından organik tarıma göre daha iyi performans gösterdiği düşünülen endüstriyel tarım uygulamalarını öne çıkarmaktadır. Ancak Ponisio & Ehrlich (2016) çalışmalarında endüstriyel sistemlerin her zaman alternatif tarım biçimlerinden daha iyi performans gösterdiğine dair çok az kanıt bulunduğunu belirtmişlerdir.

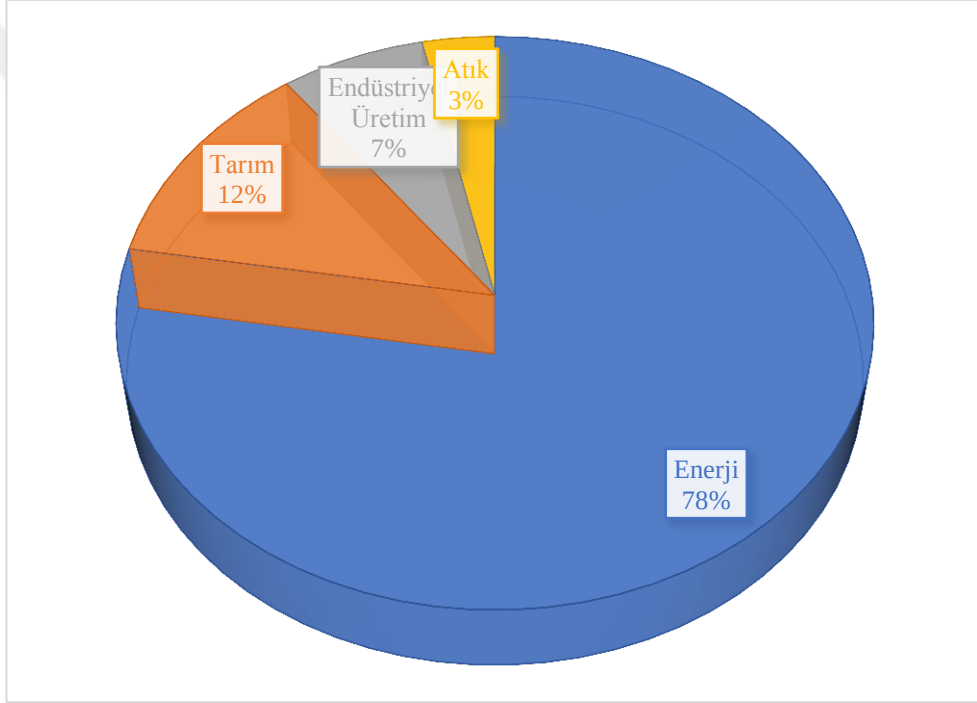
“Modern” tarım sistemleri besin döngüsü ve tutulması, su depolama, zararlı/hastalık kontrolü ve tozlaşma yoluyla toprak verimliliğinin korunması gibi tarım için elzem ekosistem hizmetlerini üreten biyolojik etkileşimleri bozmuş veya yok etmiştir. Tarımsal üretim, daha önce doğanın sağladığı hizmetlerin yerini almak için gübreler, pestisitler ve fosil yakıtla çalışan yetiştirme gibi dış girdilere güvenmektedir. Tarımın dış girdilere bağımlılığı, iklim değişikliği, kirli hava ve su, kıyı denizlerindeki ölü bölgeler, biyolojik çeşitliliğin kaybı ve en temelde Dünya’nın verimli topraklarının tahribi açısından birçok beklenmeyen sonuca sahiptir. Bu sonuçların insan sağlığı ve çevre üzerinde derin etkileri olmuştur (Ponisio & Ehrlich, 2016). Bu arada, endüstriyel tarım teknikleri çevredeki ortamlara büyük bir bedel ödetiyor, su yollarını kirletiyor, okyanuslarda ölü bölgeler yaratıyor, biyolojik çeşitliliğin olduğu yaşam alanlarını yok ediyor, besin zincirlerine toksinler salıyor, hastalık salgınları ve pestisit maruziyetleri yoluyla halk sağlığını tehlikeye atıyor ve iklim ısınmasına katkıda bulunuyor. Organik veya düşük girdili çiftçilik gibi alternatif tarım sistemlerinde, çiftçiler ekosistem hizmetlerini ve sosyal altyapıyı daha etkili bir şekilde sürdürmeye yardımcı olan belirli ilişki biçimleri kurabilirler (Kremen vd. 2012).

İnsanlığın toplayıcılık sürecinden yerleşik sürece geçtiği andan itibaren tahıl üretimi yapmaya başlaması ve zamanla yeni üretim yöntemleri bulması ile tahıl verimleri artmıştır. Tahıl verimlerini artırmanın anahtarı, artık 1830’dan önce tahıl verimlerini belirlemede ‘sınırlayıcı faktör’ olduğunu bildiğimiz azottu. Zaman içine esasında organik olan tarım, yerini giderek enerji yoğun girdilere dayalı yani fosil yakıtların kullanımına bağlı enerji yoğun girdilere dayanan bir çiftçilik sistemine bırakmıştır (Overton, 2011). Dolayısıyla tarım ve çevre kirliliği ilişkisi, son yıllarda sürdürülebilir büyüme, ekolojik çevre gibi konular çerçevesinde tartışılan konulardan

birisidir. Bu bölümde de endüstriyel tarım uygulamalarının çevresel etkileri araştırılacak, tarımsal kirlilik nedenleri incelenecektir.

3.1. Tarımsal Faaliyetlerin Çevre Kirliliği Üzerinde Etkileri

İnsanlar tarımla uğraşmaya başladıkları andan itibaren, çevreyi doğanın bir parçası olarak değil, doğayı kendi gereksinimlerini karşılamak için bir kaynaklar topluluğu olarak görmeye başladılar. Bu zihniyet, çevre tahribatının yolunu açtı. Çevresel sorunların çoğu, doğal dengenin bozulmasıyla birlikte doğanın yanlış ve kötü kullanılmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.1. 2021’de Sektörlere Göre Dünya Sera Gazı Emisyonları (LUCF hariç). İklim İzleme (GtCO₂e)

Kaynak: Climatewatch (2024)

Şekil 3.1’ de görüleceği üzere sera gazı emisyonlarında %78’lik pay ile en çok enerji sektörüne ait olduğu, tarımın payının %12 olduğu, atıkların ise %3 ile en düşük paya sahiptir.

İnsanlar tarımla uğraşmaya başladıkları andan itibaren, çevreyi doğanın bir parçası olarak değil, doğayı kendi gereksinimlerini karşılamak için bir kaynaklar topluluğu olarak görmeye başladılar. Bu zihniyet, çevre tahribatının yolunu açtı.

Çevresel sorunların çoğu, doğal dengenin bozulmasıyla birlikte doğanın yanlış ve kötü kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Hayvansal ve bitkisel üretimde yeni teknolojiler ve yöntemler kullanılarak verimlilik artışı sağlanmıştır. Ancak, sonsuz bir ürün artışı elde etmek mümkün değildir. Bu durum niceliksel ürün artışı sağlarken, bazı sorunları da ortaya çıkarmaktadır. Tarımı geliştirme çalışmalarının olumsuz sonucu olarak, toprak ve bitkilere uygulanan kimyasal maddeler, atıklar toprak ve su kaynaklarını kirletmekte, yaşam alanlarını yaşanamaz hale getirmektedir. Böylece, yağış ve sulama suları ile toprakların alt tabakalarına karışarak yeraltı suları da etkilenecek hale gelebilmektedir. Genel olarak tarımsal kirlilik nedenleri; Hatalı toprak ve bitki yöntemlerinin oluşturduğu toprak erozyonunun etkileri, Tarım ilaçları ve yapay gübreler ve sulamadır. (Yıldız, 1996). Tarımsal kirlilik nedenleri aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

Tablo 3.1. Tarımsal Kirlilik Nedenleri

Kimyasal Gübre ve Pestisit Kullanımı	Tarım alanlarında kullanılan kimyasal gübreler ve pestisitler, toprak ve su kaynaklarına zarar vermektedir. Bu kimyasalların aşırı kullanımı, toprak ve su kirliliğine neden olmaktadır. Azot bazlı gübre, son yüzyılda tarımın endüstrileşmesini yönlendiren önemli bir faktör olmuştur ancak gübrenin su kaynaklarımız ve iklimimiz için ciddi dezavantajları vardır. Aşırı azot atmosfere karıştığında (yüksek hacimli gübre uygulandığında sıklıkla olduğu gibi), güçlü bir sera gazı olan azot oksit haline gelebilir. Diğer yandan çiftçiler istenmeyen yabancı otları, böcekleri, kemirgenleri ve mantarları uzak tutmak için rutin olarak pestisitleri (herbisitler, insektisitler, rodentisitleri ve fungusitleri) kullanırlar. Ancak bu toksik kimyasalların ciddi yan etkileri vardır. Bu kimyasallar endokrin (hormon) ve nörolojik bozukluklar ve kanser gibi birçok kronik hastalığa neden olabilir.
Toprak	Tarım arazilerinde yapılan tarım uygulamaları, özellikle yanlış toprak işleme yöntemleri ve aşırı otlatma, toprak erozyonuna yol

Erozyonu	açmaktadır. Erozyon, verimli toprak tabakasının kaybına ve su kirliliğine neden olmaktadır.
Tarım İlaçları ve kimyasalların Sızıntısı	Tarım ilaçları ve kimyasallar, yağmur suları veya sulama yoluyla topraktan sızmakta ve su kaynaklarına karışmaktadırlar. Bu durum, su kirliliğine ve ekosistemlerde dengesizliğe neden olmaktadır.
Hayvan Atıkları	Hayvancılık faaliyetleri sırasında oluşan hayvan dışkıları, su kaynaklarına sızabilir ve su kirliliğine neden olabilir. Bu atıkların içerdiği nitrat ve fosfor gibi maddeler, su kalitesini olumsuz etkilemektedir.
Su Kullanımının Aşırı Olması	Bazı tarım uygulamalarında aşırı sulama yapılması su kaynaklarının azalmasına ve toprakta tuz birikimine neden olmaktadır. Bu durum hem toprak verimliliğini azaltır hem de su kaynakları üzerinde baskı oluşturur.
Gübre Akıntıları	Gübrelerde bulunan nitrat ve fosfor gibi besin maddeleri, yağışlarla yıkanmakta ve nehirlere, göllere veya denizlere akmaktadırlar. Bu durum su kirliliğine neden olmaktadır.

Kaynak: Çetin vd., (2020); Alevkayalı & Abi, (2023); Nazar, (2018); NRDC, (2022).

Tablo 3.1’de kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin kullanımı, tarım ilaçlarının, hayvan atıklarının toprağa ve suya sızması ile birlikte geri dönüşü zor olan tahribata sebep olması ile tarımdan kaynaklanan çevresel kirlilik nedenleri belirtilmiştir.

İnsanların hatalı uygulamalarının bir sonucu olarak, toprak ekosisteminin fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengesi bozulmaktadır. Bu duruma toprak kirlenmesi adı verilmektedir. Erozyon, tarımsal kirleticiler, endüstriyel kirlenme, tarım alanlarının amaç dışı kullanımı, katı atıklar gibi birçok faktör, bu olguya neden olan unsurlar arasında yer almaktadır (Algan & Bilen 2005).

Erozyon, toprağın bulunduğu yerden çeşitli doğal kuvvetlerin etkisiyle kopartılıp, sürüklenerek başka yerlere taşınması sürecidir (Algan & Bilen, 2005). Bilinçli su kullanımının olmaması, toprağın yapısına uygun olmayacak şekilde tarımsal faaliyetlerin sürdürülmesi toprağın yapısını bozarak toprağın mineral ve besin maddelerinin kaybolmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda toprak üzerinde bulunan

kimyasal gübreler ve pestisitlerin aşınma yolu ile suya karışmasına neden olarak su kirliliğinin oluşmasını sağlamaktadır.

Tarımsal kökenli olan kirlilik başlıca dört grup altında toplanabilir:

- i. Tarımsal gübreler
- ii. Tarım ilaçları (Biyositler, Pestisitler)
- iii. Tarımsal Sulama
- iv. Diğer tarımsal uygulamalar

3.1.1. Tarımsal Gübreler

Hızla artan dünya nüfusunda daha fazla ürün elde etmek için kullanılan yöntemlerden bir tanesi toprağı gübrelemedir. Tarımda organik ve kimyasal gübre olmak üzere iki tür gübre kullanılmaktadır. Organik gübrelerin besin değerleri kimyasal gübrelere göre düşüktür ve genellikle toprak düzenleyici olarak kullanılır.

Gübrenin tarımsal verimlilikteki rolü ve ekonomideki önemi oldukça büyüktür. Gübreler, bitkilerin besin ihtiyaçlarını karşılamalarına yardımcı olarak verimlerini artırır. Bu da tarımsal üretimde büyük bir katkı sağlar. Aynı zamanda gübre sektörü, istihdam yaratır ve ekonomiye katma değer sağlar. Gübre kullanımı, tarım sektörünün gayri safi yurt içi hâsıla içindeki yaklaşık %8’lik payı göz önüne alındığında büyük bir etkiye sahiptir. Bu durum, gübrenin tarımsal üretimdeki önemini ve ekonomideki rolünü vurgular (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024, s. 17).

Kimyasal gübreler ise bitkilerden yüksek kalite ve maksimum verim elde etmek için tercih edilmektedir. Bitkilerin genel olarak 17-18 bitki besin değerine ihtiyacı vardır ve bu ihtiyacı ağırlıklı olarak kimyasal gübrelerle, özellikle azot, fosfor ve potasyum içeren gübrelerle karşılamaktadır. Azotlu gübreler, bitki üretiminde yaklaşık %50 artış sağlayarak bitkilerin daha gösterişli ve verimli olmasını sağlar. Bu nedenle, üreticiler genellikle kimyasal gübreleme yöntemini tercih etmektedir. Ancak, kimyasal gübre kullanımı çeşitli çevre kirliliklerine neden olmaktadır. Özellikle azot ve fosfor içeren kimyasal gübreler toprak kirliliğinde önemli bir rol oynamaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024, s. 17).

Dünya genelinde gübre üretimi, hammadde kaynaklarına ve tüketim bölgelerine bağlı olarak şekillenmektedir. Çin, Hindistan, Rusya, ABD ve Kanada gibi tarım arazileri geniş ve yoğun nüfusa sahip ülkeler önemli üretim kapasitesine sahiptir.

Fosforlu gübrelerde, fosfat kaynaklarına sahip olan ülkeler (Kuzey Amerika, Orta ve Kuzey Afrika ülkeleri) üretim fazlasına sahiptir. 2015 yılında dünya genelinde yaklaşık 199 milyon ton NPK (Azot-Fosfat-Potasyum) gübre üretilmiştir ve en büyük pay %57 ile azot bazlı gübrelere aittir. Dünya genelinde azotlu gübre üretimi 2015 yılında 114 milyon ton olup bunun %52'si Çin, Hindistan ve ABD tarafından karşılanmıştır. Aynı yılda toplam NPK ihracatı 90,6 milyon ton olup, azotun %38'i ve fosforun %47'si Çin ve Rusya, potasyumun ise %51'i Kanada ve Rusya tarafından karşılanmıştır. Dünya genelinde toplam NPK ithalatının %43'ünü azot oluştururken, azot ithalatının %36'sı ABD, Hindistan ve Brezilya tarafından gerçekleştirilmiştir. NPK gübre tüketimi ise 2005 yılına göre %20 artış göstererek 2015 yılında yaklaşık 184 milyon tona ulaşmıştır ve Çin 51 milyon tonluk tüketimle en yüksek sırada yer almıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024).

Tablo 3.2. Tarımsal Gübreler

ORGANİK GÜBRELER	KİMYASAL GÜBRELER
Hayvan Gübreleri: Genellikle evcil hayvanların dışkısı ve idrarından oluşan, saman veya yataklık malzemelerin karışımından elde edilmiş, organik içerik bakımından zengin olan gübrelerdir. Hümkik Gübreler: Humus olarak da adlandırılan bu asit, bitki veya hayvan atıklarının çürümesiyle elde edilen organik bir madde olup, bitki gelişimi açısından önemli rol oynar. Yeşil Gübre: Toprağa ve sonraki mahsullere faydalı etkileri için yetiştirilip, sonrasında bu bitkilerin tarım makineleri ile sürülerek toprağa karıştırılması işlemine yeşil gübreleme denilir. Kompost: Bitkisel ve hayvansal atıkların, çözülme ve çürümesiyle elde edilen organik gübreye kompost denir. Torf: Turba toprağı olarak da bilinen bu madde, göl, bataklık ve benzeri su altındaki arazilerde yetişen bitkilerin su	Azotlu Gübre: Üç çeşit azotlu gübre türü vardır. -Amonyum Sülfat: %21 Azot, %24 Kükürt içerir. -Amonyum Nitrat: %26 Can (Kalsiyum Amonyum Nitrat) içerir. -Üre: % 40 saf azot içerir. Fosforlu Gübre: İki çeşit fosforlu gübre türü vardır -Süper Fosfat: %16- %18 arası suda eriyebilen fosfor asidi içerir. -Triple Süper Fosfat: %43-% 46 arasında suda eriyebilen fosfor asidi içerir. Potasyumlu Gübre: Üç çeşit potasyumlu gübre türü vardır. -Potasyum Sülfat: %48- %52 oranında potasyum içerir. -Potasyum Nitrat: %46 oranında potasyum içerir. -Kompoze Gübre: İçeriğinde değişen farklı yüzdelik oranlarda azot, fosfor, potasyum ihtiva eden gübrelerdir. -Diamonyum Fosfat: Darp Gübresi olarak da bilinen bu gübre türünde %18 azot, %46 fosfor içerir.

dibine çökmesi sonucunda kesilen hava temasıyla birlikte, yıllarca süren çürümesiyle oluşan organik bir maddedir.	Sıvı Gübre: Bitkilerin ihtiyaç duydukları elementleri, toprağa ya da yaprağa sıvı formda verilmesini sağlayan gübrelere sıvı gübreler denilir. Topraktaki etkileşimi katı gübrelere daha hızlı olan sıvı gübreler, bitkiler için oldukça faydalıdır. Yaprak Gübresi: Bitkinin ihtiyaç duyduğu maddeleri bünyesinde katı, sıvı veya granül halinde bulunduran, seyrelterek ya da çözerek bitki yapraklarına püskürtme suretiyle kullanılan gübrelere yaprak gübresi denilir.
---	---

Kaynak: Agrowy, 2024

Tablo 3.2’de organik ve kimyasal gübre türlerinin neler olduğu belirtilmiştir. Tablo incelendiğinde görülüyor ki, organik gübrelerin doğadan geldiği ve yine doğa tarafından emiliminin sağlandığı görülmektedir. Kimyasal gübrelerin çeşitli ağır kimyasal girdiler tarafından oluşarak başta toprağa, suya, havaya ve nihayetinde insana zarar verdiği anlaşılmaktadır.

3.1.2. Tarım İlaçları

Tarımsal ürünlerin verim ve kalitesini artırmak için modern tarım tekniklerinin ve girdilerinin kullanılması önemlidir. Bu girdilerden biri de pestisitlerdir ve modern tarımın vazgeçilmez bir parçasıdır. Pestisitler, bitki koruma ürünleri içerisinde yer alır ve tarımsal ürünleri hastalıklar, zararlılar ve yabancı otların zararlarından korumak için kullanılır. Pestisit kullanımı, kaliteli üretimi sağlamak ve verimliliği artırmak amacıyla tercih edilen bir tarımsal mücadele yöntemidir. Bu yöntem, 1940’lı yıllardan bu yana tarımsal üretimi önemli ölçüde artıran bir faktördür. Pestisitlerin hızlı etki göstermesi ve kolay kullanımı, tercih edilmesinde etkili olan faktörlerdir. Ancak pestisit kullanımıyla birlikte çevresel ve sağlık riskler de ortaya çıkabilir. Bu nedenle, pestisit kullanımının dikkatli bir şekilde yönetilmesi, uygun dozajlarda ve doğru uygulama teknikleriyle gerçekleştirilmesi önemlidir. Ayrıca, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve entegre zararlı yönetimi gibi alternatif yöntemlerin kullanımı da teşvik edilmektedir (Tiryaki, vd., 2010).

Pestisit kullanımının bitki üretiminde verimin artması ile birlikte uzun süreli kullanımları durumunda çevreye ve insan sağlığına zarar verdiği saptanmıştır (Altıkat,

vd., 2013). Kullanım amacı ve kullanılan haşerelere karşı yapılan sınıflandırılmaya göre en önemli üç pestisit; insektisit, fungusit ve herbisitlerdir (Özercan & Taşçı 2022)

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından sağlanan verilere göre dünya genelinde pestisit kullanımı önemli bir seviyede gerçekleşmektedir. Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Brezilya gibi tarım yoğunluğu yüksek ülkeler, toplam pestisit kullanımının büyük bir kısmını gerçekleştiren ülkeler olarak öne çıkmaktadır (Özercan & Taşçı, 2022, s. 375). Herbisitler, fungusitler (mantar öldürücüler) ve insektisitler (böcek öldürücüler) gibi farklı türde pestisitler kullanılmaktadır. Herbisitler, yabancı otlarla mücadelede kullanılırken, fungusitler ve insektisitler sırasıyla mantar hastalıkları ve böcek zararlılarıyla mücadelede tercih edilen pestisit türleridir. Dünya genelinde pestisit kullanımının yaygın olarak kullanılmaktadır ve pestisitler tarımsal üretimde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, pestisit kullanımının çevresel ve sağlık risklerini göz önünde bulundurmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmek gerekir. Entegre zararlı yönetimi, biyolojik mücadele ve doğal düşmanların kullanımı gibi alternatif yaklaşımlar, zararlıların etkili bir şekilde kontrol edilmesini sağlayabilirken çevreye ve insan sağlığına daha az zarar verir.

3.1.3. Tarımsal Sulama

Su, alternatifi olmayan ve yenilenebilir olan bir kaynaktır. Ancak, dünyada kullanım miktarı yenilenebilir miktarın üzerindedir ve bu da suyun miktarının ve kalitesinin gün geçtikçe azalmasına neden olmaktadır. Hem insanlar hem de doğa için su önemli bir kaynaktır (Aydoğdu, vd., 2015)

Dünya genelinde, kullanılabilir su kaynaklarının dağılımı nüfusa orantılı olmayan ve dengesiz bir şekilde gerçekleşmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, 2025 yılında dünya nüfusunun yaklaşık %49'u su sorunuyla karşılaşması beklenmektedir. Ayrıca, 50 ülkede kullanılabilir su miktarı ve kalitesi açısından su stresi ve kıtlığı yaşanacağı tahmin edilmektedir. 2050 yılında ise bu sayının 54 ülkeye çıkacağı ve su sıkıntısı yaşayacak insan sayısının 4 milyara yükseleceği öngörülmektedir. Bu veriler, su kaynaklarının gelecekte daha büyük bir zorlukla karşılaşacağını ve su sıkıntısının artacağını göstermektedir (Anaç & Çeliker, 2004).

Su kullanımı, ülkelerin gelişmişlik seviyelerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Küresel olarak, toplam su tüketiminin yaklaşık %70'i sulama, %19'u sanayi ve %11'i içme ve kullanma suyu amaçlı olarak gerçekleşmektedir. Bu da su kaynaklarının yönetiminin, toplum ve ekonomi üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu göstermektedir (Ankara Ticaret Borsası, 2021).

Sulama, tarım faaliyetlerinin su gereksinimini karşılamak için kullanılan en büyük su tüketim alanıdır. Su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, suyun yeterli ve dengeli bir şekilde dağıtılmasını sağlamak, su kıtlığı ve kirliliği gibi sorunları önlemek ve gelecek nesillere sağlıklı bir çevre bırakmak açısından büyük önem taşır. Sürdürülebilir su yönetimi, su kaynaklarının korunması, etkin kullanımı, su tasarrufu, su arıtma teknolojileri ve suyun adil bir şekilde paylaşılması gibi alanlarda çalışmaları içerir. Bu şekilde, su kaynaklarının sürdürülebilirliği sağlanabilir ve toplumların suya erişimi ve kullanımı daha adil bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Gelişmiş ülkelerde endüstriyel su kullanımı oranı yüksekken, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde tarımsal sulama daha yaygındır (Muluk vd., 2013).

3.1.4. Diğer Tarımsal Uygulamalar

Büyükbaş hayvanlar, veteriner antibiyotiklerin kullanımı ve ağır makineler, çevre kirliliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Büyükbaş hayvanların tarım arazisinde gübre kullanımı, sera gazı emisyonlarına ve dolayısıyla iklim değişikliğine katkıda bulunur. Veteriner antibiyotiklerin aşırı ve uygun olmayan kullanımı, hayvanlarda antimikrobiyal direnç gelişimine neden olur. Bu dirençli bakterilerin toprağa ve insanlara bulaşması hem toprak sağlığını hem de insan sağlığını olumsuz etkiler. Bu faktörler çevre kirliliği ve ekolojik dengenin bozulması açısından önemli bir etkiye sahiptir (Manyi-Loh vd., 2018). Küçük aile işletmeciliği tarzında 1-5 ve 6-10 büyükbaş hayvan ile üretim yapılan hayvan işletmelerinde, genellikle uygun gübre depolama alanları bulunmamaktadır. Bu durum, katı gübrelerin geliş güzel bir şekilde açık ortamda biriktirilmesine neden olmaktadır. Ayrıca, gübrenin sıvı kısmı da bilinçsiz bir şekilde yüzeysel su ortamlarına tahliye edilmekte ve bu da su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmaktadır (Boyacı, vd., 2011).

Barınak dışında ortaya çıkan zararlı atıklar, çeşitli sebeplerle ortaya çıkabilir. Gübrenin uygun bir depoda toplanmaması, ölen hayvanların çukur açılıp gömülerek

üzerine kireç dökülmemesi, işletmede yeterli kapasitede projelenmiş kesimhane ve yem depolarının olmaması gibi faktörler bulunmaktadır. Bu olumsuz koşullar, çevre kirliliğine yol açarak koku ve görüntü kirliliğini beraberinde getirir. Bu nedenle, hayvancılık işletmelerinde oluşan hayvansal atıkların çevresel etkilerini en aza indirmek için gerekli yasal ve teknik standartlara uygun prensiplerle depolama ve projelendirme kriterleri incelenmelidir. Bu, çevre kirliliğini minimize etmek, koku ve görüntü kirliliği gibi etkileri kontrol altına almak adına önemlidir. Hayvansal atıkların etkili bir şekilde yönetilmesi hem çevresel sürdürülebilirliği artırabilir hem de çevreye verilen zararı en aza indirebilir (Karaman, 2006).

Hayvanlara verilen ilaç uygulamaları ve antibiyotikler, hayvanların tedavilerinde kullanıldığı gibi, besin amaçlı yetiştirilen hayvanların büyümelerini desteklemesi ve hastalıklara karşı korunmalarını sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır. Bu ilaçlar genellikle veteriner hekimler tarafından reçete edilir ve hayvan sağlığına yönelik çeşitli amaçlara hizmet eder. Verilen ilaçların bir kısmı hayvan organizması tarafından metabolize edilebilir ve vücutta işlenir. Ancak, bir kısmı ise dışkı ve idrar yoluyla atılır. Bu durum, kullanılan ilaçların bir kısmının hayvanlardan çıkarak çevreye yayılmasına yol açabilir. Bu, özellikle hayvan gübrelerinin tarım alanlarında kullanılması durumunda çevresel etkiler yaratabilir. Bu nedenle, hayvan ilaçlarının ve antibiyotiklerin kullanımı, çevresel ve insan sağlığı açısından dikkatle yönetilmelidir. Dozajların uygun bir şekilde belirlenmesi ve hayvanlara verilen ilaçların kullanımının izlenmesi önemlidir. Ayrıca, hayvan atıklarının yönetimi, gübre kullanımının düzenlenmesi ve hayvan ilaçlarının çevreye olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik tedbirler alınmalıdır (Manyi-Loh vd., 2018; Konca & Uzun, 2012).

3.2. Endüstriyel Tarım ve İklim Değişiklikleri

Sera gazlarının atmosfere salınması atmosferde aşırı sıcaklık artışına neden olmaktadır ve oluşan sera etkisi nedeniyle küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Küresel ısınmanın başlıca nedenleri arasında, enerji tüketiminin yanı sıra yanlış uygulamalara bağlı olarak ortaya çıkan sera gazı emisyonları bulunmaktadır. Dünya genelinde enerji sektörü, sera gazı emisyonlarının önemli bir kısmına neden oluşturan en büyük kaynaktır (International Energy Agency, 2015, s. 20). İklim değişikliğinin etkileri

günlük yaşantımızı derinden etkilemektedir. Salgın hastalıkların yayılmasında artış, kuraklık ve erozyon gibi olumsuz etkiler bunlardan bazılarıdır (Aksoy & Atasagun, 2023, s. 11). Ayrıca; iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, şiddetli hava olaylarının sıklığının artması ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi sonuçları vardır. Bu durum doğal dengenin bozulmasına, vahşi yaşam türlerinin zarar görmesine ve insan sağlığının olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır (Aksoy & Atasagun, 2023, s. 22) .

Tablo 3.3. Kyoto Protokolü'nde baz alınan sera gazları

Sembol	İsim	CO ₂ Eşdeğeri	Ana Kaynak
CO ₂	Karbondioksit	1	Fosil Yakıtların Yanması, Orman Yangınları, Çimento Üretimi
CH ₄	Metan	21	Landfill Sahalar, Petrol ve Doğalgazın Üretim ve Dağıtım, Çiftlik Hayvanlarının Sindirim Sistemlerindeki Fermantasyonu
N ₂ O	Nitroksit	310	N ₂ O Fosil Yakıtların Yanması, Gübreler, Naylon Üretimi
HFC _s	Hidrofloro karbonlar	140~11.700	Buzdolabı Gazları, Alüminyum Eritme, Yarı İletken Üretimi
PFC _s	Perfloro karbonlar	6500~9.200	Alüminyum Üretimi, Yarı İletken Üretimi
SF ₆	Sülfür Heksaflorit	23.900	Elektrik İletim ve Dağıtım Sistemleri, Magnezyum Üretimi

Kaynak: Şahin&Avcıoğlu (2016)

Tablo 3.3' de Kyoto Protokolü'nde baz alınan sera gazlarının neler olduğu, içerdiği hammadde ile belirtilmiştir. Tarımsal faaliyetler, dünya genelinde artan sera gazlarının yaklaşık %20'sinden sorumlu tutulmaktadır. Tarımın enerji tüketimi, üretim süreçleri, hayvan yetiştirme, gübreleme, ilaç kullanımı gibi faktörler sonucu CO₂, CH₄ ve N₂O gibi sera gazlarının atmosfere salınmasına neden olduğundan, tarımsal üretim iklim değişikliğinin nedenleri arasında gösterilmektedir (Koyuncu & Akgün, 2017, s. 151).

Yağış miktarlarındaki değişimler, sıcaklık derecelerinin değişmesi, sel ve kuraklığın artması, zararlı ve göçmen yabancı otların artması ile iklimin tarım üzerindeki etkileri olmaktadır. Kimyasal gübre, pestisit ve antibiyotik kullanımı ile toprak yapısı bozulur ve nihayetinde suya karışması ile birlikte ekolojik dengenin bozulması sonucunda iklim değişikliğinin oluşmasına neden olmaktadır.

Toprak erozyonu, aşağı havzadaki sediment kirliliğine ve toprak verimliliğinin azalmasına yol açar. Tarımsal ve ticari inorganik kimyasallar olan herbisitler, pestisitler ve gübreler gibi maddeler ise hava, su ve toprak kirliliğine sebep olur. Yanlış kullanılan tarımsal yöntemler, dışkıdaki kirletici maddeleri, besin konsantrasyonlarını ve tortu yüklerini artırarak çevresel kirliliği artırır. Su kütlelerinin ötrofikasyonu, artan besin yükü nedeniyle su ekosistemlerinin zarar görmesine neden olur. Tarım için kullanılan arazinin ormansızlaştırılması, endüstriyel tarım uygulamalarının yanlışlıklarından kaynaklanan bir sonuçtur ve bu da sulama sorunları, kirleticiler, toprağın bozulması ve atık bertarafı gibi çevresel sorunlara yol açar. Endüstriyel tarım, su kalitesi, karbon Emilimi, toprağın tutulması, besin döngüsü ve biyolojik çeşitlilik üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Peyzaj yönetimi, ekonomik istikrar ve verimlilik yerine, daha fazla dayanıklılık için uyum sağlama kabiliyetini, çeşitliliği ve biyolojik çeşitliliği optimize etmelidir. Çiftçilerin çevresel etkileri azaltmak için uygun toprak ve arazi yönetimi uygulamalarını benimsemeleri önemlidir (Hussain & Kecili, 2019, s.18; Ramsar Convention on Wetlands, 2021, s. 1).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) nin sera gazı salınımlarını azaltmak için gelişmiş ülkelerden beklediği birtakım yükümlülükler vardır. İnsan kaynaklı faaliyetlerin neden olduğu küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine karşı BM Çevre Programı (UNEP) ile Dünya Meteoroloji (WMO)'nün ortaklaşa olarak 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler (BM) Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan BMİDÇS, uluslararası alanda atılan ilk ve en önemli adımdır. BMİDÇS, katılımcı ülkeleri sera gazı emisyonlarını azaltmaya, araştırma ve teknoloji alanında iş birliği yapmaya ve sera gazı yutaklarını (örneğin ormanlar, okyanuslar, göller) korumaya teşvik etmektedir. Sözleşme, sera gazı emisyonlarının azaltılması için, ülkelerin kalkınma önceliklerini ve özel koşullarını göz önünde bulundurarak “ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler” prensibine dayanmaktadır (İDB, 2024).

3.3. Literatür Araştırması

Tarımdan kaynaklı çevresel kirlenme nedenleri literatürde bulunan önceki çalışmalar ile açıklanmıştır. Tarım sektörünün çevresel kirlenmeye etkileri farklı

değişkenler kullanılarak ele alınmıştır. Bu tez için yapılacak olan analizde de değişkenler literatür taraması sonrasında seçilmiştir.

Altınöz (2022), çalışmasında geliştirmekte olan 10 büyük piyasa ekonomisinde (Arjantin, Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Meksika, Polonya, Güney Afrika, Güney Kore ve Türkiye) tarım sektörünün gelişiminin CO2 emisyonu üzerindeki etkisini panel kantil regresyon analizi ile analiz etmiştir. Analizde kontrol değişkenleri olarak da tarımsal katma değer, kişi başı GSMH, finansal gelişme, doğal kaynakların kiralari ve küreselleşme endeksi yer almaktadır. Ampirik sonuçlar tüm katsayıların anlamlı olduğunu, tarımın katma değerinin en düşük, orta-düşük ve en üst kantil seviyesinde CO2 emisyonları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip iken ekonomik büyümenin pozitif etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Çalışmada tarımsal katma değer ile CO2 arasındaki negatif ilişki tarımsal gelişime bağlanmıştır. Tarımsal gelişimdeki teknolojik gelişmelerin (verimli gübreleme, toprak analizi gibi) tarımsal katma değeri artırırken çevre kalitesine olumlu etki yapacağı belirtilmiştir.

Asumadu & Owusu (2016), ‘‘Karbondioksit Emisyonları İle Tarımsal Ekosistem Arasındaki Nedensel Bağlantı: Ekonometrik Yaklaşım’’ isimli çalışmalarında, 1961-2012 dönemi için yıllık bazda veriler kullanarak karbondioksit emisyonları ile tarımsal ekosistem arasındaki nedensel bağlantıyı araştırmışlardır. Çalışmada gıda talebinde ortaya çıkan artışı karşılayabilmek amacıyla iklim değişikliklerini teşvik eden kötü tarım uygulamalarının tarımsal ekosistemin sera gazı emisyonlarını artırdığı belirtilmiştir. Pirinç tarlası alanındaki %1’lik bir artışın karbondioksit emisyonları %1,49 oranında, biyokütleyle yakılan mahsul kalıntılarındaki %1’lik bir artış karbondioksit emisyonlarını %1,00 ve tahıl üretimindeki %1’lik bir artış karbondioksit emisyonlarını %1,38 artırdığı bulunmuştur. Diğer yandan tarım makinelerindeki %1’lik bir artış, uzun vadede karbondioksit emisyonlarını %0,09 oranında azalttığı çıkmıştır. Ayrıca karbondioksit emisyonları, tahıl üretimi ve biyokütle yakılan ürün artıkları arasında çift yönlü bir nedensellik bulunmuştur.

Bal (2019), ‘‘Tarımdan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı Çerçevesinde OECD Ülkeleri İçin İncelenmesi’’adlı çalışmasında, 1990-2008 dönemi için panel veri modeli kullanılarak OECD ülkelerindeki ekonomik büyüme ile tarımsal üretim kaynaklı metan ve nitrozoksit gazları arasındaki ilişki Çevresel Kuznets Eğrisi çerçevesinde analiz edilmiştir. GSYH

metan salınımı arasında Çevresel Kuznets Eğrisi geçerli değildir. Nitrozoksit salınımı için ise, Çevresel Kuznets Eğrisi monotonik azalan şeklindedir. Diğer bir ifadeyle, GSYH değerleri genel olarak nitrozoksit düzeyini açıklamada, kısmi etkiye sahip değildir.

Çetin vd., (2020), “Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi” isimli çalışmalarında, tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki etkisini 1968-2016 dönemi için Türkiye ekonomisi üzerinden incelemektedir. Araştırmada, tarımsal katma değer ve tarımsal arazi verileri bağımsız değişken olarak kullanılmış, ayrıca ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi de kontrol değişkenleri olarak modele dahil edilmiştir. Karbon monoksit emisyonu ise çevre kirliliği ölçütü olarak ve bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. ARDL modeli ile seriler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuçlar tarımsal katma değer ve tarımsal arazi verilerinin uzun dönemde karbon dioksit emisyonunu azalttığı belirlenmiştir. Tarım sektörünün karbon dioksit emisyonuna neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları aynı zamanda Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin Türkiye ekonomisi için geçerli olduğunu göstermektedir., Türkiye’de çevresel kirliliği azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Doğan (2019), sera gazı emisyonları açısından önde olan ülkelerden biri olan Çin verileri ile 1971-2010 dönemi için Çin’de tarımsal üretim ve CO₂ emisyonu arasındaki uzun dönemli ilişkiyi panel ARDL, FMOLS, DOLS ve CCR gibi analiz yöntemleri kullanarak incelemiştir. Çevresel Kuznets Eğrisi modeli çerçevesinde modele gelir yanında enerji tüketimini de model dahil etmiştir. Sonuçlar, değişkenler arasındaki eş bütünleşmeyi ve Çin için ters U şeklinde tarım kaynaklı EKC eğrisinin varlığını doğrulamaktadır. Çalışmada tarımın, bir ülkenin uzun vadeli CO₂ emisyonlarını artıracığı sonucuna ulaşılmış ve buradan tarım da dahil olmak üzere enerji yoğun sektörlerin çevre üzerindeki sorunlarının çözülmesi için politikacıların strateji belirlemeleri gerekliliği ifade edilmiştir.

Eştürk vd. (2023), “Tarım ve Sanayi Sektöründeki Gelişmelerin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisini Seçilmiş OECD Üyesi Ülkelerde Ekonometrik Uygulama” isimli çalışmalarında, Fransa, Almanya, ABD, Birleşik Krallık, Danimarka, Hollanda,

Belçika, Japonya, İtalya ve İspanya ülkelerinin yer aldığı, 2000-2019 dönemi için panel veri analizi uygulamışlardır. FMOLS analizi sonucuna göre; uzun dönemde tarımsal katma değerdeki 1 birimlik artış CO₂ emisyonlarını 0.12 birim; sanayileşmedeki 1 birimlik artış CO₂ emisyonlarını 0.31 birim ve tarımsal arazi alanındaki 1 birimlik artış CO₂ salınımlarını 0.92 birim artırdığı belirlenmiştir. Panel DOLS analizinden elde edilen sonuçlara göre; uzun dönemde tarımsal katma değerdeki 1 birimlik artış CO₂ salınımlarında 1.02 birim; tarımsal arazi alanındaki 1 birimlik artış ise CO₂ emisyonlarında 1.41 birimlik artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar tarımsal faaliyetlerin gelişmiş OECD ülkeleri için çevresel kirliliği artırıcı yönde olduğunu göstermiştir.

Ghosh (2018), 1971'den 2013'e kadar Hindistan'da CO₂ emisyonları, enerji tüketimi, tarımsal katma değer ve finansal gelişme arasındaki ilişkiyi incelemek için "Karbon Dioksit Emisyonu, Tarımda Enerji Tüketimi: Hindistan İçin Nedensellik Analizi" başlıklı bir çalışma yürütmüştür. Çalışma hem kısa vadeli hem de uzun vadeli etkileri değerlendirmek için VECM ve Granger nedensellik analizi kullanılmıştır. Bulgular, tarımın özellikle CO₂ emisyonları açısından çevre kirliliğinde önemli bir rol oynadığını ortaya koydu. Ayrıca çalışma, enerji tüketiminin hem kısa hem de uzun vadede CO₂ emisyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve emisyonlarda bir artışa işaret ettiğini belirlemiştir. Sonuçlar, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için Hindistan'daki tarımsal üretim ve enerji tüketim politikalarının yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Ismael vd. (2018), 1970-2014 yılları için "Ürdün'de Tarım Teknolojisi Faktörlerinin Karbon Emisyonları Üzerindeki Etkileri"ni incelemişlerdir. Johansen eş bütünleşme ve Granger nedensellik analizi yöntemini kullanmışlardır. Çıkan sonuçlara göre tarımda makine kullanımı, gübre kullanımı ve sübvansiyonlardan karbondioksit emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu çıkmıştır.

Jebli & Youssef (2017), CO₂ Emisyonlarının Azaltılmasında Yenilenebilir Enerji Ve Tarımın Rolü: Kuzey Afrika Ülkeleri İçin Kanıtlar isimli çalışmalarında tarım sektörünün, yenilenebilir enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonuna etkisini, 1980-2011 yıllarını kapsayan yıllık bazda alınan veriler kullanılarak test ettikleri çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme karbon emisyonunu artırırken, tarım karbon emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Liu, Zhang ve Bae (2017), Yenilenebilir Enerji Ve Tarımın Karbondioksit Emisyonları Üzerindeki Etkisi: Seçilen Dört ASEAN Ülkesinde Çevresel Kuznets Eğrisinin İncelenmesi çalışmada; ASEAN ülkeleri için 1970-2013 yıllarını kapsayan yıllık bazda veriler kullanılarak yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin, GSYH'nin, GSYH'nin karesinin ve tarımsal katma değer CO2 emisyonuna etkisini analiz etmişlerdir. Analiz sonuçları, yenilenebilir enerji tüketimi ve tarımsal katma değer karbon emisyonunu azaltmaktadır. Ayrıca, ASEAN ülkelerinde bu dönem için ÇKE hipotezi geçerli değildir.

Okumuş (2020), Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Tarım ve CO2 Emisyonu İlişkisi isimli çalışmada 1968-2014 yıllarını kapsayan dönem için tarımsal katma değer, ekonomik büyüme, yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme oranı, dışa açıklık oranı ve CO2 emisyonunu ilişkisini ARDL sınır testi kullanılarak açıklamaktadır. Çıkan analiz sonuçlarına göre modele dâhil edilen değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Uzun dönem sonuçlarına bakıldığında, tarımsal katma değer, ekonomik büyümenin, yenilenemez enerji tüketiminin, dışa açıklık oranının ve kentleşmenin karbondioksit emisyonunu artırdığı görülmektedir. Ayrıca ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasında ters-U şeklinde ilişki olduğunu varsayan Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin varlığı da doğrulanmıştır. Tarım sektörünün küresel ısınma ve iklim değişiklikleri sorunları ile mücadelede, tarımsal faaliyetlerde yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılmasının teşvik edilmesi bir politika önerisi olarak sunulmuştur.

Rafiq vd. (2015), “Tarım, Ticarete Açıklık ve Emisyon: Ampirik Bir Analiz ve Politika Seçenekleri” adlı panel veri çalışmada, tarımda yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin CO2 emisyonları üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Çalışma, 1980-2010 yılları arasında gerçekleştirilen analizlere dayanmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji kullanımının tarımsal faaliyetlerde CO2 emisyonlarını azaltıcı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, yenilenemez enerji tüketiminin CO2 emisyonlarını artırıcı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, tarım sektörünün çevresel etkileri ve enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı konusunda önemli ipuçları sunmaktadır. Araştırma, politika yapıcılar için öneriler sunarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda teşvik edilmesi ve yenilenemez enerji kaynaklarının azaltılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Rehman vd. (2019), “Pakistan’da CO₂ Emisyonları ile Tarımsal Verimlilik Arasındaki Nedensel Bağlantı: Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Sınırları Test Yaklaşımından Ampirik Kanıt” isimli çalışmalarında, Pakistan’da 1987-2017 dönemi için karbondioksit emisyonlarının ekilen alan, enerji kullanımı, gübre tüketimi, kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla, gelişmiş tohum dağıtımı, toplam gıda tahılları ve su mevcudiyeti ile bağlantısını panel ARDL yöntemi ile test etmiştir. Uzun vadeli kanıtlar, ekili alan, enerji kullanımı, gübre alımı, kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla ve su mevcudiyetinin karbondioksit emisyonları ile pozitif ve anlamlı bir ilişkiye sahip olduğunu ortaya koyarken, gelişmiş tohum dağıtımı ve toplam gıda tahıllarına ilişkin analiz sonuçlarının ise negatif bir ilişkiye sahip olduğunu ortaya koyuyor. Genel olarak, açıklayıcı değişkenlerin karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi açısından uzun vadeli etkiler kısa vadeli dinamiklerden daha güçlüdür, dolayısıyla bulguları heterojen hale getirir

De Lorenzo vd. (2018), tarafından yapılan çalışma, 2006-2015 yılları arasında 94 ülkede tarım sektörünün doğal gaz üretimi yapan gelişmekte olan ülkelerde sera gazı emisyonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Araştırmada Tobit Modeli kullanılarak tarımsal katma değer, ithalat ve ihracat, kimyasal gübre kullanımı ve tarım arazilerinin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bulgular, kimyasal gübre kullanımı ve tarımsal ihracatın karbondioksit emisyonlarını artırdığını, ancak tarımsal katma değer, tarımsal ithalat ve tarım arazilerinin karbondioksit emisyonlarını azaltıcı etkisi olduğunu göstermektedir.

Tıraş (2024), “Tarım İlaçlarının Sera Gazı Üzerindeki Etkisi: BRICS Ülkeleri Örneği” isimli çalışmada, tarım üretiminde kalite ve verimin artırılması amacıyla kullanılan tarım ilaçların çevreye olan etkilerini tarımsal sera gazları (nitroz oksit ve metan) üzerinden 1990-2019 dönemi verileri ile BRICS ülkeleri açısından araştırmıştır. Çalışmada değişkenler arasındaki ilişkisi dinamik panel veri yöntemleri kullanarak araştırmıştır. Sonuçlara göre, panel genelinde nitroz oksit emisyonları için tarım ilacı satışlarının uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, metan emisyonları için tarım ilacı satışlarının uzun dönem katsayılarının ise istatistiksel olarak anlamlı olduğunu tespit etmiştir. Buna göre BRICS ülkelerinde tarım ilacı satışında %1’lik artış metan gazı emisyonlarını %0.15 arttırmaktadır. Dolayısıyla tarımsal üretimde kullanılan ilaçların uzun dönemde sera gazlarını artırması eğilimi, çevresel

kirlilik ve küresel ısınma açısından denetlenmesi gereken bir konu olarak öne çıkmaktadır.

Waheed vd. (2018), “Orman, Tarım, Yenilenebilir Enerji ve CO2 Emisyonu” isimli çalışmalarında, Pakistan’da 1990-2014 dönemi için yıllık bazda veriler kullanarak yenilenebilir enerji tüketiminin, tarımsal üretimin ve orman dikiminin CO2 emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Değişkenlerin uzun ve kısa vadede etkilerini incelemek için panel ARDL yöntemi tercih etmişlerdir. Çıkan sonuca göre, yenilenebilir enerji tüketimi ve ormanın CO2 emisyonu üzerinde negatif ve anlamlı etkilerinin olduğunu, yenilenebilir enerji tüketimi ve ormanın artması ile CO2 değerinin azalacağı sonucunu bulmuşlardır. Tarımsal üretim ise uzun vadede CO2 emisyonu üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Tarımsal üretimden kaynaklı karbon emisyonunu azaltmak için ormansızlaştırma sürecinin kontrol edilmesi gerekliliği gibi çözüm önerileri getirilmiştir.

4. BULGULAR

Önceki bölümlerde endüstriyel tarım konusu, endüstri devrimleri sürecine bağlı olarak incelenmiştir. Literatürde genel kanı, tarımda kullanılan girdilerde sanayiye ve fosil yakıtlara bağlı olunması tarımsal verimlilik artışındaki sürekliliğin, ekolojik açıdan çevreye verdiği zararların tartışılmasına neden olmaktadır. Bu bölümde endüstriyel tarım yaptıklarını düşündüğümüz gelişmiş sekiz ülkenin tarımsal verilerini kullanarak, çevre üzerinde tarımsal girdilerin kirlilik yaratıp yaratmadığını test edilecektir.

4.1. Veriler ve Model

Tezin bu bölümünde gelişmiş ülke grubunda yer alan Avusturalya, Kanada, Almanya, İspanya, Fransa İtalya Hollanda ve ABD ülkelerinin verileri analiz edilmiştir. Bu ülkelerin verileri kullanılarak birim kök testleri yapılmıştır. Panel ARDL yöntemi kullanılarak iki farklı model oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan değişkenler, açıklamaları ve kaynakları ile birlikte Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Verilerin Tanımlanması (Model 1)

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
NO	Tarımsal nitroz oksit emisyonları (bin metrik ton CO ₂ eşdeğeri)	World Bank Indicators
GTKG	Gübre tüketimi (ekilebilir arazinin hektarı başına kilogram)	World Bank Indicators
KD	Tarım, ormancılık ve balıkçılık, katma değer (cari ABD Doları)	World Bank Indicators
TV	Tahıl verimi (hektar başına kg)	World Bank Indicators

Tablo 4.2. Verilerin Tanımlanması (Model 2)

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
SG	Toplam sera gazı emisyonları (kt CO ₂ eşderi)	World Bank Indicators
GT	Gübre tüketimi (gübre tüketimin yüzdesi)	World Bank Indicators
TV	Tahıl verimi (hektar başına kg)	World Bank Indicators
KD	Tarım, ormancılık ve balıkçılık, katma değer (cari ABD Doları)	World Bank Indicators
EN	Birincil enerji tüketim	Energy Institute Statistical Review of World Energy 2023

Çalışmada kullanılacak modeller aşağıda verilmiştir.

Model I

$$NO_{it} = f(GT_{it}, KD_{it}, TV_{it},)$$

$$\ln NO_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln GT_{it} + \beta_2 \ln KD_{it} + \beta_3 \ln TV_{it} + \varepsilon_{it}$$

Model II

$$SG_{it} = f(GT_{it}, KD_{it}, TV_{it}, EN_{it})$$

$$\ln SG_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln GT_{it} + \beta_2 \ln KD_{it} + \beta_3 \ln TV_{it} + \beta_4 \ln EN_{it} + \varepsilon_{it}$$

Birinci modelde bağımlı değişken olarak tarımsal nitröz oksit emisyonları (NO) ikinci modelde ise, toplam sera gazı emisyonları (SG) bağımlı değişken olarak alınmıştır. Modeller tam logaritmik olarak ele alınmış ve tahmin edilen katsayılar kısmi esneklik katsayılarını vermektedir.

4.2. Panel Birim Kök Testleri

Çalışmada, serileri durağanlıklarını belirlemek için öncelikle yatay kesit bağımlılığın olmadığını varsayan ve birinci nesil birim kök testlerinden olan Levin, Lin ve Chu (2002), Im, Pesaran ve Shin (2003) panel birim kök testleri kullanılmıştır. Her iki testte de sıfır hipotezi olarak “seride birim kök vardır” şeklinde kurulan hipotezin geçerliliği test edilmektedir.

$$H_0: \beta_i \quad \beta_i = 1 \quad \text{Seride birim kök vardır.}$$

$$H_1: \beta_i \quad \beta_i < 1 \quad \text{Seride birim kök yoktur.}$$

Çalışmamızda gelişmiş ülke grubunda yer alan Avusturalya, Kanada, Almanya, İspanya, Fransa İtalya Hollanda ve ABD ülkelerinin sırası ile Model 1 ve Model 2’de kullanılan değişkenlerin birim kök testleri Tablo 4.3 ve Tablo 4.4’ de yer almaktadır.

Tablo 4.3. Gelişmiş Ülke Grupları Düzey Seviyesi Durağanlık Testi Sonuçları
(Model 1)

Düzey Seviyesi	Levin, Lin & Chu *		Im, Peseran and Shin W-Stat	
Değişkenler	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.
LNNO	-0.57455	0.2828	0.52467	0.7001
LNGTKG	-2.48301	0.0065	-0.36358	0.3581
LNKD	-2.41750	0.0078	-0.62473	0.2661
LNTV	-2.73534	0.0031	-2.06702	0.0194
Birinci Fark Seviyesi	Levin, Lin & Chu Ho: Ortak birim kök sürecini varsayar		Im, Peseran and Shin W-Stat Ho: Bireysel birim kök sürecini varsayar	
Değişkenler	Trendsiz	Trendli	Trendsiz	Trendli
LNNO	-7.35923	0.0000	-7.72850	0.0000

Tablo 4.3' de Gelişmiş Ülke Gruplarının serilerin düzey ve fark seviyelerindeki durağanlıkları verilmiştir. Bağımsız değişkenler olarak belirlenen Gübre Tüketimi, Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Katma Değer ve Tahıl Verimi düzey seviyesinde durağan I(0), bağımlı değişken olarak alınan Tarımsal Nitroz Oksit Emisyonları fark seviyesinde I(1) durağan çıkmıştır.

Tablo 4.4. Gelişmiş Ülke Grupları Düzey Seviyesi Durağanlık Testi Sonuçları
(Model 2)

Düzey Seviyesi	Levin, Lin & Chut *		Im, Peseran and Shin W-Stat	
Değişkenler	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.
LNSG	4.10334	1.0000	3.98829	1.0000
LNGT	-1.66607	0.0479	-1.41106	0.0791
LNTV	-2.73534	0.0031	-2.06702	0.0194
LNKD	-2.41750	0.0078	-0.62473	0.2661
LNEN	-0.39727	0.3456	1.18637	0.8823
Birinci Fark Seviyesi	Levin, Lin & Chut *		Im, Peseran and Shin W-Stat	
Değişkenler	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.
LNSG	-1.50765	0.0658	-3.88367	0.0001
LNEN	0.48963	0.6878	-3.88854	0.0001

Tablo 4.4'te Gelişmiş Olan Ülke Gruplarının serilerin düzey ve fark seviyelerindeki durağanlıkları verilmiştir. Bağımsız değişkenler olarak belirlenen Gübre Tüketimi, Tahıl Verimi ve Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Katma Değer değişkenleri düzey seviyesinde durağan $I(0)$ iken Enerji Tüketimi ise fark seviyesinde $I(1)$ durağan çıkmıştır. Bağımlı değişken olarak alınan Toplam Sera Gazı Emisyonları ise fark seviyesinde $I(1)$ durağan çıkmıştır.

4.3. Panel ARDL

Pesaran ve Smith (1995) ve devamında Pesaran, Shin ve Smith (1999) tarafından geliştirilen Panel-ARDL modeli farklı durağanlık derecelerine sahip ($I(2)$ hariç) serilerin uzun dönem ilişkilerinin tahminine olanak veren yöntemdir.

Tablo 4.5. Gelişmiş Ülke Grubu Panel ARDL Sonuçları (Model 1)

Bağımlı Değişken: D(LNNO) Test Adı: ARDL Gözlem Dönemi: 1998-2020 Seçilen Model: 1 (Fixed)				
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık Değeri
Uzun Dönem Katsayıları				
LNGTKG	0.358305	0.026913	13.31330	0.0000
LNKD	0.079833	0.018711	4.266710	0.0000
LNTV	0.073320	0.036315	2.018992	0.0454
Kısa Dönem Katsayıları				
ECM	-0.495972	0.115329	-4.300492	0.0000
D(LNGTKG)	0.035944	0.052848	0.680139	0.4975
D(LNKD)	0.053069	0.081236	0.653267	0.5146
D(LNTV)	-0.141986	0.195019	-0.728064	0.4678
@TREND	-0.003182	0.001650	-1.928431	0.0558

Gelişmiş ülke grubu için yapılan Panel ARDL analizi bulgularına göre, logaritması alınan değişkenler incelendiğinde uzun dönemde Gübre Tüketimindeki % 1'lik artış anlamlı bir şekilde Tarımsal Nitroz Emisyonunda yaklaşık % 0.36'lık artışa neden olmaktadır ($p < 0,05$). Diğer yandan tarım, ormancılık ve balıkçılık katma değerindeki % 1'lik artış Tarımsal Nitroz Emisyonunda % 0.08'lik artışa ($p < 0,05$). Tahıl Verimindeki % 1'lik bir artış ise % 0.73'lük artışa neden olmaktadır ($p < 0,05$).

Dolayısıyla değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmaktadır, Hata düzeltme katsayısı (ECM=-0.50) negatif, birden küçük ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($p: 0.0000 < 0,05$). Kısa dönemde ortaya çıkan bir şok, yaklaşık 2,02 dönem ($1/0,415$) sonra ortadan kalkarak uzun dönem dengesine dönmektedir.

Tablo 4.6. Gelişmiş Olan Ülke Grubu Panel ARDL Sonuçları
(Model 2)

Bağımlı Değişken: D(LNSG) Test Adı: ARDL Gözlem Dönemi: 1998-2020 Seçilen Model: Fixed (1)				
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık Değeri
Uzun Dönem Katsayıları				
LNKT	0.203863	0.044486	4.582596	0.0000
LNTV	-0.093815	0.064380	-1.457220	0.1474
LNKD	0.103183	0.040514	2.546868	0.0120
LNEN	1.138487	0.087042	13.07969	0.0000
Kısa Dönem Katsayıları				
ECM	-0.261697	0.127048	-2.059821	0.0414
D(LNKT)	-0.044836	0.016784	-2.671362	0.0085
D(LNTV)	-0.027247	0.044242	-0.615863	0.5391
D(LNKD)	0.007591	0.025793	0.294283	0.7690
D(LNEN)	0.634621	0.156183	4.063307	0.0001
@TREND	-0.003379	0.001638	-2.062540	0.0411

Model 2 için yapılan Panel ARDL analizi bulgularına göre, uzun dönemde Gübre Tüketimindeki % 1'lik artış anlamlı bir şekilde Toplam Sera Gazı Emisyonundaki yaklaşık % 0.20'lik artışa neden olurken ($p < 0,05$) tahıl verimindeki %1'lik artış ise %0.09'luk azalışa neden olmaktadır. Ancak katsayı anlamsızdır ($p > 0,05$). Diğer yandan Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Katma Değer %1'lik artış, Toplam Sera Gazı Emisyonundaki %0,103'lük artışa neden olmaktadır ($p < 0,05$). Toplam sera gazı emisyonunda en fazla artış birincil enerji tüketimindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Enerji tüketimindeki %1'lik artış, Toplam Sera Gazı Emisyonunda %1,14'lük artışa neden olmaktadır.

Hata düzeltme katsayısı ($ECM=-0,26$) negatif, birden küçük ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($p: 0.0414 < 0,05$). Kısa dönemde ortaya çıkan bir şok, yaklaşık 3,83 dönem ($1/0,261$) sonra ortadan kalkarak uzun dönem dengesine dönmektedir. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişki teyit edilmektedir.

Kısa dönem ilişkiler incelendiğinde olasılık değeri ($p < 0,05$)'den küçük olduğu için Gübre Tüketimindeki, Birincil Enerji Tüketimi istatistiksel olarak anlamlı ve aralarında kısa dönem ilişki söz konusudur. Tahıl Verimindeki olasılık değeri ($p > 0,05$) büyük olduğu için istatistiksel olarak anlamsız, aralarında kısa dönemli ilişki söz konusu değildir.



5. SONUÇ VE GENEL DEĞERLENDİRME

Artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyacının karşılanması için tarımsal üretimde modern teknolojilerin ve araçların kullanıldığı endüstriyel tarım yöntemlerinin çevre maliyetleri son zamanlarda araştırılmaya başlayan bir konudur. Bunun nedeni tarımsal verim artışı yaratan uygulamaların, çevre ve ekonomi ve halk sağlığı açısından ortaya çıkardığı maliyetin, tarımsal verim artışından daha fazla olmaya başladığı tartışmalarına yol açmıştır.

Çalışmamızdaki temel amaç, tarım sektörünün çevresel kirlenmeye olan etkileri üzerine çalışma yaparak, bu konuya dikkat çekmek ve çözüm önerileri sunarak literatüre katkı sağlamaktır. Endüstriyel tarım uygulamaları nedeniyle aşırı su kullanımı artarak su kaynaklarını tüketebilir, toprak erozyonuna yol açabilir, biyoçeşitliliği azalmasına neden olabilir ve pestisitler gibi kimyasalların kullanımı ile çevre ve insan sağlığı için risk oluşturabilir. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri çerçevesinde, çevresel etkileri olumsuz olan tüm faaliyetlerin ekolojik dengeye önem vermesi, özellikle insan hayatı için elzem olan gıdanın üretimini sağlayan tarım sektörünün sürdürülebilir olması çok önemlidir.

Standart kalkınma modellerinde ülkelerin sırasıyla tarım toplumlarından sanayi ve hizmet sektörüne geçiş süreçleri incelenir. Gelir seviyesindeki artışla birlikte ülkelerin tarımsal faaliyetlerinin ve istidamin payı nispi olarak azalır. Ancak günümüzde birçok gelişmiş ülkenin kalkınma süreçlerinde teknolojiye gelişmeleri tarıma aktardığı ve bu sayede elde edilen verimlilik artışı ile önemli miktarda tarımsal üretim yaptıkları bilinmektedir. Bu çalışmada da gelişmiş seçili sekiz ülkede (Avusturalya, Kanada, Almanya, İspanya, Fransa İtalya Hollanda ve ABD) uygulanan verimlilik artışına yönelik tarımsal uygulamaların, çevre üzerindeki etkisi tarımsal nitroz oksit emisyonu (bin metrik ton CO₂ eşdeğeri) ile toplam sera gazı emisyonları (kt CO₂ eşdeğeri) bağımlı değişkenleri kullanılarak iki farklı model ile araştırılmıştır.

Model 1’de kullanılan bağımlı değişken tarımsal nitroz oksit emisyonu (bin metrik ton CO₂ eşdeğeri) seçilmiş, bağımsız değişkenler olarak Gübre Tüketimi Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Katma Değer Tahıl Verimi kullanılmıştır. Gelişmiş ülke grubu için yapılan Panel ARDL analizi bulgularına göre, logaritması alınan değişkenler incelendiğinde uzun dönemde Gübre Tüketimindeki %1’lik artış anlamlı bir şekilde Tarımsal Nitroz Emisyonundayaklaşık %0.36’lık artışa neden olmaktadır ($p < 0,05$).

Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Katma Değer %1’lik artış Tarımsal Nitroz Emisyonunda anlamlı bir şekilde %0.08’lik artışa neden olmaktadır ($p<0,05$). Tahıl Verimindeki %1’lik bir artış, Tarımsal Nitroz Emisyonunda %0,73’lük artışa neden olmaktadır ($p<0,05$). Bu sonuçlar, küresel emisyon artışında tarım sektörünün önemli bir payı olduğu gerçeğini teyit etmektedir.

Model 2’de kullanılan bağımlı değişken toplam sera gazı emisyonları (kt CO₂ eşdeğeri) seçilmiş, bağımsız değişkenler olarak Gübre Tüketimi, Tahıl Verimi Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Katma Değer, Birincil Enerji Tüketimi seçilmiştir. Tahıl verimindeki artışın sera gazı üzerinde etkisi anlamlı bulunmazken en fazla etkiye sahip olan değişken birincil enerji tüketimidir. Birincil Enerji Tüketimindeki %1’lik artış, toplam sera gazı emisyonunda %1.14’lük artışa neden olmaktadır. Gerek gübre tüketimi gerekse enerji tüketimi sera gazı emisyonları üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahip olması, yenilenebilir enerji ve çevresel etkisi az olan fakat tarımsal verimliliği artıracak kimyasal olmayan gübre üretimi üzerine yapılacak yatırımlar, sürdürülebilir kalkınma açısından iyi bir politika tercihi olacaktır.

Gerek teorik açıklamalar gerekse ampirik analiz sonuçlarına göre, endüstriyel tarım uygulamaları ile çevre kirliliği arasında pozitif ilişki bulunmaktadır. Birleşmiş milletlerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından çevre kirliliğini azaltıcı uygulamalar çok önemlidir. Dolayısıyla artan dünya nüfusu karşısında gıda üretiminin artırılması ve iklim değişikliklerinin gıda arz güvenliği açısından olumsuz etkileri nedeniyle endüstriyel tarım uygulamaları oldukça önemlidir. Ancak ekolojik tarımsal uygulamaların tarımsal teknolojileriyle birlikte kullanılması yanında organik tarım ve hayvancılığın birlikte uygulanması, çevresel ve gıda arz güvenliğinin sürdürülebilirliği açısından önemli olduğu söylenebilir. Son zamanlarda Hassas Tarım ya da Tarım 4.0 uygulamaları ile üretimdeki iklim değişikliklerine bağlı verim kaybını ve yanlış girdi kullanımlarındaki ısrafın azaltılması, yenilenebilir enerjiye dayalı teknolojik yatırımlarla çevreye duyarlı teknolojilerin kullanılması, sürdürülebilirlik açısından öne çıkan konu başlıklarıdır. Bu alanlarda yatırımların ve desteklerin artırılması, Birleşmiş Milletlerin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri’ne ulaşılması açısından da değerli sonuçlar ortaya çıkaracaktır.

KAYNAKÇA

- Aguilera, E., Sanz-Cobena, A., Infante-Amate, J., García-Ruiz, R., Vila-Traver, J., Guzmán, G. I., ... & Lassaletta, L. (2021). Long-term trajectories of the C footprint of N fertilization in Mediterranean agriculture (Spain, 1860–2018). *Environmental Research Letters*, 16(8), 085010.
- Aksoy, A. & Atasagun, B. (2023). Arazi Kullanımı ve İklim Değişikliğinin Biyoçeşitlilik Kaybı Üzerine Etkisi, *Biyoçeşitlilik ve Ekosistemler* (içinde). Editörler: M. E. Aydın ve N. Sivri. TÜBA Yayınları. DOI: 10.53478/TUBA.978-625-8352-58-0
- Alevkayalı, Ç., Abi, B. (2023). Mekân Tabanlı Toprak Erozyonu Tahmin Modelleri: Bildiklerimiz Değişiyor Mu?, *Coğrafi Bilimler Dergisi/ Turkish Journal of Geographical Sciences*, 21 (2), 696-725, doi: 10.33688/aucbd.1265625
- Algan, F. T., & Bilen, S. (2011). Toprak Kirlenmesi ve Biyolojik Çevre. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1), 83-88.
- Altıkat, A., Turan, T., Torun, F. E., & Bingöl, Z. (2009). Türkiye’de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 87-92.
- Altınöz, B. (2022). The nexus among agriculture sector development and environmental degradation in emerging economies. *Etikonomi*, 21(2), 239-250.
- Anaç, H., & Çeliker, A. (2004). Türkiye’nin su potansiyeli. *TEAE-Bakış*, 7(5), 1-4.
- Ane, T. & Yasmin, S. (2019). Agriculture in the Fourth Industrial Revolution, *Annals of Bangladesh Agriculture* 23(2), DOI:10.3329/aba.v23i2.50060
- Araujo, S.O, Peres, R.S., Barata, J., Lidon, F. & Ramalho, J.C. (2021). Characterising the Agriculture 4.0 Landscape—Emerging Trends, Challenges and Opportunities, *Agronomy*, 11(4), 667.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11040667>
- Asumadu-Sarkodie, S., & Owusu, P. A. (2017). The causal nexus between carbon dioxide emissions and agricultural ecosystem—an econometric approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 1608-1618.

- Ataseven, Y., & Güneş, E. (2008). Türkiye’de işlenmiş organik tarım ürünleri üretimi ve ticaretindeki gelişmeler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 25-33.
- Aydoğdu, M. H., Karli, B., Yenigun, K., & Aydogdu, M. (2015). The farmers’ views and expectations to the Water User Associations; GAP–Harran plain sampling, Turkey. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 4(1), 33-41.
- Bal, H. (2019), Tarımdan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı Çerçevesinde OECD Ülkeleri İçin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Beaudoin, N., Saad, J. K., Van Laethem, C., Machet, J. M., Maucorps, J., & Mary, B. (2005). Nitrate leaching in intensive agriculture in Northern France: Effect of farming practices, soils and crop rotations. *Agriculture, ecosystems & environment*, 111(1-4), 292-310.
- Bonfiglio, A., Arzeni, A., & Bodini, A. (2017). Assessing eco-efficiency of arable farms in rural areas. *Agricultural systems*, 151, 114-125.
- Boyacı, S., Akyüz, A., & Kükürtcü, M. (2011). Büyükbaş hayvan barınaklarında gübrenin yarattığı çevre kirliliği ve çözüm olanakları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 49-55.
- Bryant, R. L., & Wilson, G. A. (1998). Rethinking environmental management. *Progress in Human Geography*, 22(3), 321-343.
- Can, A. V., & Kıymaz, M. (2016). Bilişim Teknolojilerinin Perakende Mağazacılık Sektörüne Yansımaları: Muhasebe Departmanlarında Endüstri 4.0 Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 107-117
- Carbonell, I. (2016). The Ethics Of Big Data in Big Agriculture. *Internet policy review*, 5(1).
- Çetin, M., Saygın, S., & Demir, H. (2020). Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 329-345.
- Da Silveira, F., Lermen, F.H.& Amaral, F.G. (2021). An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers,

- advantages, and disadvantages, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 189: 106405. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106405>
- De Lorenzo, V., Prather, K. L., Chen, G. Q., O'Day, E., von Kameke, C., Oyarzún, D. A., ... & Lee, S. Y. (2018). The power of synthetic biology for bioproduction, remediation and pollution control: the UN's Sustainable Development Goals will inevitably require the application of molecular biology and biotechnology on a global scale. *EMBO reports*, 19(4), e45658.
- Doğan, N. (2019). The impact of agriculture on CO2 emissions in China. *Panoeconomicus*, 66(2), 257-271.
- Doherty, S.P., Alexander, M.M., Henderson, S. *et al.* (2023). Tracking the British agricultural revolution through the isotopic analysis of dated parchment. *Sci Rep* 13 (1), 61. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26013-4>
- Duman, B.& Ozsoy, K. (2019). Endüstri 4.0 perspektifinde akıllı tarım (Smart Agriculture in Industry 4.0 Perspective), Conference: 4th International Congress on 3D Printing (additive manufacturing) technologies and digital industry (pp.540-555).
- Eştürk, Ö., Aydın, F. F., & Levent, C. (2023). Tarım ve sanayi sektörlerinin çevre kirliliği üzerindeki etkisi: seçilmiş OECD üyesi ülkelerde ekonometrik bir uygulama. *Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 109-116.
- Fabris, M., Abbriano, R. M., Pernice, M., Sutherland, D. L., Commault, A. S., Hall, C. C., ... & Ralph, P. J. (2020). Emerging Technologies in Algal Biotechnology: Toward the Establishment of a Sustainable, Algae-Based Bioeconomy. *Frontiers in plant science*, 11, 279. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00279>
- Garnier, J., Anglade, J., Benoit, M., Billen, G., Puech, T., Ramarson, A., ... & Tallec, G. (2016). Reconnecting crop and cattle farming to reduce nitrogen losses to river water of an intensive agricultural catchment (Seine basin, France): past, present and future. *Environmental Science & Policy*, 63, 76-90.
- Ghosh, S. (2018). Carbon dioxide emissions, energy consumption in agriculture: a causality analysis for India. *Arthaniti: Journal of Economic Theory and Practice*, 17(2), 183-207.

- Gonzalez-Sanchez, E. J., Veroz-Gonzalez, O., Blanco-Roldan, G. L., Marquez-Garcia, F., & Carbonell-Bojollo, R. (2015). A renewed view of conservation agriculture and its evolution over the last decade in Spain. *Soil and Tillage Research*, 146, 204-212.
- Grossel, A., Bourennane, H., Ayzac, A., Pasquier, C., & Hénault, C. (2021). Indirect emissions of nitrous oxide in a cropland watershed with contrasting hydrology in central France. *Science of the Total Environment*, 766, 142664.
- Gürsoy, Ö.B. & Çolak, E. (2022). Akıllı Tarım Literatürünün Toplumsal Cinsiyet Perspektifinden Türkiye Bağlamında Değerlendirilmesi, *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (AEÜSBED), Cilt 9, Sayı 1, 185-203
DOI: 10.31592/aeusbed.1212404
- Gyamfi, E.K., ElSayed, Z., Jess Kropczynski, J., Yakubu, M.A.&, Nelly Elsayed, N. (2024). Agricultural 4.0 Leveraging on Technological Solutions: Study for Smart Farming Sector, *arXiv preprint arXiv:2401.00814*.
- Haider, A., Rankaduwa, W., ul Husnain, M. I., & Shaheen, F. (2022). Nexus between agricultural land use, economic growth and N2O emissions in Canada: is there an environmental Kuznets curve?. *Sustainability*, 14(14), 8806.
- International Energy Agency- IEA (2015) World Energy Outlook Special Report Energy and Climate Change, Paris.
- Ismael, M., Srouji, F., & Boutabba, M. A. (2018). Agricultural technologies and carbon emissions: evidence from Jordanian economy. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 10867-10877.
- Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2017). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO2 emissions: Evidence for North Africa countries. *Ecological indicators*, 74, 295-301.
- John, S., & Arul Leena Rose, P. J. (2024). Smart Farming and Precision Agriculture and its Need in Today's World, In book: *Intelligent Robots and Drones for Precision Agriculture* (pp.19-44), DOI:10.1007/978-3-031-51195-0_2
- Hussain, C. M., & Kecili, R. (2019). *Modern environmental analysis techniques for pollutants*. Elsevier.
- Karaman, S. (2006). Hayvansal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm olanakları. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 133-139.

- Kılıç, R. (2023). Sanayi Devrimlerinin Serüveni: Endüstri 1.0'dan Endüstri 5.0'a, *Takvim-i Vekayi*, 11(2), 276-291.
- Konca, Y., & Uzun, O. (2012). Effect of animal waste on soil and environment/Hayvansal gübrelerin toprak ve çevre üzerine olan etkileri. In *4th Congress of Soil Scientists of Azerbaijan*, Bakü, 2(1).
- Koyuncu, M., & Akgün, H. (2018). Çiftlik hayvanları ve küresel iklim değişikliği arasındaki etkileşim. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 151-164.
- Kremen, C., Iles, A. & Bacon, C. (2012). Diversified farming systems: an agroecological, systems-based alternative to modern industrial agriculture. *Ecology and Society* 17(4): 44. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05103-170444>
- Kros, H., Cals, T., Gies, E., Groenendijk, P., Lesschen, J. P., Voogd, J. C., Hermans, T. & Velthof, G. (2024). Region oriented and integrated approach to reduce emissions of nutrients and greenhouse gases from agriculture in the Netherlands. *Science of the Total Environment*, 909, 168501.
- Liu, X., Zhang, S., & Bae, J. (2017). The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries. *Journal of cleaner production*, 164, 1239-1247.
- Liu, Y., X. Ma, X., Shu, L., G. P. Hancke, G.P. & Abu-Mahfouz, A.M. (2021). "From industry 4.0 to agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322-4334, doi: 10.1109/TII.2020.3003910.
- Liu, Z.& Li, J. (2023). Application of unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Agriculture*, 13(7), 1375; <https://doi.org/10.3390/agriculture13071375>
- Manyi-Loh, C., Mamphweli, S., Meyer, E.& Okoh, A. (2018). Antibiotic use in agriculture and its consequential resistance in environmental sources: potential public health implications. *Molecules*, 23(4): 795. doi: 10.3390/molecules23040795

- Marggraf, R. (2003). Comparative assessment of agri-environment programmes in federal states of Germany. *Agriculture, ecosystems & environment*, 98(1-3), 507-516.
- Martins, S.W. & Williamson, T. (1999). *Roots of change: farming and the landscape in East Anglia, c.1700–1870*, British Agricultural History Society.
- McLeod, M. (1983). “Architecture or revolution”: Taylorism, technocracy, and social change. *Art journal*, 43(2), 132-147.
- Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. (2013), Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif, *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği- Doğa Koruma Merkezi*, 8(9).
- Okumuş, İ. (2020). Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi, tarım ve CO2 emisyonu ilişkisi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(1), 21-34.
- Ortaş, İ. (2005). Bilim Tarihi İçinde Tarım Tarihinin Yeri Ve Önemi. *Üniversite ve Toplum*, 5(1), 18.
- Özercan, B., & Taşcı, R. (2022). Türkiye’de pestisit kullanımının iller, bölgeler ve pestisit grupları açısından incelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (375), 75-88.
- Page, B., & Walker, R. (1991). From settlement to Fordism: The agro-Industrial revolution in the American Midwest. *Economic Geography*, 67(4), 281-315.
- Pardey, P. G., Alston, J. M., Christian, J. E., & Fan, S. (1996). *Summary of a productive partnership: The benefits from US participation in the CGIAR*. (No. 18). International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Pellegrini, G., Ingrao, C., Camposeo, S., Tricase, C., Conto, F., & Huisinigh, D. (2016). Application of water footprint to olive growing systems in the Apulia region: a comparative assessment. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2407-2418.
- Ponisio, L.C.& Ehrlich, P.R. (2016). Diversification, yield and a new agricultural revolution: Problems and prospects. *Sustainability*, 8(11), 1118. <https://doi.org/10.3390/su8111118>
- Rafiq, S., Salim, R., & Apergis, N. (2015). Agriculture, Trade Openness and Emissions: an Empirical Analysis and Policy Options. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 60(3), 348-365.

- Rejeb, A., Abdollahi, A., Rejeb, K. & Treiblmaier, H. (2022). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and electronics in agriculture*, Volume 198, July 2022, 107017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>
- Rehman, A., Ozturk, I., & Zhang, D. (2019). The Causal Connection Between CO2 Emissions and Agricultural Productivity in Pakistan: Empirical Evidence From an Autoregressive Distributed Lag Bounds Testing Approach. *Applied Sciences*, 9(8), 1692.
- Ribaud, M., Delgado, J., Hansen, L., Livingston, M., Mosheim, R., & Williamson, J. (2011). Nitrogen in Agricultural Systems: Implications for Conservation Policy. *USDA-ERS Economic Research Report*, (127).
- Sadras, V., Calderini, D. & Connor, D. (2009). Chapter 1-Sustainable Agriculture and Crop Physiology, in *Crop Physiology*, 1-20. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374431-9.00001-3>
- Santiteerakul, S., Sopadang, A., Tipayawong, K.Y., & Tamvimol, K. (2020). The role of smart technology in sustainable agriculture: A case study of wangree plant factory. *Sustainability*, 12(11), 4640.
- Sezgin, S. (2018). Üçüncü Sanayi Devrimi: Yanal Güç, Enerjiyi, Ekonomiyi ve Dünyayı Nasıl Dönüştürüyor? *İs Ahlakı Dergisi*, 11(1), 129-134.
- Smith, B. L. (2001). The third industrial revolution: Policymaking for the Internet. *Colum. Sci. & Tech. L. Rev.*, 3, 1.
- Spielman, D. J., & Birner, R. (2008). *How innovative is your agriculture? Using innovation indicators and benchmarks to strengthen national agricultural innovation systems*. Washington, DC, USA: World Bank.
- Şahin, G. & Avcioğlu, A.O. (2016). Tarımsal Üretimde Sera Gazları ve Karbon Ayak İzi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(3), 157-162.
- Thompson, F.M.L. (1968). The Second agricultural revolution, 1815-1880, *The Economic History Review*, 21(1), 62-77. <https://doi.org/10.2307/2592204>
- Tıraş, H., (2024), Tarım İlaçlarının Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi: BRICS Ülkeleri Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(1), 130-139.
- Tiryaki, O., Canhilal, R., & Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26(2), 154-169.

- Topsakal, Y., Yüzbaşıoğlu, N., & Çuhadar, M. (2018). Endüstri devrimleri ve turizm: Türkiye turizm 4.0 SWOT analizi ve geçiş süreci önerileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı), 1623-1638.
- Türkseven, S., Kızmaz, M.Z., Tekin, A.B., Urkan, E. & Serim, A.T. (2016). Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(4), 267-271.
- Tzemi, D., & Mennig, P. (2022). Effect of agri-environment schemes (2007–2014) on groundwater quality; spatial analysis in Bavaria, Germany. *Journal of Rural Studies*, 91, 136-147.
- Vanbergen, A. J., Aizen, M. A., Cordeau, S., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P., Kovács-Hostyánszki, A., ... & Young, J. C. (2020). Transformation of agricultural landscapes in the Anthropocene: Nature's contributions to people, agriculture and food security. In *Advances in Ecological Research*, Vol. 63, 193-253. Academic Press.
- Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., & Chen, W. (2018). Forest, agriculture, renewable energy, and CO2 emission. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4231-4238.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International journal of production research*, 56(8), 2941-2962.
- Yıldız, N. (1996). Tarımsal Faaliyetlerin Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2). 324-333.
- Yiğit, S. (2014). İnovasyonun çevreci yüzü ve Türkiye. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 21(1), 251-265.

İnternet Kaynakları

- Ankara Ticaret Borsası (2021). Su Raporu. Erişim adresi: https://www.ankaratb.org.tr/lib_upload/Su%20raporu.pdf
- Australian Government. (2024). Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. Erişim adresi: <https://www.agriculture.gov.au/abares/products/insights/snapshot-of-australian-agriculture#global-interest-in-emissions-and-sustainability-is-growing>

- Banerjee, N., Dambale, A.& Upadhyay, H. (March 2024). Smart Farming Technologies for Sustainable Agriculture, Erişim adresi: <https://justagriculture.in/files/magazine/2024/march/002%20SMART%20FARMING%20TECHNOLOGIES.pdf>
- Carbon Positive Australia. (2024). Your Footprint. Australia's Trees. Our Future. Erişim adresi: <https://carbonpositiveaustralia.org.au/learn/about-carbon/the-carbon-cycle/>
- Cartwright, M. (2023). Agriculture in the British Industrial Revolution, Erişim adresi: <https://www.worldhistory.org/article/2191/agriculture-in-the-british-industrial-revolution/>.
- Climatewatch. (2024). Historical GHG Emissions. Erişim adresi: https://www.climatewatchdata.org/sectors/agriculture?contextBy=country&contextMapIndicator=total_fertilizers&country=ESP&indicatorYear=2019&meatCategory=Export#drivers-of-emissions
- FAO (2022), Agricultural production statistics 2000-2021. Erişim adresi: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/58971ed8-c831-4ee6-ab0a-e47ea66a7e6a/content>
- Ferranti, P. (2023). 1.16 - Food Production and Ecosystem Protection, in Sustainable Food Science - A Comprehensive Approach, 169-172. Erişim adresi: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/environmental-impact-of-agriculture>
- FOLIO3. (2024). Dünyanın En Büyük Tarım Şirketi. Erişim adresi: <https://dynamics.folio3.com/blog/top-agriculture-companies/>
- Getac, (4 Jun 2023). How Technology Supports Agriculture 4.0 and the Future of Farming, Erişim adresi: https://www.getac.com/intl/blog/future-of-farming/?utm_medium=paidsearch&utm_source=google&utm_campaign=701w0000023nWu&gad_source=5&gclid=EAIaIQobChMI6IvTo5eIhgMVjgCiAx170AF2EAAYBCAAEgJgBvD_BwE. ET: 12.05.2024
- Government of Canada. (2023). The official website of the Government of Canada Erişim adresi: <https://www.canada.ca/en.html>
- İDB. (2024). İklim Değişikliği Başkanlığı. Erişim adresi: <https://iklim.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-33>

- McFadden, J. Njuki, E. & Griffin, T. (2023). Precision Agriculture in the Digital Era:,Recent Adoption on U.S. Farms, EIB-248, USDA Economic Research Service. Erişim adresi: <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/105894/eib-248.pdf>
- Nazar, M. (2018). Beyşehir Gölü ve Beyşehir Gölü ile Tuz Gölü arasındaki sulama ve tahliye kanallarındaki su kalitesinin değişimi. Erişim adresi: <https://www.proquest.com/docview/2607290144?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Dissertations%20&%20Theses#>
- NRDC (2022). Industrial Agricultural Pollution 101, Erişim adresi: <https://www.nrdc.org/stories/industrial-agricultural-pollution-101#whatis>
- OECD (2023). Erişim adresi: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/b14de474-en.pdf?expires=1721911999&id=id&accname=guest&checksum=20032E96B7FB295AB021AC2718CC906A>
- Overton, M. (2011). Agricultural Revolution in England 1500 – 1850, Erişim adresi: https://www.bbc.co.uk/history/british/empire_seapower/agricultural_revolution_01.shtml
- Özmen, G. D. (9 Haziran 2022). Endüstri devrimleri ve buluşlar (1), Erişim adresi: <https://www.ekonomim.com/kose-yazisi/endustri-devrimleri-ve-buluslar-1/660312>
- Park, I. (2022). A Timeline of the Three Major Agricultural Revolutions in History, Population Education, Erişim adresi: <https://populationeducation.org/a-timeline-of-the-three-major-agricultural-revolutions-in-history/>
- Patel, R.&Kalyan, P. (2024). 5.4 The Second Agricultural Revolution, Erişim adresi: <https://library.fiveable.me/ap-hug/unit-5/second-agricultural-revolution/study-guide/2bRfEvWdw7hNhIDfwTOX>
- Ramsar Convention on Wetlands, (2021). Wetlands and agriculture: Impacts of farming practices and pathways to sustainability. Erişim adresi: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/bn13_agriculture_e.pdf
- Rivera, C. (2024). National Biobased Products Day: GreenTechnologies’ 25-Year Quest to Provide Eco-Friendly Alternatives to Chemical Fertilizers. Erişim

- adresi: <https://www.usda.gov/media/blog/2024/03/08/national-biobased-products-day-greentechnologies-25-year-quest-provide-eco>
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2022). Genel Tarım Sektörü. Erişim adresi: <https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Genel%20Tar%C4%B1m%20Sekt%C3%B6r%C3%BC%20Raporu.pdf>
- Tarfin. (2024). Tarımda Başarılı İlk On Ülke. Erişim adresi: <https://tarfin.com/blog/tarimda-basarili-10-ulke>
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024). Gübre Sektör Politika Belgesi 2018-2022. Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/G%C3%BCbre%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202018-2022.pdf>
- UNEP. (2020). 10 things you should know about industrial farming, Erişim adresi: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/10-things-you-should-know-about-industrial-farming>
- United states Department of Agriculture Foreign Agricultural Service (2023). German Organic Market Takes a Dip. Erişim adresi: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=German%20Organic%20Market%20Takes%20a%20Dip_Berlin_Germany_GM2023-0001.pdf
- URL1- National Geographic, Erişim adresi: <https://education.nationalgeographic.org/resource/development-agriculture/>
- URL10-The White International, Agriculture 4.0 Digital Transformation in Agriculture..., Erişim adresi: [https://thewhite.com.tr/en/blogdetail/16/agriculture-40-digital-transformation-in-agriculture%E2%80%A6#:~:text=Agriculture%204.0%20is%20specifically%20designed,working%20conditions%20of%20the%20operator.\)](https://thewhite.com.tr/en/blogdetail/16/agriculture-40-digital-transformation-in-agriculture%E2%80%A6#:~:text=Agriculture%204.0%20is%20specifically%20designed,working%20conditions%20of%20the%20operator.))
- URL2- National Geographic, Environmental Impacts of Agricultural Modifications Erişim adresi: <https://education.nationalgeographic.org/resource/environmental-impacts-agricultural-modifications/>

- URL11-College Sidekick, The Agricultural Revolution, Erişim adresi:
<https://www.collegesidekick.com/study-guides/boundless-worldhistory/the-agricultural-revolution>
- URL3-Britannica, Norfolk four-course system, Erişim adresi:
<https://www.britannica.com/topic/agricultural-revolution>.
- URL4-StudySmarter, Second Agricultural Revolution, Erişim adresi:
<https://www.studysmarter.co.uk/explanations/human-geography/agricultural-geography/second-agricultural-revolution/>
- URL5-The Human Journey, Erişim adresi: https://humanjourney.us/sustainability/the-big-ratchet/?gad_source=1).
- URL6-Vaia, Erişim adresi: <https://www.vaia.com/en-us/explanations/human-geography/agricultural-geography/second-agricultural-revolution/>
- URL7-Medium, The main differences between Industrial Revolution 3.0 and Industrial Revolution 4.0 are as follows:, Erişim adresi:
<https://medium.com/@soluleveriiotindustry4.0/the-main-differences-between-industrial-revolution-3-0-5ea805b76ab>)
- URL8-Türkiye'nin endüstri 4.0 Platformu, Endüstri 4.0'la Birlikte Gelen Akıllı Tarım, Erişim adresi: <https://www.endustri40.com/endustri-4-0la-birlikte-gelen-akilli-tarim/>
- URL9-McCORMICK, Agriculture 4.0 technologies and data management, Erişim adresi:
<https://www.mccormick.it/as/agriculture-4-0-what-is-it-and-what-are-its-tools-and-benefits/>):
- World Bank. (2024). The World Bank Data. Erişim adresi:
<https://data.worldbank.org/indicator>
- Zech. (2019). Ekolojik Tarımı Teşvik. Erişim adresi:
<https://www.deutschland.de/tr/topic/cevre/almanyadin-ekolojik-tarimi-tesvike-donuk-calismalari>

7. EKLER

EK-1: Orijinallik Raporu

ENDÜSTRİYEL TARIM UYGULAMALARI VE ÇEVRE KİRLİLİĞİ: SEKİZ GELİŞMİŞ ÜLKE ÖRNEĞİ

Yazar Oğuzcan Şahin

Gönderim Tarihi: 24-Tem-2024 04:16PM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 2421785427

Dosya adı: Og_uzcan_S_AHI_N_24_07_2024_INT_HAL.docx (1.08M)

Kelime sayısı: 18916

Karakter sayısı: 133556

ENDÜSTRİYEL TARIM UYGULAMALARI VE ÇEVRE KİRLİLİĞİ: SEKİZ GELİŞMİŞ ÜLKE ÖRNEĞİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 16	% 16	% 5	%
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	dergipark.org.tr	%5
	İnternet Kaynağı	
2	www.hortiturkey.com	%2
	İnternet Kaynağı	
3	www.deutschland.de	%1
	İnternet Kaynağı	
4	acikbilim.yok.gov.tr	%1
	İnternet Kaynağı	
5	dergipark.gov.tr	%1
	İnternet Kaynağı	
6	birimler.atauni.edu.tr	<%1
	İnternet Kaynağı	
7	hukukbook.com	<%1
	İnternet Kaynağı	
8	www.ispeco.org	<%1
	İnternet Kaynağı	
9	dspace.baskent.edu.tr	<%1
	İnternet Kaynağı	

10	www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
11	9lib.net İnternet Kaynağı	<% 1
12	openaccess.ogu.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
13	www.icoaef.com İnternet Kaynağı	<% 1
14	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<% 1
15	openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
16	www.sutas.com.tr İnternet Kaynağı	<% 1
17	adudspace.adu.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
18	www.acarindex.com İnternet Kaynağı	<% 1
19	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	<% 1
20	acikerisim.uludag.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
21	acikerisim.akdeniz.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1

- | | | |
|----|---|------|
| 22 | Canki, Aynur. "Finansal Performans Ölçümünde Sermaye Yapısının Etkisinin Değerlendirilmesi: Borsa İstanbul'da bir Uygulama", Dokuz Eylul Universitesi (Turkey), 2024
Yayın | <% 1 |
| 23 | avesis.hakkari.edu.tr
İnternet Kaynağı | <% 1 |
| 24 | doi.org
İnternet Kaynağı | <% 1 |
| 25 | Tümerdem Gençay, Meltem. "Bankacılık Sektöründe Risk Yüklenim Kanalinın Makroekonomik ve Bankacılığa Özgü Belirleyicileri: Seçili Ülkeler Üzerine Bir Değerlendirme", Marmara Universitesi (Turkey), 2023
Yayın | <% 1 |
| 26 | www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080
İnternet Kaynağı | <% 1 |
| 27 | Yongming Huang, Muhammed Ashiq Villanthenkodath, Mohammad Haseeb. " The nexus between eco-friendly technology and environmental degradation in India: Does the N or inverted N-shapeload capacity curve() hypothesis hold? ", Natural Resources Forum, 2023
Yayın | <% 1 |

28	etheses.whiterose.ac.uk İnternet Kaynağı	<% 1
29	t24.com.tr İnternet Kaynağı	<% 1
30	Çeltikli, Banu. "Sürdürülebilir Kalkınma Perspektifinden Tarımda Inovasyon", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2024 Yayın	<% 1
31	Anıl Çiçek. "Blockchain entegrasyonu ile kara para aklama ve terörün finansmanın engellenmesinin Türkiye üzerindeki sosyo ve makro ekonomik etkileri", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2024 Yayın	<% 1
32	Ndzembanteh, Aboubakary Nulambéh. "The Role of Financial Development, Human Capital, and Economic Growth on Environmental Sustainability: An Empirical Analysis of Cameroon", Bursa Uludag University Yayın	<% 1
33	abakus.inonu.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
34	arastirma.tarimorman.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
35	archive.org İnternet Kaynağı	

		<% 1
36	mpira.ub.uni-muenchen.de İnternet Kaynağı	<% 1
37	betulfidancilik-meyvecilik.blogspot.com İnternet Kaynağı	<% 1
38	www.pagev.org İnternet Kaynağı	<% 1
39	www.hgm.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
40	Akman, Ayse Seha. "Dogrudan Yabancı Yatırımların Türkiye’Nin İhracat Performansı üzerindeki Etkisi", Bursa Uludag University (Turkey), 2021 Yayın	<% 1
41	Gürkan, Çağlar. "Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm teknolojileri ile desteklenen akıllı fabrika yönetim ve bilişim sisteminin geliştirilmesi", İzmir Katip Celebi University (Turkey), 2024 Yayın	<% 1
42	KORKMAZ, Kürşat. "Küresel ısınma ve tarımsal uygulamalara etkisi", Alatarım Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, 2007. Yayın	<% 1

43	Sapankaya, Fatma Yapici. "Küresel İklim Değişikliğiyle Mücadelede Sübvansiyon Politikaları: Türkiye Enerji Sektörü Üzerine bir İnceleme", Dokuz Eylul Üniversitesi (Turkey), 2024 Yayın	<% 1
44	ade5c1ec-11c6-4961-9cc9-94f73a1acdd5.filesusr.com İnternet Kaynağı	<% 1
45	ageconsearch.umn.edu İnternet Kaynağı	<% 1
46	doczz.es İnternet Kaynağı	<% 1
47	earsiv.anadolu.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
48	hdl.handle.net İnternet Kaynağı	<% 1
49	patents.google.com İnternet Kaynağı	<% 1
50	renku.unifr.ch İnternet Kaynağı	<% 1
51	web.shgm.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
52	www.kanunum.com İnternet Kaynağı	<% 1

53	www.scribd.com İnternet Kaynağı	<% 1
54	Cevik, Emre. "Dogrusal Olmayan Panel Veri Modellerinin Makroekonomik Degiskenlerde Kullanimi.", Marmara Universitesi (Turkey), 2021 Yayın	<% 1
55	Kilincarslan, Tuba Bora. "İsLetmelerin Sosyal Sorumluluklari Baglaminda Sera Gazi Beyanlarinin Raporlanmasi ve Guvence Denetimi: Turkiye'deki Farkindaligin Arastirilmesi", Bursa Uludag University (Turkey), 2021 Yayın	<% 1
56	bozok.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
57	cgtytyfn.blogspot.com İnternet Kaynağı	<% 1
58	iklim.tarimorman.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
59	koopkur.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
60	msu.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
61	www.arkitera.com İnternet Kaynağı	<% 1

62	www.icomir.org İnternet Kaynağı	<% 1
63	www.renaremark.se İnternet Kaynağı	<% 1
64	AKALIN, Mehmet. "İklim değışikliğinin tarım üzerindeki etkileri: Bu etkileri gidermeye yönelik uyum ve azaltım stratejileri", Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2014. Yayın	<% 1
65	KARAMAN, Sedat. "Tokat yöresinde hayvan barınaklarından kaynaklanan çevre kirliliği ve çözüm olanakları", TUBITAK, 2005. Yayın	<% 1
66	Tekin, Hatice Armutcuoğlu. "Finansal Gelişme ve Ekonomik Performans İlişkisinin Analizi", Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey), 2024 Yayın	<% 1

Alıntılarını çıkart Kapat
Bibliyografyayı Çıkart Kapat

Eşleşmeleri çıkar Kapat