



T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİMDALI

YENİLENEBİLİR ENERJİYE YAPILAN İNOVATİF
YATIRIMLARIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİSİ: AB
ÜLKELERİNDEN KANITLAR

Doktora Tezi

Tuba KÜSMEZ

Danışman
Doç. Dr. Serap ÇOBAN

NEVŞEHİR
Ocak, 2022

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Tezi Hazırlayan

Tuba KÜSMEZ

TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK

“Yenilenebilir Enerjiye Yapılan İnovatif Yatırımların İklim Değişikliğine Etkisi: AB Ülkelerinden Kanıtlar” adlı Doktora tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu’na uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Tuba KÜSMEZ

Danışman

Doç. Dr. Serap ÇOBAN

İktisat Ana Bilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Serdar ÖZTÜRK

KABUL VE ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Serap ÇOBAN danışmanlığında Tuba KÜSMEZ tarafından hazırlanan “Yenilenebilir Enerjiye Yapılan İnovatif Yatırımların İklim Değişikliğine Etkisi: AB Ülkelerinden Kanıtlar ” adlı bu Çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Ana Bilim Dalında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

..... / /

(Tez savunma tarihi)

JÜRİ

İMZA

Danışman:

Üye :

Üye:

Üye :

Üye :

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun / / tarih ve sayılı Kararı ile onaylanmıştır.

..... / /

.....

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimime başladığım ilk günden bugüne kadar yanımda olan, manevi desteğini her zaman hissettiğim, tezimde bilgi birikimi ve önerileriyle yol gösteren değerli danışmanım Doç. Dr. Serap Çoban'a sabır ve emeklerinden dolayı çok teşekkür ederim. Tez çalışmamda tezin şekillenmesinde önemli katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Faik Bilgili'ye ve Doç. Dr. Mert Topcu'ya teşekkür etmek isterim. Üniversiteye başladığım ilk günden bugüne kadar neşesi ve enerjisiyle hayatımıza renk katan, bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren hocam Prof. Dr. Y. Koray Duman'a, tanıdığım ilk günden beri beni destekleriyle daima motive eden hocam Dr. Öğr. Üyesi Aysun Özen'e ve tez çalışmamı inceleyip önerileriyle yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Anıl Bölükoğlu'na teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmamı titizlikle okuyan, samimiyetiyle beni her daim destekleyip yol gösteren ablam Doç. Dr. Filiz Meltem Erdem Uçar'a teşekkür ederim.

Bu uzun yolda her zaman yanımda olan, beni destekleyen, tezimde benim kadar emeği olan sevgili eşim Halil Kúsmez'e teşekkür ederim. Bu süreçte yanımda olan aileme ve sürekli motive eden arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Tuba KÜSMEZ

Ocak, 2022

YENİLENEBİLİR ENERJİYE YAPILAN İNOVATİF YATIRIMLARIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİSİ: AB ÜLKELERİNDEN KANITLAR

Tuba KÜSMEZ

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

İktisat Ana Bilim Dalı, Doktora, Ocak 2022

Danışman: Doç. Dr. Serap ÇOBAN

ÖZET

Son yıllarda, çevre kirliliği, sera gazı emisyonlarındaki büyük artışlar nedeniyle en büyük küresel sorunlardan biri haline gelmiştir. Bu nedenle, emisyon azaltımını gerçekleştirmek için sera gazı emisyonlarındaki değişiklikleri etkileyen enerji tüketimi ile ilgili faktörlerin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada da AB üye ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yapılan Ar-Ge yatırımların iklim değişikliği ilişkisine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla AB üye ülkeleri üzerinde 1990-2018 yıl aralığında panel veri analizi yapılmıştır. Bu bağlamda yatay kesit bağımlılığı ve heterojenliği dikkate alan “Genişletilmiş Ortalama Grup (AMG)” tahmincisi kullanılmıştır. Uzun dönemli katsayı tahminlerinden elde edilen bulgular, AB üye ülkelerinde kişi başı toplam enerji teknolojileri Ar-Ge bütçelerinin ve kişi başına yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçelerinin negatif etkilediğini göstermektedir. Genel olarak elde edilen sonuçlar AB üyesi ülkelerdeki Ar-Ge bütçelerinin GHG emisyonlarını negatif etkilediği ve çevresel yıkımı azaltma potansiyeline sahip olduğuna dair net kanıtlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, iklim değişikliği, Ar-Ge bütçesi, panel veri analizi.

**IMPACT OF INNOVATIVE INVESTMENTS IN RENEWABLE ENERGY
ON CLIMATE CHANGE: EVIDENCE FROM EU COUNTRIES**

Tuba KÜSMEZ

Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Institute of Social Sciences

Department of Economics, Ph.D., January, 2022

Supervisor: Doç. Dr. Serap ÇOBAN

ABSTRACT

Recently, environmental pollution has become one of the biggest global problems due to the huge increases in greenhouse gas emissions. Hence, to achieve the emission reduction, it is necessary to analyze the energy consumption-related factors affecting the changes in greenhouse gas emissions. This study attempts to examine the effect of renewable-energy-based R&D investments in EU member states on climate change. In this context, the study employs the “Augmented Mean Group (AMG)” estimator, which takes into account cross-sectional dependence and heterogeneity and performs panel data analysis on the EU member countries between 1990 and 2018. Results from the long-term coefficient estimates show that the total R&D budgets of energy technologies per capita and the R&D budgets of renewable energy sources per capita negatively affect the EU member states. Overall, the results provide clear evidence that R&D budgets in EU member states negatively impact GHG emissions and have the potential to reduce environmental degradation.

Keywords: Renewable energy, climate change, R&D budget, panel data analysis.

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
TEZ YAZIM KLAVUZUNA UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KISALTMALAR	xi
TABLOLAR LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Atmosfer, İklim Sistemi, Sera Gazları ve Sera Etkisi	4
1.2. İklim Değişikliği Kavramı, Nedenleri ve Sonuçları.....	8
1.3. Enerji Kaynakları ve Kullanım Alanları.....	11
1.3.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	12
1.3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	13
1.3.2.1. Jeotermal Enerji	14
1.3.2.2. Biyokütle (<i>Biomass</i>) Enerjisi	15
1.3.2.3. Rüzgâr Enerjisi.....	16
1.3.2.4. Güneş Enerjisi	17
1.3.2.5. Hidroelektrik Enerjisi.....	18

İKİNCİ BÖLÜM

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE İLGİLİ YAPILAN ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR

2.1. Geçmişten Günümüze İklim Değişikliği ile İlgili Yapılan Uluslararası Müzakereler.....	19
---	----

2.2.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi	23
2.2.2. Kyoto Protokolü.....	24
2.2.3. Paris İklim Anlaşması.....	26
2.2.4. Viyana Sözleşmesi.....	26
2.2.5. Montreal Protokolü	27
2.2.6. Avrupa Yeşil Anlaşması	28

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AB ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİYE YAPILAN YATIRIMLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ

3.1. AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Sektörünün Genel Görünümü	32
3.2. AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yapılan Yatırımlar ve Çevresel Etkileri	35
3.3. AB Ülkelerinde İklim Değişikliğinin Etkileri	36

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

AB ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİYE YAPILAN YATIRIMLARIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİSİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ

4.1. Literatür İncelemesi.....	57
4.1.1. İklim Değişikliği ile Enerji Sektörü Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar	57
4.1.2. İklim Değişikliği, Enerji Tüketimi ve Enerji Teknolojik İnovasyonu İnceleyen Çalışmalar.....	61
4.2. AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerjiye Yapılan Yatırımların İklim Değişikliğine Etkisinin Ekonometrik Analizi	71
4.2.1. Model, Veri Seti ve Değişkenlerin Tanımlanması.....	73
4.2.2. Araştırmanın Metodolojisi	75
4.2.2.1. Delta Homojenlik Testi	77
4.2.2.2. Birimler Arası Korelasyon Testi	79
4.2.2.3. Panel Birim Kök Testleri	80
4.2.2.4. Eşbütünleşme Analizi.....	84
4.2.2.5. Uzun Dönemli İlişkilerin Tahmini: Panel Hata Düzeltme Modeli	85
4.2.3. Ampirik Bulguların Değerlendirilmesi ve Çıkarımlar.....	92

SONUÇ.....	102
KAYNAKÇA	106
ÖZGEÇMİŞ.....	120



KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AMG	Genişletilmiş Ortalama Grup Tahmincisi
ARDL	Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Yöntemi
AR-GE	Araştırma ve Geliştirme
BM	Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CADF	Yatay Kesit Genişletilmiş Dickey Fuller Panel Birim Kök Testi
CCE	Ortak Korelasyonlu Etkiler
CCEMG	Ortak Korelasyonlu Etkiler Ortalama Grup Tahmincisi
CH4	Metan
CIPS	Yatay Kesit Genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin Panel Birim Kök Testi
CO2	Karbondioksit
CSP	Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi
DMÖ-WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
EEA	Avrupa Enerji Ajansı
EKC	Çevresel Kuznet Eğrisi
ETS	Emisyon Ticaret Sistemi
FOSC	Fosil Yakıtların Tüketimi
GDP	Kişi Başına GSYİH
GHG	Sera Gazı
GMM	Genelleştirilmiş Moment Yöntemi
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IKIA	Bütünsel Bilgi ve İnovasyon Gündemi
IPCC	Uluslararası Arası İklim Değişikliği Paneli
IRENA	International Renewable Energy Agency
MTCO2	Milyon Ton CO2 Eşdeğeri
N2O	Azot
NECP	Ulusal Enerji ve İklim Planı

OECD	Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü
RD&D	Araştırma, Geliştirme ve Gösterim
RERD	Yenilenebilir Enerji RD&D Ülke Bütçesi
SHC	Güneş Enerjisiyle Isıtma/Soğutma
SKD	Sınırdaki Karbon Düzenlemesi
TFC	Toplam Nihai Tüketim
TOTRD	Toplam Enerji Teknolojisi RD&D Bütçesi
TPES	Toplam Birincil Enerji Arzı
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı



TABLolar LİSTESİ

- Tablo 1.1.** Sera Gazlarının Emisyon Kaynakları
- Tablo 1.2.** AB Ülkelerinde Sektöre Göre GHG Emisyonları (1990-2017)
- Tablo 2.1.** Geçmişten Günümüze İklim Değişikliği Üzerine Yapılan Müzakere Kronolojisi
- Tablo 2.2.** Kyoto Protokolü EK-B Yer Alan Taraf Ülkeler
- Tablo 3.1.** AB’de Yenilenebilir Enerji İçin Zaman Çizelgesi
- Tablo 3.2.** 2018 yılı Avusturya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler
- Tablo 3.3.** Avusturya’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler
- Tablo 3.4.** Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2018
- Tablo 3.5.** 2016 yılı Danimarka’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler
- Tablo 3.6.** Danimarka’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler
- Tablo 3.7.** Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2017
- Tablo 3.8.** Finlandiya’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler
- Tablo 3.9.** Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2018
- Tablo 3.10.** 2019 yılı Fransa’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler
- Tablo 3.11.** Fransa’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler
- Tablo 3.12.** Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2019
- Tablo 3.13.** 2018 yılı Almanya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler
- Tablo 3.14.** Almanya’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler
- Tablo 3.15.** Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2019
- Tablo 3.16.** İtalya’da yenilenebilir enerji, iklim değişikliği ve Ar-Ge ilgili sayısal değerler
- Tablo 3.17.** 2018 yılı Hollanda’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler
- Tablo 3.18.** Hollanda’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler
- Tablo 3.19.** Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2018
- Tablo 3.20.** 2019 yılı İspanya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler

- Tablo 3.21.** İspanya’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler
- Tablo 3.22.** Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2018
- Tablo 3.24.** İsveç’te İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler
- Tablo 3.25.** Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2017
- Tablo 4.1.** AB Ülkelerinde İklim Değişikliği, Enerji Tüketimi ve Enerji Teknolojik İnovasyonu İnceleyen Çalışmaların Listesi
- Tablo 4.2.** Analizlerde Kullanılacak Değişkenlerin Tanımlanması
- Tablo 4.3.** Delta Homojenlik Testi Sonuçları
- Tablo 4.4.** Birimler Arası Korelasyon Testi Sonuçları
- Tablo 4.6.** CADF Birim Kök Test Sonuçları (Birinci Farklar $I(1)$)
- Tablo 4.7.** Westerlund ECM Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları
- Tablo 4.8.** AMG Testi Sonuçları
- Tablo 4.9.** AMG Artık (Residual) Birimler Arası Korelasyon Testi Sonuçları
- Tablo 4.10.** AMG Artık (Residual) Birim Kök Testi Sonuçları
- Tablo 4.11.** AMG Testi Ülke Bazında Sonuçlar

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.1.** Sera Etkisi Diyagramı
- Şekil 1.2.** Enerji Kaynakları Diyagramı
- Şekil 3.1.** 2019 Yılı AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Enerjinin Payı
- Şekil 4.1.** Araştırmanın Çerçevesi
- Şekil 4.2.** Değişkenlerin İklim Değişkenine Etkisi



GRAFİKLER LİSTESİ

- Grafik 1.1.** AB Ülkelerinde Sektöre Göre GHG Emisyonları (1990-2017)
- Grafik 1.2.** Dünya ve AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi
- Grafik 4.1.** AB-27 Ülkelerinde GHG Emisyonlarının Tarihsel Eğilimleri



GİRİŞ

Dünya, tarih boyunca iklim koşullarında birçok değişimler geçirmiştir. Bu değişimlerin çoğu yüzlerce yıllık dönemlerde yaşanmıştır. Yaşanan değişimlerin bazıları Güneş'in faaliyetlerindeki dalgalanmalar, volkanik olaylar, Dünya'nın yörünge hareketleri gibi doğal olaylar tarafından tetiklenmiştir. Ancak 1860'lı yıllara gelindiğinde Sanayi Devrimi'yle birlikte insanların kıt kaynakları sınırsız olan ihtiyaçları doğrultusunda kullanmak istemeleri, sanayileşme, nüfus artışı, kentleşmenin artması, yanlış arazi kullanımı, ormansızlaşma gibi nedenlerle iklim değişikliği üzerinde insanoğlunun etkisinin arttığı görülmüştür. Doğal iklim değişimi, yerini Sanayi Devrimi'yle ortaya çıkan ve etkisini 20. yüzyıldan itibaren arttıran küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğine bırakmıştır. İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere yayılan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azot (N₂O) gibi sera gazlarının artması, atmosferin ve yeryüzünün ısınması küresel ısınmaya neden olmaktadır. Küresel ısınmayla birlikte ortaya çıkan yağış, kuraklık, nem gibi hava olaylarının değişmesiyle günümüzde sıklıkla karşımıza çıkan küresel iklim değişikliği kavramı ortaya çıkmaktadır (Demir, 2009).

Son yıllarda, politika yapıcıların uluslararası bağlayıcılığı olan küresel iklim hedefleri üzerinde anlaşmaya varmak için büyük çabaları olmuştur. Bu nedenle iklim değişikliği üzerine birçok müzakereler yaşanmıştır. BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini (BMİDÇS) imzalayan devletler, küresel ortalama sıcaklık artışını 2° C'nin çok altında tutma hedefi üzerinde anlaşmış ve sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyesi 1,5° C'nin altında tutmayı hedeflemektedir. Küresel iklim hedeflerine ulaşmak için, yalnızca politika yapıcılar ve şirketler tarafından değil, bireysel olarak da büyük çabalar göstermek gerekmektedir. Küresel iklim değişikliğinin

yavaşlatılmasında toplumun rolünün önemi olduğu Paris İklim Anlaşmasında açıkça ifade edilmiştir.

İnovasyon çevre politikasının önemli bir parçasıdır. Düzenleyici yaptırımlar, firmaları çevresel performansı iyileştirmek için yeni ve daha iyi yollar geliştirmeye teşvik etmektedir. Karbon vergilerinden gelen fonların bir kısmını enerji araştırma ve geliştirmeye (Ar-Ge) ayırmak gibi, teknolojik değişimi teşvik etmek genellikle çevre politikasının bir hedefini oluşturmaktadır (Popp, 2019). Yenilenebilir enerji kaynaklarına (rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle) yatırım, kamusal çevresel hedeflerin gerçekleştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunabilmektedir. Hızlı ekonomik gelişme ve teknolojik ilerlemeyle birlikte gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerjiye olan talep artmıştır. Enerji tüketimi, ekonomik büyümeye yol açabilse de çevresel bozulmanın başlıca nedeni olmaktadır. Son yıllarda, çevre kirliliği, sera gazı (GHG) emisyonlarındaki büyük artışlar nedeniyle en büyük küresel sorunlardan biri haline gelmiştir. Sanayinin gelişmesiyle birlikte GHG emisyonları artmıştır. Bu nedenle, emisyon azaltımını gerçekleştirmek için GHG emisyonlarındaki değişiklikleri etkileyen enerji tüketimi ile ilgili faktörlerin araştırılması gerekmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), yenilenebilir enerjinin küresel enerji talebinin en hızlı büyüyen bileşeni olacağını öngörmektedir. Ayrıca, çevreci yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji sisteminde dağıtımına olan ilgiyi artırmıştır çünkü yenilenebilir enerji, iklim değişikliği sorunlarına potansiyel bir çözüm olarak hizmet edebilecek karbonsuz bir enerji kaynağıdır. Teknolojik yenilik, enerji verimliliğini artırmada önemli olduğu için, GHG emisyonlarının belirleyicilerini araştırırken dikkat çeken bir faktördür. Yüksek teknoloji, ekonominin daha düşük düzeyde enerji tüketen bir çıktı düzeyi üretmesini sağlamaktadır. Ayrıca, teknolojik yenilik, enerji taleplerini karşılamak ve enerji tüketim yapısını değiştirmek için yenilenebilir enerjinin daha hızlı benimsenmesine yol açabilir (Chen ve Lei, 2018). Önceki araştırmacılar, enerji tüketimi, CO2 emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi kapsamlı bir şekilde analiz etmiş olsalar da teknolojik yeniliğin çevre-enerji-büyüme bağlantısına etkisi çalışmalara yeterince dâhil edilmemiştir. Bu nedenle çalışmada Avrupa Birliği (AB) üye ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan Ar-Ge bütçelerinin iklim değişikliği ilişkisine etkisini inceleyerek, gerçekleştirilecek inovasyonların

emisyolların azaltımına nasıl katkıda bulunduđu deęerlendirilerek literatüre katkı saęlayacađı dūřunūlmektedir. Ayrıca ampirik analizde hem heterojenlięi hem de yatay kesit baęımlılıęını dikkate alan etkin ve gūncel bir tahmin yōnemi olan Geniřletilmiř Ortalama Grup (AMG) Tahmincisi kullanılması yōnūyle de literatüre katkı saęlayacaktır.

Sūrdūrūlebilir bir enerji politikası için iklim deęiřiklięi ile mūcadele AB'nin enerji politikalarını oluřturmaktadır. 23-24 Ekim 2014 tarihinde gerçekleřtirilen AB Konseyi toplantısında "2030 yılına yōnelik iklim ve enerji politikalarının erevesi" kabul edilmiřtir. Bu çerçeveye gōre AB'nin GHG emisyonlarını 2030 yılına kadar %40 oranında azaltması, enerji verimlilięin %27 oranında artırılması ve yenilenebilir enerjinin toplam enerji tūketimindeki payının %27 oranında yūkseltilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçlar gōz nūne alınarak verilerine ulařılabilen AB ūlkeleri ūzerinde 1990-2018 yılları aralıęında analiz yapılacaktır. Bu alıřmanın, AB ūye ūlkeleri örneęini daha geniř bir gōsterge (GHG emisyonları) ile Ar-Ge būtelerinin kullanılarak iklim deęiřiklięi iliřkisinin incelenmesiyle literatūrde belirlenen bořluęu kapatacađı dūřunūlmektedir. Bu noktadan hareketle, bu tez çalıřmasında ne sūrūlen hipotez "Yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge būteleri iklim deęiřiklięi ūzerinde etkilidir" řeklinde oluřturulmuřtur.

Çalıřmanın ilk bōlūmūnde iklim deęiřiklięi hakkında ilgili kavramsal çerçeveye deęinilecektir. İkinci bōlūmde geçmiřten gūnūmūze kadar iklim deęiřiklięi ūzerine yapılan uluslararası mūzakereler ve konferanslardan bahsedilecektir. Ūūncū bōlūmde AB ūlkelerinde yenilenebilir enerji kaynakları ve bu kaynakların iklim deęiřiklięine etkileri hakkında bilgi verilecektir. Çalıřmanın son bōlūmūnde ise ilgili literatūr verilerek seçili AB ūlkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak inovatif yatırımların iklim deęiřiklięi ūzerine etkilerinin tespiti için panel veri analizi yapılacaktır. Teoriye ve literatūre uygun olarak iklim deęiřiklięinin gōstergesi olan GHG emisyonları (GHG) ile kiři bařına GSYİH'nın (GDP), fosil yakıtların tūketimi (FOSC), Yenilenebilir Enerji RD&D Ūlke Būtesi (RERD), Toplam Enerji Teknolojileri RD&D būtesi (TOTRD) deęiřkenleriyle birlikte 2 farklı model kurulacak ve yorumlanacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE

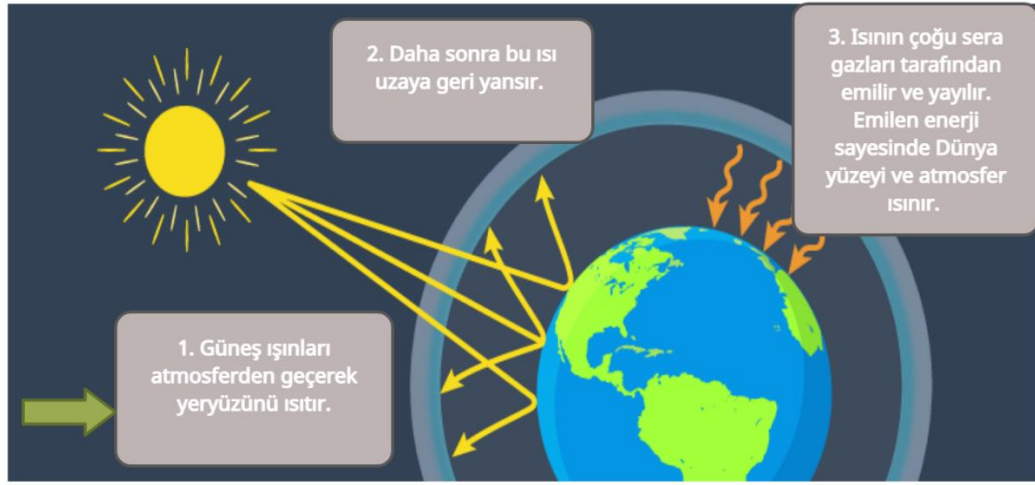
1.1. Atmosfer, İklim Sistemi, Sera Gazları ve Sera Etkisi

İnsanlar gereksinimlerini karşılamak için üretim yapmaktadırlar. Bu üretim faaliyetlerinin karşılanması çevresel değişimleri ortaya çıkarmaktadır. Üretimden vazgeçemeyecek olan insanoğlu, çevresel etkileri minimuma indirecek çevre dostu yatırımlarla bu üretimleri gerçekleştirmelidir. Üretim faaliyetlerinden atmosfer doğrudan etkilenmektedir. Sanayi devriminden önce var olan üreten toplumlar, belirli bir sınır altında olan kirletici emisyonları atmosfere bırakmaktaydı. Fakat bölgesel olan kirlilik, sanayileşmenin artmasıyla etkisini küresel boyutlarda göstermeye başlamıştır. Sera gazlarının artmasıyla birlikte atmosferin ısınma eğilimi içinde olduğu bilinmektedir. Geçmiş zamanlardaki iklim sistemi değerlendirildiğinde iklim değişikliklerinin kaynaklarının doğal olaylardan (volkanizma, orman yangınları, rüzgârların atmosfere taşıdığı tozlar, güneş enerjisinde değişimler gibi) kaynaklandığı görülürken günümüzde insan faktörünün iklim değişiklikleri üzerindeki etkisinin arttığı görülmektedir.

İklim atmosferde gözlemlenen yağışlar, rüzgâr, sıcaklık, basınç vb. meteorolojik parametrelerin ortalamaları ve etkileri olarak tanımlanmaktadır. Dünya'nın varoluşundan günümüze kadarki durumu incelendiğinde Dünya ikliminin binlerce yıllık farklı döngülere sahip olduğu bilinmektedir. Bu döngüler, iklim üzerinde yaşanan ısınma ve soğuma dönemleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünya yüzeyini ısıtan sera etkisi, doğal bir süreçtir. Güneş'in enerjisi atmosfere ulaştığında bir kısmı uzaya geri yansıtılmakta, geri kalanı ise sera gazları tarafından emilmekte ve yeniden yayılmaktadır. Emilen enerji sayesinde Dünya'nın yüzeyi ve

atmosfer ısınmaktadır. Şekil 1.1’de gösterilen bu süreç, Dünya’nın sıcaklığını normalde olması gerekenden yaklaşık 33 santigrat derece daha sıcak tutmakta ve Dünya’daki yaşamın var olmasına izin vermektedir. Sera gazlarının bu doğal etkisine “sera etkisi” denilmektedir. Günümüzde karşı karşıya kaldığımız sorun, insan faaliyetlerinden kaynaklanan, özellikle fosil yakıtların (petrol, kömür ve doğal gaz) yakılmasından kaynaklanan kirlilikler, ormansızlaşma gibi yanlış arazi kullanımındaki değişimlerin sera gazı yoğunluğunu artırmasıdır.



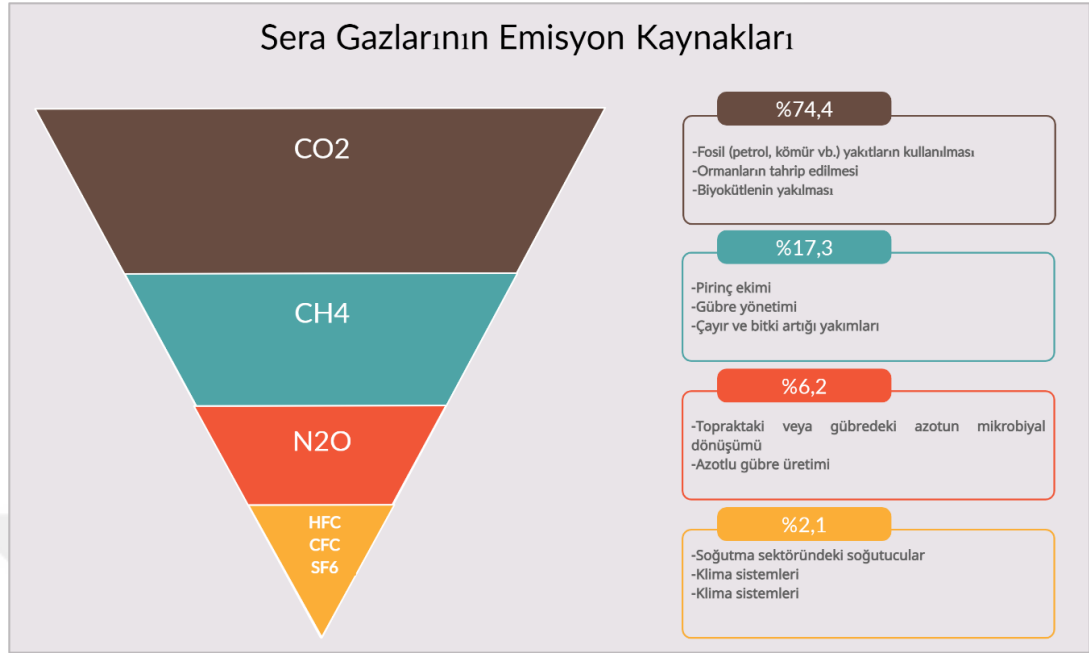
Şekil 1.1. Sera Etkisi Diyagramı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Sera gazları arasında su buharı, karbondioksit (CO₂), metan (NH₄), azot oksit (N₂O) ve diğer emisyonlar (HFC’ler, CFC’ler, SF₆) gibi bazı kimyasallar bulunmaktadır. Bu gazların yapısındaki değişme sera etkisini doğrudan etkilerken karbonmonoksit ve nitritoksit dolaylı, ozon ve metan ise hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkilemektedir. Karbondioksit üretimi ise sera etkisinde önemli bir etkiye sahiptir. Uluslararası İklim Değişikliği Paneli’ne (IPCC) göre, atmosferdeki sera gazları 1750’li yıllarda başlayan sanayi devrimi sonrasında artmaya başlamış, karbondioksit oranı %40’lık bir artış göstererek 280 ppm¹’den 394 ppm’ye ulaşmıştır. Karbondioksit oranındaki artışın fosil yakıt kullanımından kaynaklandığı açıklanmıştır. İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere yayılan CO₂, CH₄, N₂O ve diğer emisyonlardan (HFC’ler, CFC’ler, SF₆) oluşan sera gazlarının emisyon kaynakları Tablo 1’de gösterilmektedir:

¹ ppm, milyonda bir birim demektir.

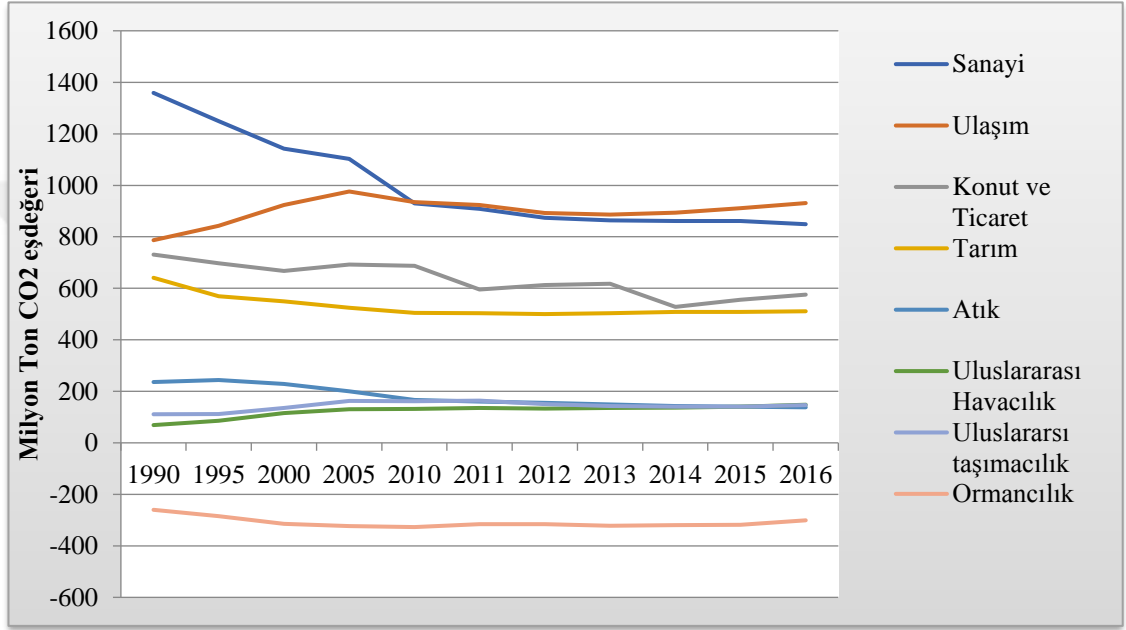
Tablo 1.1. Sera Gazlarının Emisyon Kaynakları



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur. Sayısal veriler <https://ourworldindata.org/>, alınmıştır (Erişim tarihi: 22.11.2020).

Atmosferde sera gazlarının artmasıyla BMİDÇS'den bu yana, politika yapıcılar GHG emisyonlarını azaltmaya kararlıdılar. Küresel ölçekte GHG emisyonlarını azaltmak için Kyoto Protokolü sırasında yürürlüğe giren bir dizi yeni politikayla daha da sağlamlaştırılmıştır. GHG emisyonlarını artıran faktörler arasında enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılan fosil yakıtlar, güneş, rüzgâr, hidrolik ve nükleer enerjiler yer almaktadır. Bunlar doğal hâleriyle GHG emisyonlarını etkilemektedir. Fakat son zamanlarda küresel ısınma üzerinde etkisi olan insanoğlunun katkılarıyla daha çok etkilemektedir. Grafik 1.1'de AB ülkelerinde GHG emisyonlarının sektörlere göre gösterimi yer almaktadır. Grafik 1.1'de 1990'lı yıllara oranla 2000'li yıllarda GHG emisyonlarının azaldığı görülmektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak ülkelerin kalkınmasında önemli bir yere sahip olan sanayi sektörünün ve yoğun etkiye sahip alt sektörlerinin kaynak tüketimi ve GHG emisyonları ile iklim değişikliği üzerindeki etkisinin son yıllarda hükümetlerin politikaları doğrultusunda azaldığı yorumu yapılabilmektedir. Doğal kaynakların kullanılmasına dayanan tarımsal faaliyetler sonucunda çevresel birtakım etkiler ortaya çıkmaktadır. İnsan ihtiyaçlarının sınırsız olması, ülkelerin nüfuslarının artması ve kâr maksimizasyonu sağlamak gibi nedenlerden dolayı tarımsal faaliyetlerde yoğunlaşmalar bulunmaktadır. AB ülkelerinde çevresel etkiler göz önüne alınarak tarımsal

faaliyetler yapılmaya çalışılsa da yanlış arazi kullanımı, yanlış gübre kullanımı, kimyasal ilaçların kullanılması atmosfere yayılan sera gazlarını artırmaktadır. Ormansızlaşma, tarımsal faaliyetler, ulaşım, taşımacılık, atıklar ve biyokütle yanmasından kaynaklanan CO2 emisyonlarının 1990'lı yıllara oranla nispeten düştüğü görülmektedir. Grafikte yer alan sektörlere ait ayrıntılı değerler Tablo 1.2'de gösterilmektedir.



Grafik 1.1. AB Ülkelerinde Sektöre Göre GHG Emisyonları (1990-2017)

Not: Ormancılık sektörü içerisinde arazi kullanımı ve arazi kullanımlarındaki değişim verileri de yer almaktadır.

Kaynak: Avrupa Enerji Ajansı (EEA), 2020.

Tablo 1.2. AB Ülkelerinde Sektöre Göre GHG Emisyonları (1990-2017)

Yıllar	Sanayi	Ulaşım	Konut ve Ticaret	Tarım	Atık	Uluslararası Havacılık	Uluslararası Taşımacılık	Biokütlede n ortaya çıkan CO2	Ormanlık
1990	1359	787	731	641	236	69	111	202	-260
1991	1282	795	782	610	240	67	109	213	-283
1992	1227	819	728	584	242	73	111	212	-252
1993	1190	824	741	575	243	77	112	230	-253
1994	1216	830	693	568	243	81	111	230	-265
1995	1249	843	697	569	244	86	112	236	-285
1996	1241	870	762	572	243	90	119	252	-313
1997	1238	881	714	566	241	94	130	263	-311
1998	1180	909	701	560	237	101	135	266	-327
1999	1123	928	690	558	232	109	130	273	-337
2000	1142	924	668	549	229	115	136	275	-315
2001	1109	937	714	543	225	113	142	284	-337
2002	1085	948	684	534	221	110	147	282	-316
2003	1105	957	699	530	216	115	149	313	-294
2004	1113	977	697	531	207	123	159	327	-326
2005	1102	976	692	525	200	131	163	353	-323
2006	1093	983	688	518	194	136	174	374	-335
2007	1107	993	614	517	187	141	182	402	-299
2008	1055	968	663	515	179	142	184	436	-334
2009	878	941	643	508	173	131	165	460	-336
2010	930	935	688	505	166	132	162	510	-327
2011	909	923	595	504	160	135	164	502	-316
2012	874	893	613	500	156	133	151	514	-316
2013	864	886	618	503	149	135	143	530	-322
2014	862	894	528	509	143	137	140	522	-320
2015	861	911	556	509	141	141	141	542	-318
2016	849	931	575	511	138	148	147	557	-301

Kaynak: EEA, 2020.

Not: Sayısal veriler milyon ton CO2 eşdeğerini göstermektedir.

1.2. İklim Değişikliği Kavramı, Nedenleri ve Sonuçları

İklim değişikliği kavramı BMİDÇS’de “doğrudan ya da dolaylı olarak insan etkileri sonuçları ile atmosfer bileşiminin bozulması” olarak tanımlanmaktadır (BMİDÇS, 1992). Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Raporu’nda ise iklim değişikliği “İstatistiki testlerle kanıtlanmış iklimdeki değişimler ya da uzun bir dönem boyunca gözlemlenen değişkenliklerdir. Zaman içindeki insan faaliyetleri ya da doğal değişkenlikle iklimde yaşanan herhangi bir değişimdir. BMİDÇS’nin tanımına göre, doğrudan ya da dolaylı yollardan insan faaliyetleri nedeniyle küresel atmosferin

bileşimini değiştiren ve belli dönem içinde gerçekleşen değişkenliklerdir” şeklinde belirtilmektedir (IPCC, 2007).

İklim değişikliği “nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda veya değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler” olarak tanımlanmaktadır. Dünyamız bugüne kadar yaklaşık olarak 4,5 milyarlık dönemde iklim sisteminde doğal süreçler ve etmenlerle birçok değişiklik yaşamıştır. İklim değişiklikleri, özellikle deniz seviyelerindeki değişimler, buzulların hareketleri ve kuraklıklar olarak ekolojik sistem üzerinde kalıcı değişiklikler ortaya çıkarmıştır. Ayrıca sanayi süreçleri, fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma gibi insan etkisiyle atmosfere salınan sera gazı birikimlerinde artışa yol açmaktadır (Akçakaya vd., 2015).

İklim değişikliği ile ilgili ayrıntılara değinmeden önce genellikle birbirinin yerine kullanılan küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramlarının farklı olduğunu açıklamak gerekmektedir. İklim değişikliği yukarıda da belirtildiği gibi uzun yıllar belirli bir seviyede giden iklim şartlarının önemli ölçüde değişmesi, yani sıcaklık, yağış, buzulların miktarı ve deniz seviyelerinde yaşanan büyük değişimleri ve bu değişimlerin dünyaya etkisini ifade etmektedir. İklim değişikliği hem doğal hem de insanoğlu tarafından yapılan faaliyetler sonucu ortaya çıkmaktadır. İklim değişikliğinin bir parçası olan küresel ısınma kavramı ise son zamanlarda dünya yüzeyinin yükselen küresel sıcaklığı ile ilgilidir. Özetle küresel ısınma, Sanayi Devrimi’nden beri atmosferde biriken sera gazlarının sıcaklık ortalamalarını artırmasıdır (Vural, 2018).

Geçmişten günümüze gerçekleşen iklim değişikliği hem doğal hem de dış etmenlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Jeolojik zamanlardaki kanıtları olan ve en iyi bilinen doğal iklim değişikliği yaklaşık 2 milyon yıl sürmüş olan 4. zamandaki (Kuvaterner) buzul döneminde oluşmuştur. Yaşanan değişimler sonucu 19. yüzyılın sonuna doğru yüzey sıcaklıklarındaki artışlar her yıl bir önceki yıla göre daha fazla olmuştur (Türkeş, 2008). Dünya Meteoroloji Örgütü (DMÖ-WMO) tarafından 2010-2020 yılları arası dünya ortalama sıcaklığının 14,7 derece olarak tespit edildiği, bunun da 20. yüzyıl ortalamasının 0,8 derece üstünde olduğu belirtilmiştir. Örgüt,

“2020 ve sonrasında, sıcaklardan dolayı aşırı doğa olaylarının yaşanacağını; ‘buzullardaki erime, deniz seviyelerinin yükselmesi, okyanuslardaki ısınma ve asitlenmenin yanı sıra aşırı hava koşullarının yaşanabileceğini” duyurmuştur (DMÖ-WMO, 2020).

İklim değışikliklerinden dolayı iklim ve hava parametrelerinde birtakım belirtiler ortaya çıkmaktadır. Bunlar (Özmen, 2009);

- Yağmurun sağanak şeklinde olması ve miktarının artması,
- Buharlaşmanın artması
- Buzulların erimesi
- Kuzey Kutbu bozkırı olarak bilinen tundraların erimesi
- Denizlerdeki buzulların erimesi sonucu deniz suyu seviyelerinin yükselmesi
- Sıcak hava dalgalarının artması gibi.

İnsan faaliyetleri tarafından üretilen CO₂, küresel ısınmaya en büyük katkıda bulunandır. 2020 itibariyle, atmosferdeki konsantrasyonu, sanayi öncesi seviyesinden (1750’den önce) %48’e yükselmiştir. Diğer sera gazları, insan faaliyetleriyle daha küçük miktarlarda yayılmaktadır. Artan emisyonların nedenleri şunlardır:

- Yanan kömür, petrol ve gaz karbondioksit ve azot oksit üretmektedir.
- Ormanların kesilmesi. Ormanlar, atmosferden CO₂ emerek iklimi düzenlemeye yardımcı olurlar. Fakat ağaçların kesilmesiyle bu faydaları yok olup, ağaçlarda depolanan karbon atmosfere salınarak sera etkisine neden olmaktadır.
- Hayvancılığın arttırılması. İnekler ve koyunlar, yiyeceklerini sindirirken büyük miktarda metan üretmektedir.
- Azot içeren gübreler azot oksit emisyonları üretmektedir.

İnsanlar fosil yakıtları yakarak, ormanları keserek ve hayvancılık yaparak iklimi ve dünyanın sıcaklığını giderek daha fazla etkilemektedir. Bu, atmosferde doğal olarak oluşana çok büyük miktarlarda sera gazı ekleyerek sera etkisini ve küresel

ısınmayı artırmaktadır. İklim değışikliği dünyadaki tüm bölgeleri etkilemektedir. Kutuplardaki buz kalkanları erimekte ve deniz seviyesi yükselmektedir. Bazı bölgelerde ise aşırı hava olayları ve yağışlar daha yaygın hâle gelirken diğerlerinde aşırı sıcaklık dalgaları ve kuraklıklar yaşanmaktadır. Bu etkilerin önümüzdeki on yıllarda artması beklenmektedir. İklim değışikliği insan sağlığını da etkilemektedir. Bazı bölgelerde sıcağa bağlı ölümlerin sayısında artış, bazılarında ise soğuktan ölümlerde artışlar yaşanmaktadır. Bazı su kaynaklı hastalıkların ve hastalık vektörlerinin dağılımında ise değışiklikler görölmektedir. Mülkiyete, altyapıya ve insan sağlığına verilen zarar, toplum ve ekonomi üzerinde ağır maliyetler getirmektedir. Tarım, ormancılık, enerji ve turizm gibi belirli sıcaklıklara ve yağış seviyelerine güçlü bir şekilde dayanan sektörler özellikle etkilenmektedir. Küresel ortalama sıcaklıklar kontrolsüz bir şekilde yükselmeye devam ederse bazı bitki ve hayvan türlerinin yok olma riski de artacaktır.

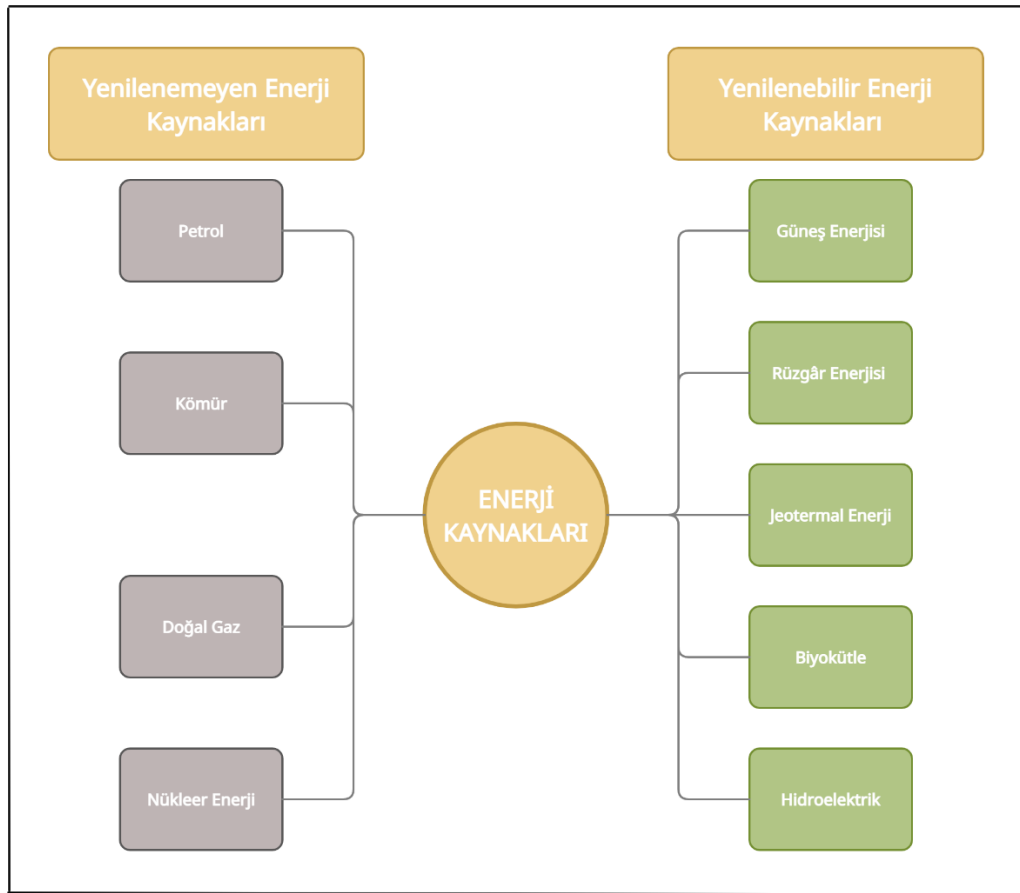
1.3. Enerji Kaynakları ve Kullanım Alanları

Enerji, Sanayi Devriminden günümüze kadar insanlık tarihinin sosyo-ekonomik olarak gelişmesinde gerekli olan temel girdilerden birisidir. Enerjiyi “bir sistemin iş yapma kapasitesi” olarak tanımlamak da mümkündür. Enerji, sosyo-ekonomik kalkınma ve ekonomik büyüme için çok önemli bir unsurdur. Ülkeler geleceklere için enerji kaynaklarını, enerji kaynaklarının çevreye vereceği etkileri ve enerji kullanımı için gerekli politikalar geliştirmektedir. Artan nüfus, ekonomik büyüme ve kalkınma, daha iyi yaşam koşullarının sağlanması, tüketimin artması gibi koşullarla birlikte enerji talebi artmaktadır. Enerji talebi artan ülkeler talebi karşılamak için dışa bağımlı hâle gelmektedir. Enerji sağlamak için dışa bağımlı olan ülkelerde enerji güvenliği bakımından sorunlar ortaya çıkmaktadır. Enerjide dışa bağımlı ülkeler (özellikle fosil yakıt tüketen) başta olmak üzere enerji güvenliğinin nasıl sağlanacağı konusu kritik öneme sahiptir.

Enerji kaynaklarının kıt oluşları, dünyada dağılışlarının eşit olmaması ve dönüştüröldüklerinde çevre kirliliğine sebep olmaları yönünden üç temel özelliği bulunmaktadır (Aydın, 2010). Enerji kaynaklarının dengesiz dağılması ve mevcut rezervlerin artan talep karşısında giderek azalması, ülkeleri alternatif enerji

kaynakları bulmaya itmektedir. Çünkü enerji, günümüzde sosyal ve ekonomik yönden kalkınmanın gerçekleştirilebilmesi için üretim sürecinde kullanılan temel girdilerden biridir (Mucuk ve Uysal, 2009). Günümüzde enerji küresel ekonomi, güvenlik ve politikada önemli bir rol oynamaktadır. Her ülkenin daha iyi gelecek planlaması için enerji kaynaklarını, ilgili kaynağın çevreye verdiği etkileri ve politikasını geliştirmesi gerekmektedir (Nematollahi vd., 2016).

Enerji kaynakları elde edilişlerine göre *yenilenemeyen enerji kaynakları* ve *yenilenebilen enerji kaynakları* olmak üzere iki temel başlıkta incelenmektedir.



Şekil 1.2. Enerji Kaynakları Diyagramı
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

1.3.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Modern toplumların sürdürülebilirliği için güvenli ve erişilebilir bir enerji kaynağı çok önemlidir. Tarih boyunca medeniyetlerin ortaya çıkmasıyla birlikte, enerji talebi sürekli olarak artmıştır. Bu enerji gereksinimlerini karşılamak için fosil yakıtlara

bağımlılık artmakta ve fosil yakıtların kullanımının sürekli artması birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Fosil yakıt rezervleri, küresel ısınma, çevresel kaygılar, jeopolitik ve askerî sorunlar, enerji fiyat yükselişleri gibi problemler sürdürülemez bir durum ortaya çıkarmaktadır. Pek çok ülkenin hâlen güvendiği fosil yakıt kaynaklarının eşitsiz dağılımı nedeniyle enerji güvenliğine dikkat etmek önemlidir. İthal petrolün artan küresel bağımlılığı nedeniyle enerji arzının daha savunmasız hâle gelebileceği düşünülmektedir (Asif ve Muneer, 2007). Fosil yakıtlar kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerjidir. 2018 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi 1.729,7 milyar varil olarak tespit edilmiştir. Petrol rezervinin 836,1 milyar varili (%48,3) Orta Doğu ülkelerinde, 325,1 milyar varili (%18,8) Güney ve Orta Amerika ülkelerinde, 236,7 milyar varili (%13,7) Kuzey Amerika ülkelerinde bulunmaktadır. 2018 yılında dünya petrol üretimi 94,7 milyon varil/güne ulaşmıştır. Birincil enerji kaynakları arasında stratejik konuma sahip olan ham petrol 2018 yılı itibarıyla dünya birincil enerji talebinin %31,4'ünü karşılamıştır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

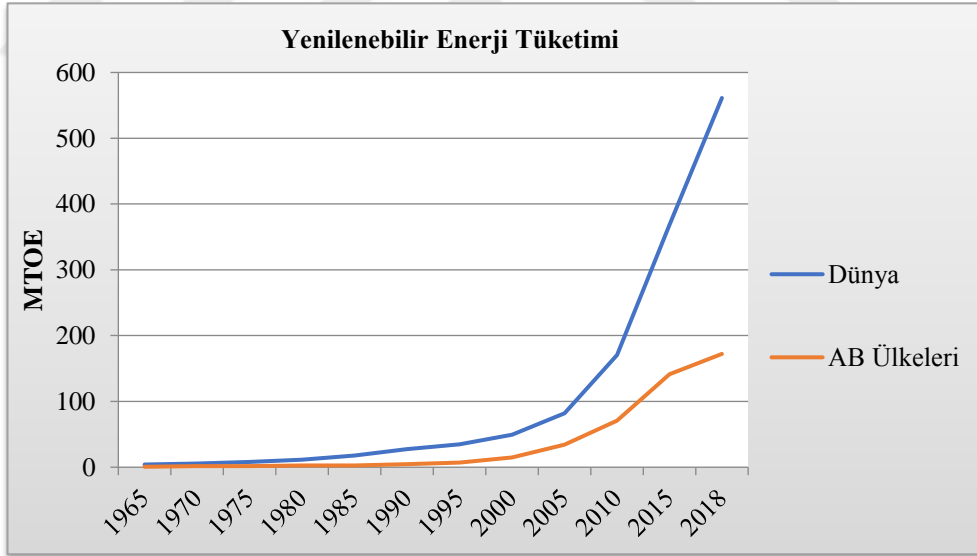
AB ülkeleri 2020 hedefinde bulunan karayolu taşımacılığı için satılan yakıtların GHG emisyon yoğunluğunu 2010 yılı seviyelerinin %6'nın altına düşürme hedefi yolunda gitmemektedir. 2010 ve 2018 yılları arasında, emisyon yoğunluğu, çoğunlukla biyo yakıt kullanımının artması nedeniyle %3,7 azalmıştır. Sadece Finlandiya ve İsveç, emisyon yoğunlukları %6'dan fazla azalan üye devletlerdir. Biyo yakıt üretiminin dolaylı arazi kullanımındaki değişim etkileri dikkate alınırsa AB'de satılan yakıtların emisyon yoğunluğu, petrolün hammadde olarak kullanımının artması nedeniyle fiilen 2017 ve 2018 yılları arasında artmıştır (EEA, 2020).

1.3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Zaman içinde yenilenebilen ve tükenemeyen kaynaklardan elde edilen enerjiye yenilenebilir enerji denir. Yaşam kalitesine zarar vermeyecek temiz bir enerjidir. Fosil yakıtlar da teorik olarak yenilenebilir, ancak çok uzun bir zaman dilimindedir ve mevcut oranlarda kullanılmaya devam edilirse bu kaynaklar yakın gelecekte tükenebilir. Bu nedenle, gerçekte yenilenebilir enerji, doğal bir süreçle hızla yer

değiştiren ve insan zaman ölçeğinde tükenmeye maruz kalan bir kaynaktan gelen enerjidir. Kömür, linyit, petrol, doğal gaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının rezervleri ve yenilenebilir enerji kaynakları üretme potansiyeli hakkında bilgi, ülkenin gelecekteki enerji ihtiyaçlarını karşılama potansiyelini değerlendirmek için bir ön koşuldur (Singh vd., 2011).

Yenilenebilir enerji, sürdürülebilir kalkınma açısından bir ülkenin ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine ve doğru kullanılmasına öncelik verilmelidir. Özellikle iklim değişikliği ve küresel ısınmanın ortaya çıkardığı çevre sorunları günümüzde dünyadaki enerji ile ilgili konular arasında ön planda yer almaktadır (Silva vd., 2018). AB ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel patenlerin miktarı artmış olsa da bu ülkelerde CO2 emisyonları da hâlâ artmaktadır. Grafik 1.2.'de Dünyada ve AB ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketim verileri beşer yıllık olarak gösterilmektedir.



Grafik 1.2. Dünya ve AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi
Kaynak: BP Dünya Enerjisinin İstatistiksel Değerlendirmesi (Haziran, 2019) raporundan yazar tarafından derlenerek oluşturulmuştur.

1.3.2 1. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, dünyanın alt yüzeyinden elde edilen ısıdır. Su ve/veya buhar, jeotermal enerjiyi Dünya yüzeyine taşımaktadır. Jeotermal enerji, özelliklerine bağlı

olarak ısıtma ve soğutma amacıyla veya temiz elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Bu önemli yenilenebilir enerji kaynağı İzlanda, El Salvador, Yeni Zelanda, Kenya ve Filipinler gibi ülkelerdeki elektrik talebinin önemli bir bölümünü ve İzlanda'daki ısınma talebinin %90'ından fazlasını karşılamaktadır. Bu enerji kaynağının başlıca avantajı hava koşullarına bağlı olmamasıdır (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2021).

Jeotermal enerji, yüzyıllar boyunca Roma ve Osmanlı hamamlarında, Orta Çağ boyunca Fransa'da bölgesel ısıtma için ve 1700'lerden başlayarak İtalya'nın Lardarello kentinde çeşitli bileşiklerinin çıkarılması için kullanılmıştır. Daha yakın zamanlarda ise birçok Avrupa ülkesinde doğrudan ısı kullanım projeleri üstlenilmiş, İtalya ve İzlanda'da elektrik enerjisi üretmek amacıyla yaygın olarak geliştirilmiştir (Antics ve Sanner, 2007). Yenilenebilir enerji teknolojileri, iklim değişikliği ile mücadelede ve fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılmasında sürdürülebilir bir çözüm olarak hizmet etmektedir. Son beş yılda, AB ülkeleri genelinde jeotermal enerji ile ilgili önemli sayıda proje geliştirilerek AB ülkelerinin enerji kullanımında önemli bir yol almaktadır (Vonsée vd., 2019).

1.3.2.2. Biyokütle (*Biomass*) Enerjisi

Biyokütle, insanoğlu tarafından kullanılan en eski yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu kaynak aslında evsel ve üretken faaliyetler için ısı ve ışık sağlamak için yakılan odun şeklindedir. Geleneksel kullanım, temel olarak, dünyanın birçok yerinde hâlen yaygın olarak uygulanan bir süreç olan doğrudan yanmaya dayanmaktadır. Geleneksel biyokütle, dağınık, emek yoğun bir enerji kaynağıdır. Günümüzde olduğu gibi geçmişte de artan insan nüfusu ve/veya endüstriyel faaliyet, artan enerji talebine ve çoğu zaman doğal çevrenin tahribatına yol açmıştır. Biyokütle enerjisi yoksul hanelerle ilişkilendirilmiş olsa da artık hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde birçok sektör için önemli bir enerji kaynağı olarak giderek daha fazla tanınmaktadır (Kaygusuz vd., 2007).

Yakın gelecekte biyokütle enerjisi, küresel enerji talebinin karşılanmasında kritik bir rol oynayacaktır. IEA 2018-2023 döneminde biyoenerjinin tahmini %30 büyüme oranıyla en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynağı olacağını tahmin etmektedir.

Biyokütle enerjisinin diğer enerji kaynaklarına göre avantajları sırasıyla şu şekildedir. Birincisi, biyokütle enerjisi yemek pişirme, ısıtma, elektrik üretimi ve ulaşım gibi birçok farklı amaç için kullanılabilir. Yenilenebilir enerji türleri arasında sıvı yakıta dönüştürülebilen tek enerji biyokütle enerjisidir. İkincisi, biyokütle enerjisi yenilenebilir, bol ve kolayca üretilebilen bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisinin kullanılması ülkelerin fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılıklarını azaltmalarına ve ulusal enerji güvenliğini sağlamalarına yardımcı olacaktır. Üçüncüsü, biyokütle enerji üretimi, daha fazla iş fırsatı yaratılmasına katkıda bulunmaktadır. Böylece kırsal alanlarda geliri artırmakta ve yoksulluğu azaltmaktadır. Son olarak ve en önemlisi, biyokütle enerjisi “karbon nötr” bir enerji kaynağıdır. Fosil enerji ile karşılaştırıldığında biyokütle enerjisi daha az kirlenici ve çevre açısından daha güvenlidir. Biyokütle enerjisinin kullanılması, GHG emisyonlarının azaltılmasına ve iklim değişikliğiyle mücadelede yardımcı olabilmektedir (Wang vd., 2020).

1.3.2.3. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, hareket halindeki havanın yarattığı kinetik enerjiyi kullanarak elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi, rüzgâr türbinleri veya rüzgâr enerjisi dönüşüm sistemleri kullanılarak elde edilmektedir. Rüzgâr önce bir türbinin kanatlarına çarpmakta ve bu kanatların dönmesine neden olmaktadır. Rüzgârdan elde edilebilecek güç miktarı, türbinin boyutuna ve kanatlarının uzunluğuna bağlıdır. Rüzgâr türbinlerinin ilk olarak bir asırdan fazla bir süre önce ortaya çıktığı bilinmektedir. 1830’larda elektrik jeneratörünün icadının ardından mühendisler, elektrik üretmek için rüzgâr enerjisini kullanmaya başlamıştır. Rüzgâr enerjisi üretimi ilk olarak 1887 ve 1888’de Birleşik Krallık ve ABD’de gerçekleşmiştir. Ancak modern rüzgâr enerjisinin ilk olarak 1891’de yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin inşa edildiği ve Danimarka’da geliştirildiği düşünülmektedir (IRENA, 2021).

Rüzgâr enerjisi günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük katkıyı sağlayanlardan biridir. Buna ek olarak rüzgâr enerjisinin büyük yatırımları almaya devam etmesi ve en fazla sayıda yeni kurulumu sahip olması nedeniyle gelecekte

yenilenebilir enerjiler arasında önemli rol oynamaya devam edeceğini göstermektedir.

Rüzgâr enerjisi, enerji varlıklarını genişletmeye, CO2 emisyonlarını azaltmaya, yeni iş olanakları yaratmaya, yeni işler sağlamaya çalışan mühendisler ve ulusal hükümetler için tercih edilen enerji seçimi hâline gelmektedir. Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi, fosil yakıtların kullanımını azaltarak her Gigawatt (GW) saat için 330 ton CO2'den 590 ton CO2'ye GHG emisyonlarının azalmasına yol açmaktadır. Rüzgâr enerjisinin mevcut yenilik akışının, gelecekte 40-50 yıl boyunca genişleyen enerji üretimini ve 90-100 yıl boyunca elektrik maliyetlerini azaltabileceği düşünülmektedir (Adeyeye vd., 2020).

1.3.2.4. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşten termal veya elektrik enerjisine dönüştürülen enerjidir. Güneş enerjisi, mevcut en temiz ve en bol yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi teknolojileri, bu enerjiyi elektrik üretmek, ışık sağlamak, evsel, ticari veya endüstriyel kullanım için su ısıtmak dâhil olmak üzere çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanmanın üç ana yolu bulunmaktadır. Bunlar; fotovoltaik, güneş enerjisiyle ısıtma/soğutma ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisidir. Fotovoltaikler, elektronik bir süreç aracılığıyla doğrudan güneş ışığından elektrik üretmektedir. Bunlardan hesap makineleri ve yol işaretleri gibi küçük elektronik cihazlardan evlere ve büyük ticari işletmelere kadar her şeye güç sağlamak için yararlanılmaktadır. Güneş enerjisiyle ısıtma/soğutma (SHC) ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) uygulamaları, hem SHC sistemlerinde alan veya su ısıtması sağlamak için güneş tarafından üretilen ısıyı, hem de CSP durumunda geleneksel elektrik üreten türbinleri çalıştırmak için kullanılmaktadır (Solar Energy Industries Association (SEIA), 2021).

IEA'nın 2020 projeksiyonlarına göre, güneş enerjisi, elektrik üretim teknolojileri kümesinin merkezinde yer almaktadır. Destekleyici politikalar ve gelişen teknolojiler, güneş enerjisinde maliyet düşüşlerine neden olmaktadır. Bu nedenle, güneş enerjisi çoğu ülkede kömür veya gazla çalışan elektrik santrallerinden daha ucuzdur. Ayrıca, güneş enerjisi projeleri düşük maliyetli elektriği sunmaktadır.

Yapılan araştırmalar güneş enerjisinin çevre için çok önemli olduğunu da ortaya koymuştur. Güneřten serbestçe elde edilen ve tükenmeyen bu enerji kaynağı, insanlığın enerji ihtiyacını karşılama potansiyeline sahiptir. Nitekim yapılan çalışmalar, kurulmaya hazır güneş enerjisi sistemlerinin dűnyanın toplam enerji ihtiyacını karşılayabileceğini göstermiştir ve bu da onu hem şimdiki hem de gelecek nesillerin enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında en önemli kaynak hâline getirmektedir (Gűney, 2021).

1.3.2.5. Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik güç veya hidroelektrik olarak da adlandırılan hidroelektrik enerjisi, elektrik üretmek için hareket hâlindeki suyun (bir şelalenin üzerinden akan su gibi) gücünü kullanan bir enerji biçimidir. Hidroelektrik enerjisi en yaygın kullanılan yenilenebilir elektrik kaynağıdır. Çin, en büyük hidroelektrik üreticisidir. Dűnyadaki diğer en büyük hidroelektrik üreticileri arasında ABD, Brezilya, Kanada, Hindistan ve Rusya bulunmaktadır. Dűnyada üretilen yenilenebilir elektriğin yaklaşık yüzde 71'i hidroelektrikten gelmektedir. Bu enerji yüzyıllardır kullanılmaktadır. Eski Yunanlılardan beri çiftçiler, buğdayı un haline getirmek için su çarkları kullandılar. Bir nehre yerleştirilen bir su çarkı, çarkın etrafındaki kovalarda akan suyu toplamaktadır. Akan nehrin kinetik enerjisi çarkı döndürmekte ve değirmeni çalıştıran mekanik enerjiye dönüştürmektedir. 19. yüzyılın sonlarında hidroelektrik, elektrik üretmek için bir kaynak hâline geldi. İlk hidroelektrik santrali 1879'da Niagara şelalesi'nde inřa edildi. 1881'de Niagara şelalesi kentindeki sokak lambaları hidroelektrikle çalıştırıldı. 1882'de dűnyanın ilk hidroelektrik santrali ABD'de Appleton'da faaliyete başladı. Tipik bir hidro santral, üç bölümden oluşan bir sistemdir: elektriğin üretildiği bir elektrik santrali, su akışını kontrol etmek için açılıp kapatılabilen bir baraj ve suyun depolanabileceği bir rezervuar. Barajın arkasındaki su bir girişten akar ve türbindeki kanatlara doğru iterek dönmelerine neden olur. Türbin, elektrik üretmek için bir jeneratörü döndürmektedir. Üretilebilecek elektrik miktarı, suyun ne kadar düştüğüne ve sistemde ne kadar suyun hareket ettiğine bağlıdır. Elektrik, uzun mesafeli elektrik hatları üzerinden evlere, fabrikalara ve işyerlerine taşınabilmektedir (Bagher vd., 2015).

İKİNCİ BÖLÜM

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE İLGİLİ YAPILAN ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR

2.1. Geçmişten Günümüze İklim Değişikliği ile İlgili Yapılan Uluslararası Müzakereler

Ciddi anlamda tehlikeler oluşturmaya başlayan ve Birleşmiş Milletler (BM) tarafından üzerinde durulan önemli konulardan biri olan iklim değişikliği GHG emisyon miktarlarının artmasıyla ortaya çıkmaktadır. 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren BMİDÇS ve 16 Şubat 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü emisyonların azaltılması ve küresel ısınmanın kontrol altına alınması için atılan önemli girişimlerdendir. Sera gazlarının artışlarının oluşturduğu tehditlerin anlaşılmasıyla ve bu artışların küresel olarak çözüme kavuşturulacağına inanılmasıyla, hükümetler küresel olarak iş birlikleri oluşturarak anlaşmalar yapmaya başlamıştır. Tablo 2.1'de geçmişten günümüze iklim değişikliği üzerine yapılan anlaşmalar ve uluslararası yapılan müzakereler gösterilmektedir:

Tablo 2.1: Geçmişten Günümüze İklim Değişikliği Üzerine Yapılan Müzakere Kronolojisi

<i>Çalışmanın Adı</i>	<i>Tarih-Ülke</i>	<i>Amaç/Hedef/Karar/Gelişme</i>
DMÖ-WMO Dünya Birinci İklim Konferansı	1979	İklim değişikliği konusunun önemi dünya ülkelerine ilk defa sunulmuştur.
Villach (Avusturya) İklim Değişikliği Konferansları	1985 ve 1987- Villach	İklim değişikliği üzerine ilk defa siyasal düzenlemeler getirilmesi gündeme gelmiştir. CO2 ve diğer sera gazlarının iklim değişikliği üzerindeki rolünü ve etkilerini değerlendiren uluslararası bir konferans niteliğindedir.
Toronto Değişen Atmosfer	1988-Toronto	CO2 salınımlarının 2005 yılına kadar azaltılması ve protokollerle gerçekleştirilecek bir çerçeve

Konferansı			iklim sözleşmesinin hazırlanması gerektiği vurgulanmıştır.
WMO/UNEP IPCC'nin Kuruluşu		1988	Uluslararası sözleşmelere BM şemsiyesi altında teknik altyapı hazırlanmıştır.
BM Küresel İklimin Korunması Kararı		1988-New York	“İnsanoğlunun Bugünkü ve Gelecek Kuşakları için Küresel İklimin Korunması” konulu 43/53 sayılı kararı kabul edilmiştir. İklim değişikliğinin ortak sorun olduğu belirtilmiştir.
Nordwijk Bakanlar Konferansı		1989-Nordwijk	“Atmosferik ve İklimsel Değişiklik” konulu konferans düzenlenmiştir. ABD, Japonya ve eski Sovyetler Birliği dışın kalan ülkelerin çoğunda CO2 emisyonlarının %20 desteklendiği, fakat bunun üzerine herhangi bir hedef belirlenmemiştir.
WMO İkinci Konferansı	Dünya İklim	1990-Cenevre	Ana konusu iklim değişikliği ve sera gazlarının azaltılmasıdır. 137 ülke tarafından imzalanmıştır.
BM hükümetler arası Değişikliği Görüşmeleri	İklim	1992-Cenevre	Sera gazlarının atmosferde birikimlerinin azaltılmasına yönelik önlemler savunulmuştur.
BM Çevre ve Kalkınma Konferansı		1992-Rio de Janerio	Sera gazlarının atmosferde birikimlerinin azaltılmasına yönelik önlemler savunulmuştur.
BM İklim Değişikliği Sözleşmesi (İDÇS)		1992-Rio de Janerio	Sera gazı salınımlarını azaltmaya yönelik yapılacak eylemleri ve yükümlülükleri düzenlemektedir. Sözleşmede ülkelerin ortak sorumlulukları, amaçları ve farklı ulusal/bölgesel kalkınma stratejileri dikkate alınarak, insan kaynaklı sera gazı salınımlarının azaltılmasına yönelik yükümlülükler verilmiştir.
İDÇS Berlin Buyruğu (COP²1)		1995-Berlin	İklim değişikliği sorununun en iyi nasıl ele alınabileceği konusunda karşılıklı görüşmeler yapılmıştır. Sanayileşmiş ülkelerin bu konudaki yükümlülüklerini daha sağlam zeminlerde ve sağlam ele alması kararlaştırılmıştır.
İDÇS Kyoto Protokolü (COP3)		1997-Kyoto(Japonya)	Bu protokol temel kuralları vermektedir. Fakat bunların nasıl uygulanacağına dair bilgi vermemektedir. Kyoto protokolü yürürlük öncesi hükümetlerin belgeyi imzalayacakları resmi bir işlemler süreci de öngörmektedir. 2005

² Taraflar Konferansı.

			yılında yürürlüğe girmiştir.
İDÇS Buenos Aires Eylem Planı (COP 4)	1998- Buenos Aires		Kyoto Protokolünün nasıl işleyeceğine dair net bilgiler içermektedir. Protokol'de yer alan kurallara ilişkin yapılacak uygulamaların (finansman, teknoloji gibi) bağlantısını sağlamaktadır.
İDÇS Bonn Siyasi Uzlaşması	2001-Bonn		Taraflar Buenos Aires Eylem Planında yer alana tartışmalı konular üzerinde anlaşmaya varmışlardır.
İDÇS Marakeş Uzlaşmaları (COP 7)	2001-Marakeş (Fas)		Taraflar Bonn Anlaşmasından yola çıkarak geniş kapsamlı pakete ulaşılar. Bu belge Kyoto Protokolüne göre daha ayrıntılı kararlar içermektedir.
İDÇS Bali Eylem Planı (COP13)	2007-Bali		Uluslararası alınacak önlemler için müzakere düzenlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. İklim rejiminin belirlenmesi, teknoloji transferi, emisyon azaltımı ve finansman kaynakları için planlar yapılmalıdır.
İDÇS Bangkok İklim Değişikliği Görüşmeleri	2008-Bangkok		Daha kısa ve öz bir metin içeren Bangkok İklim Değişikliği Görüşmelerinde finansal kaynaklar, uyum, emisyonların azaltım hedefleri ve yapılacak anlaşmanın yasal yapısı gibi önemli konularda ilerleme sağlanamamıştır.
İDÇS Kopenhag Uzlaşması (COP15)	2009-Kopenhag (Danimarka)		Kopenhag Zirvesi olarak adlandırılan bu uzlaşmaya Çin, ABD, Hindistan gibi ülkeler kabul etmemiştir. Karbon piyasalarının finans araçları olan tüm emisyon azaltım kredi çeşitlerinin dönüştürülebilir nitelik kazanması nihai amaçtır.
İDÇS Cancun Uzlaşmaları (COP16)	2010-Cancun (Meksika)		Az gelişmiş ülkeler içindeki 30'a yakın ülkenin haricinde diğer ülkelerin emisyonları azaltıcı hedeflerini belirli bir programa göre yapmaları kararlaştırılmıştır. Bu programlarda emisyon seviyelerini ne kadar azaltacakları belirtmeleri zorunlu tutulmuştur.
İDÇS Durban Uzlaşmaları (COP17)	2011- Durban(Güney Afrika)		Yapılan görüşmelerde Kyoto protokolü yerine geçecek bir anlaşmanın çerçevesinin tartışılmış, önceki konferanslarda sera gazı azaltımına yönelik alınan kararların bazı noktaları gündeme getirilmiştir.
İDÇS Doha İklim Zirvesi (COP18)	2012- Doha (Katar)		Emisyonların azaltımı, iklim değişikliğine uyum, finansman, teknoloji konularında müzakereler yapılmıştır. Küresel GHG emisyonlarının azaltılmasının gerekliliği ve acil bir konu olduğu

			vurgulanmıştır. Küresel olarak ortalama sıcaklık artışının 2 derece olmasına karar verilmiştir.
İDÇS İklim (COP19)	Polonya Zirvesi	2013- Polonya	Bu zirvenin temel amacı ülkelerin Paris İklim anlaşması çerçevesinde verdikleri taahhütleri somutlaştırmalarıdır. 21. yy. sonuna kadar yer kürenin sıcaklığını 2 derecenin altında tutmak için sera gazı salınımlarını azaltmaları ve fosil enerji kaynak kullanımı yerine yenilenebilir temiz enerjilere yönelmeleri gerektiğine vurgu yapılmıştır.
BM Değişikliği Sözleşmesi (COP20)	İklim	2014-Lima(Peru)	Gelişmiş ülkelerin 2020 yılına kadar GHG emisyonlarını azaltmaları, iklim değişikliğine uyum ve düşük karbon salınımları için gerekli stratejileri belirlemeleri amacıyla teknoloji, teknik, gelişme ve finans desteğini sağlamalarının altı çizilmiştir.
Paris (COP21)	Anlaşması	2015-Paris(Fransa)	İlk kez küresel ölçekte bütün ülkeler GHG emisyon azaltımı taahhüdünde bulunmuşlardır. Anlaşmada, 2020 sonrasında, iklim değişikliği tehlikesine karşı küresel sosyo ve ekonomik dayanıklılığın güçlendirilmesini hedeflemektedir.
Marakeş Konferansı (COP22)	Taraflar	2016-Marakeş(Fas)	Paris anlaşmasından sonra yapılan ilk taraflar konferansı olması nedeniyle “Eylem Konferansı” olarak adlandırılmıştır. Gelişmiş ülkelerin 100 milyar dolar taahhüdüne ilişkin (100 Milyar ABD doları Yol Haritası) finansman bağlamında gelinen noktanın değerlendirilmesi yapılmıştır.
BMİDÇS Taraflar Konferansı (COP23)	23.	2017-Bonn	Paris Anlaşmasının nasıl uygulanacağına dair hususlar yer almıştır.
BMİDÇS Taraflar Konferansı (COP24)	23.	2018- Katoviçe’	Paris Anlaşmasının nasıl uygulanacağına dair hususların yer aldığı “Kural Kitabı” kabul edilmiştir.
BMİDÇS Taraflar Konferansı (COP25)	23.	2019-Madrid	Kural Kitabında yer alan kararlar hakkında anlaşma sağlanamayan hususlar yer almıştır.

Not: Yazar tarafından düzenlenmiştir.

Tablo 2.1’de görüldüğü üzere 1980’li yıllarda insan kaynaklı sera gazı salınımlarının artması iklim değişikliği üzerine endişelerin artmasına yol açmıştır.

Bu nedenle hükümetlerin küresel bir anlaşma olması için birtakım konferanslar düzenlediği görülmektedir. Böylelikle bu konferanslar sonucunda 1990 yılında BMİDÇS için Hükümetler arası Müzakere Komitesi oluşturularak çevre sözleşmesinin yürürlüğe girmesi için süreç başlatılmıştır.

2.2.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi

BMİDÇS iklim değişikliğine küresel olarak dikkat çekmek ve küresel olarak tepkilerin temelini oluşturmak üzere 1992 yılında kabul edilmiş, 21 Mart 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. Sözleşmede 194 taraf yer almaktadır. Sözleşmenin nihai amacı madde 2’de “atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde tutmayı başarmak” şeklinde yer almaktadır. Tarafların iklim sistemini günümüz ve gelecek kuşaklar için korumak adına aldıkları genel ilkeler, sözleşmenin giriş bölümü ve Madde 3’te yer almaktadır. Madde 3’te yer alan ilkeler şunlardır:

- Eşitlik ilkesi
- Ortak ama farklılaşmış sorumluluklar ilkesi
- İhtiyatlılık ilkesi
- Sürdürülebilir kalkınmayı destekleme ilkesi
- Serbest ticaret ilkesi

Sözleşmede tüm tarafların ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklarını ve kendilerine özgü ulusal kararları doğrultusunda hedeflerini belirleyecekleri, insan kaynakları emisyonları ele alacakları ve iklim değişikliğini azaltacak yükümlülüklerini tanımlamaktadır. Hükümetler, iklim değişikliğini azaltacak ulusal ve bölgesel programlarını, alacakları önlemlerini düzenli olarak planlamaları gerektiği vurgulanmaktadır. Enerji, tarım, ulaşım gibi sektörlerde GHG emisyonlarını kontrol eden ve kontrol altına alan teknolojiler geliştirmeleri ve yaygınlaşmalarını sağlamaları için iş birliği içinde olmaları belirtilmektedir.

Sözleşme tüm taraflar için geçerli yükümlülüklerin yanı sıra gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için farklı yükümlülükler ortaya koymaktadır. Sözleşmede tüm taraflar

için yer alan yükümlülükler madde (4.1), Ek 1’de yer alan tarafların yükümlülükleri madde (4.2) ve Ek 2’de yer alan tarafların yükümlülükleri madde (4.3), (4.4) ve (4.5)’te yer almaktadır. Sözleşmede yer alan tüm tarafların iklim değişikliğinin azaltıcı politikalar, uyum programları, uygulamalar ve ulusal salım envanterlerini geliştirerek taraflar konferansına bildirmeleri gerekmektedir. Ek 1’de yer alan gelişmiş ülke taraftarları salınımları sınırlayıcı ve yutakları³ iyileştirmeye yönelik politikalar ve programlar geliştirmelidir. Ek 2’de yer alan gelişmiş ülkeler ise gelişmekte olan ülkelere Sözleşmede yer alan yükümlülükleri yerine getirebilmeleri için teknoloji transferi ve mali kaynak sağlamaları gerekmektedir (BMİDÇS; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2020).

2.2.2. Kyoto Protokolü

1997 yılında Kyoto’da gerçekleştirilen BMİDÇS COP 3’te kabul edilmiştir. Protokolün hazırlanması ve taraflara onaylatılması için gerekli düzenlemeler 2001 yılında Marakeş’te düzenlenen COP 7’de kabul edilmiştir. 2005 yılında yürürlüğe giren protokolde AB’nin de taraf olduğu 191 ülke yer almaktadır. BMİDÇS ve Kyoto Protokolü arasında düzenledikleri yükümlülüklerin hukuki bağlayıcılığı konusunda farklılık bulunmaktadır. Sözleşmede sanayileşmiş ülkelerin sera gazı salınımlarını sınırlayan bağlayıcı yükümlülükler olmamasına karşın, Kyoto Protokolünde sanayileşmiş ülke taraflarına sera gazlarını sınırlayan ve azaltıcı yönde bağlayıcı yükümlülükler yer almaktadır. Protokolde yer alan EK-1 tarafları için salınım, azaltım ve sınırlama taahhütlerini yerine getirirken sürdürülebilir kalkınmanın teşvik edilmesi için ulusal koşullara uygun olan politikaları uygulamaları ve geliştirmeleri gerektiğine dikkat çekilmiştir. İlgili sektörlerde enerji verimliliği sağlanması, sera gazı yutaklarının çevre sözleşmelerine göre geliştirilmesi, ormanlaştırmanın teşvik edilmesi, yenilenebilir enerji türlerinin kullanılmasına teşvik edilmesi, çevre dostu yeni teknolojilerin araştırılması ve geliştirilmesi gibi politika ve önlemler bulunmaktadır. Protokolde yer alan madde 3’te EK 1 de yer alan tarafların 2008-2012 dönem aralığında EK-A’da yer alan (CO₂, CH₄, N₂O ve HFC’ler, CFC’ler, SF₆) insan kaynaklı sera gazı salınımlarının toplamının, 1990 yılındaki düzeyin %5

³ **Yutak** “bir sera gazını, bir aerosolü veya bir sera gazının oluşumunda rolü bulunan bir öncü maddeyi atmosferden uzaklaştıran herhangi bir işlem, faaliyet veya mekanizma” anlamına gelmektedir (BMİDÇS, madde 1-tanımlar).

altına indirmek için taraflara tayin edilmiş salınım miktarlarını aşmamaları gerektiği yer almaktadır.

Kyoto protokolünden sonra devam eden süreçte iklim politikalarının belirlenmesi için Bali’de 2007 yılında COP 13 sonucunda Bali Eylem Planı önemlidir. Sonrasında 2009 yılında Kopenhag’da gerçekleşen COP 15’te uzlaşma sağlayamayan taraflar, Doha’da 2012 yılında düzenlenen COP 18’de uzlaşmaya varmışlar ve bu protokolün 2020 yılına kadar devam etmesi kararı almışlardır. Böylece protokolün ikinci taahhüt dönemi 2013-2020 yıl aralığı olarak belirlenmiştir. Protokol’de yer alan EK-B listesindeki tarafların sera gazı salınımlarını ilk taahhüt döneminden farklı olarak 1990 yılındaki düzeyden en az %18 azaltması gerektiği karara bağlanmıştır. 144 ülke tarafının kabul etmesi gerekli olan bu değişiklik 135 ülke tarafından kabul edildiği için yürürlüğe girememiştir. ABD, Rusya, Yeni Zelanda ve Japonya ikinci taahhüt döneminde bulunmamışlardır. Bu nedenle iklim değişikliği mücadelesi AB ve küçük gelişmiş ülkelerin salınımlarını azaltmaları konusundaki taahhütlerine bırakılmıştır. EK-B de yer alan ülkeler Tablo 2.2’de gösterilmektedir (BMİDÇS, Kyoto Protokolü, (1998); TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020).

Tablo 2.2. Kyoto Protokolü EK-B Yer Alan Taraf Ülkeler

Avustralya	Belçika	Kanada	Çekya
Avusturya	Bulgaristan	Hırvatistan	Danimarka
Estonya	Fransa	Macaristan	İzlanda
AB	Almanya	İzlanda	Japonya
Finlandiya	Yunanistan	İtalya	Letonya
Lihtenştayn	Litvanya	Lüksemburg	Monako
Hollanda	Hollanda	Yeni Zelanda	Norveç
Polonya	Portekiz	Romanya	Rusya
Slovakya	İspanya	İsveç	İsviçre
Ukrayna	Birleşik Krallık	İrlanda	ABD

Not: EK B dışında protokole taraf olan diğer ülkeler EK-dışı ülkeler olarak adlandırılmaktadır.

2.2.3. Paris İklim Anlaşması

2015 yılında Fransa’da gerçekleşen COP 21’de, 2020 yılında sona erecek olan Kyoto Protokolü yerine geçecek olan Paris İklim Anlaşması kabul edilmiştir. Paris İklim Anlaşması, 2015 yılı itibariyle GHG emisyonlarının %55’ini oluşturan 55 ülkenin onay vermesiyle 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Anlaşmanın amaçlarından birisi, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak ve yoksulluğu ortadan kaldırmak için BMİDÇS’nin uygulamalarını geliştirmektir. Anlaşmanın bir diğer amacı ise küresel sıcaklık artışını sanayileşmeden önceki dönemdeki gibi 2 derecenin altına indirmektir. Ayrıca bu artışı 1.5 derecenin altında sınırlandırmak için tarafların uygulamalar yapmasını sağlamaktır.

BMİDÇS’de 2015 yılında kabul edilen Paris İklim Anlaşması 197 ülke tarafından imzalanmıştır. İklim değişikliğine neden olan GHG emisyonlarının önlenebilecek bir seviyede stabilize etme yolunda hedefleri bulunmaktadır. Fakat 2005 yılında verilen taahhütlerle bu hedeflere ulaşmak yeterli değildir (Liu vd., 2020). İnsan kaynaklı sera gazı azaltımında toplumun rolünün önemli olduğu Paris İklim Anlaşmasında açıkça ifade edilmiştir. Avrupa ülkelerinde yürütülen bazı anketler toplumların iklim değişikliği üzerine düşündüğünü ve Paris İklim Anlaşmasının hedeflerinin kendileri için önemli olduğunu göstermiştir. Örneğin Almanya Çevre Ajansı tarafından çevre bilinci için yapılan bir araştırmada toplamda ankete katılanların %88’inin Paris Anlaşması’nın iklim hedeflerinin kendileri için çok önemli (%52) veya oldukça önemli (%36) olduğunu belirttiklerini göstermiştir (Bauer ve Menrad, 2019).

2.2.4. Viyana Sözleşmesi

Ozon tabakasının incelenmesi ilk kez 1976 yılında BM Çevre programı (UNEP)’nin yönetim konseyinde tartışılmıştır. 1977 yılında ozon tabakasının incelenmesinin düzenli olarak değerlendirilmesi için DMÖ-WMO ve UNEP tarafından kurulan Ozon Tabakası Koordinasyon Komitesi sonrasında uzmanlar ozon tabakasını incelten konular hakkındaki bir toplantıda bir araya gelmişlerdir. Bu konu hakkında hükümetler arası temaslar ilk kez 1981 yılında başlamıştır. Daha sonra 1985’te Ozon Tabakasının Korunması için Viyana Sözleşmesi kabul edilmiştir. Viyana sözleşmesi ozon tabakasında meydana gelecek değişiklikler hakkında araştırmalar ve gözlemler

yapılmasına, ortaya çıkan olumsuz etkilere karşı insan sağlığı ve çevrenin korunmasına, alınacak önlemler hakkında hükümetlerin bilgi paylaşımı ve iş birliği içinde olmasına teşvik etmektedir. Sözleşme tarafları “BM İnsan ve Çevresi Konferansı Beyannamesi’nin ilgili hükümlerini ve özellikle de, “Devletler, BM Ana Sözleşmesi ve uluslararası hukuk ilkeleri uyarınca kendi çevre politikalarına uygun olarak kendi kaynaklarını hükümler halinde kullanma hakkını ve kendi kontrolleri ya da yetki alanları içindeki faaliyetlerin, diğer devletlerin veya ulusal yetki alanlarının sınırları dışındaki sahaların çevrelerine zarar vermemesini temin etme sorumluluğunu haizdirler” ibaresini taşıyan 21 sayılı ilkeyi anımsayarak” genel önlemler almakla görevlendirilmektedirler. Çerçeve bir sözleşme olan Viyana Sözleşmesi üzerindeki anlaşmayla birlikte 1987 yılında ozon tabakasının incelmesine neden olan maddelerin üretimi ve kullanımının azaltılması için protokoller yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda Ozon Tabakasını İncelten Maddeler İlişkin Montreal Protokolü kabul edilmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

2.2.5. Montreal Protokolü

Yasal bağlayıcılığı olan kontrolleri veya hedefleri içermeyen bir çerçeve sözleşme olan Ozon Tabakasının Korunması için Viyana Sözleşmesinin ardından ozon tabakasının incelmesine neden olan maddelerin üretim ve kullanımının kontrolünün sağlanması için 1987’de Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Montreal Protokolü kabul edilmiştir. Montreal Protokolü düzenli olarak gerçekleştirilen bilimsel ve teknolojik çalışmaları dikkate alarak azaltım takviminin yenilenebileceği şekilde oluşturulmuştur. Bunun için Protokole ait takvim 1990’da (Londra),1992’de (Kopenhag), 1995’te (Viyana), 1997’de (Montreal), 1999’da (Pekin) ve 2007’de (Montreal) tekrar düzenlenmiştir. Bu düzenlemelerle birlikte yeni önlemler ve maddelerde anlaşmaya dâhil edilmiştir. Montreal Protokolü 196 ülkenin taraf olduğu çevre konusunda en başarılı anlaşma olarak tanımlanmaktadır. Londra’da 1990 yılında Çok Taraflı Fonun kurulması Protokolün gerçekleştirdiği büyük bir başarı olarak sayılmaktadır. Türkiye, 1991 yılında protokole taraf olmuş ve protokolün uygulanmasını sağlayan başarılı ülkeler arasında yer almıştır. Protokole ilişkin kararlar ve uygulamalar Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın

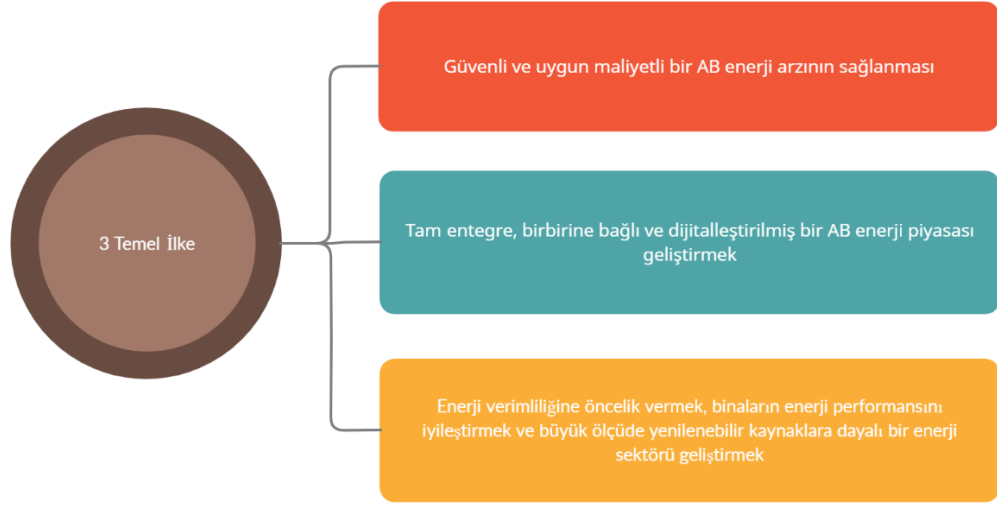
koordinasyonunda gerçekleştirilmektedir. 1190-2010 yılları arasında 135 milyar ton CO₂ eşdeğeri emisyonun atmosfere salınımı bu sözleşme sayesinde engellenmiştir. 2016 yılında protokolde çok yaygın olarak kullanılan Florlu Sera Gazlarının kullanımının kontrol altına alınması için Kigali Değişikliği ile Montreal Protokolü'ne maddeler eklenmiştir. Böylece küresel ısınmaya neden olan bu gazların azaltımı ve iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında önemli bir adım atılmış olmaktadır. Kigali Değişikliği ile florlu sera gazı üretim ve tüketiminin 0,5 derecelik sıcaklık artışının önüne geçilmesi sağlanacak ve Paris Anlaşması'nda yer alan 1,5 derece hedefinin içinde kalınmasına da katkıda bulunacaktır (Çevre, Şehircilik ve iklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

2.2.6. Avrupa Yeşil Anlaşması

Son yıllarda, CO₂ emisyonundaki artış, çevresel sürdürülebilirlik için tehdit oluşturan küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi'nden hazırlanan bir rapora göre, toplam küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %90'ının fosil yakıtların yanmasından kaynaklandığı gösterilmektedir. Bu endişelerin ardından ülkeler, GHG emisyonlarını azaltmak için hem Kyoto hem de Paris iklim anlaşmalarını kabul etmişlerdir. AB üye ülkeleri, Paris iklim anlaşmasına dayanarak dünyanın en büyük sera gazı salanlarından biri ve en büyük enerji tüketicisi olarak GHG emisyonlarını azaltmayı taahhüt etmektedirler (Radmehr vd., 2021). Sera gazı ve havayı kirletici emisyonların sınırlandırılması ile ilgili sorunlar, 20. yüzyılın sonundan beri ele alınmaktadır. 1997'de Kyoto'da GHG emisyonlarına ilişkin bir protokol kabul edilmiş ve 16 Şubat 2005'te yürürlüğe girmiştir. Bu belgeye göre, sera gazları arasında karbondioksit, metan, azot oksit, ozon ve diğer bazı endüstriyel gazlar (örneğin HFC, PFC ve SF₆) bulunmaktadır. AB ülkeleri, Kyoto Protokolü'nün yükümlülüklerini yerine getirmek için GHG emisyonlarını ölçen sistem geliştirmiştir. 2014 yılı Ekim ayında tehlikeli iklim değişikliğini azaltmak için AB üye devletleri, 2030 yılına kadar hem iklim hem de enerji ile ilgili hedefler belirlemiş ve kabul etmişlerdir. Bunlar arasında AB GHG emisyonlarının 1990 seviyelerine kıyasla 2030 yılına kadar en az %40 azaltmak yer almaktadır (Brodny ve Tutak, 2021).

İklim değişikliği ve çevresel bozulma, Avrupa ve dünya için bir tehdit oluşturmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için Avrupa Yeşil Anlaşması, AB'yi modern, kaynakları verimli kullanan ve rekabetçi bir ekonomiye dönüştürmeyi hedeflemektedir. 11 Aralık 2019 tarihinde açıklanan Avrupa Yeşil Anlaşması ile 2050 yılına kadar GHG emisyonlarının olmayacağını, kaynak kullanımından ayrıştırılmış ekonomik büyüme stratejisi belirleneceği ve tüm politikaların iklim değişikliğine odaklı olarak şekillendirileceği açıklanmaktadır. Bu eylemler sanayi, ulaşım, enerji, finans, inşaat ve tarım dâhil olmak üzere birçok sektörde AB ekonomilerini yeniden şekillendirecektir. 2050 yılına kadar karbon nötrlüğü, esas olarak emisyonları azaltarak, yeşil teknolojilere yatırım yaparak ve doğal çevreyi koruyarak bir bütün olarak AB ülkeleri için net sıfır GHG emisyonuna ulaşmak anlamına gelmektedir. Ülkemiz ise Avrupa Yeşil Anlaşması ile sürdürülebilir bir ekonomiye geçişine katkı sağlaması nedeniyle hazırlamış olduğu Eylem Planında “sınırdaki karbon düzenlemeleri, yeşil ve dögüsel bir ekonomi, temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı, sürdürülebilir akıllı ulaşım, sürdürülebilir tarım, yeşil finansman, diplomasi ve Avrupa Yeşil Anlaşması bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri” başlıkları altında hedefler belirlemiştir.

Enerji üretimi ve kullanımı, AB'nin GHG emisyonlarının %75'inden fazlasını oluşturmaktadır. Bu nedenle AB'nin enerji sisteminin karbondan arındırılması, 2030 iklim hedeflerine ve AB'nin 2050 yılına kadar karbon nötrlüğüne ulaşma konusundaki uzun dönemli stratejisine ulaşmak için kritik öneme sahiptir. Avrupa Yeşil Anlaşması, GHG emisyonlarını azaltmaya ve vatandaşlarımızın yaşam kalitesini artırmaya yardımcı olacak temiz enerji geçişi için 3 temel ilkeye odaklanmaktadır:



Bunu ilkeleri gerçekleştirmek için Komisyonun ana hedefleri ise şunlardır:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklemek için birbirine bağlı enerji sistemleri ve daha iyi entegre şebekeler oluşturmak,
- Yenilikçi teknolojileri ve modern altyapıyı teşvik etmek,
- Ürünlerin enerji verimliliğini ve eko-tasarımını artırmak,
- Gaz sektörünü karbondan arındırmak ve sektörler arasında akıllı entegrasyonu teşvik etmek,
- AB ülkelerinin enerji yoksulluğuyla mücadele etmesine yardımcı olmak,
- AB enerji standartlarını ve teknolojilerini küresel düzeyde teşvik etmek,
- Avrupa'nın açık deniz rüzgâr enerjisinin tüm potansiyelini geliştirmek.

Avrupa Komisyonu, AB'nin iklim, enerji, ulaşım ve vergilendirme politikalarını 2030 yılına kadar 1990 seviyelerine kıyasla net GHG emisyonlarını en az %55 oranında azaltmaya uygun hâle getirecek önerileri kabul etmektedir. (European Commission, 2021). AB'de çevresel olarak sürdürülebilir ekonomik faaliyetlerin belirlenerek sermayenin sürdürülebilir yatırımlara yönlendirilmesini, sürdürülebilir yatırımların artırılmasını ve Avrupa Yeşil Anlaşması hedeflerinin yerine getirilmesini desteklemeyi amaçlayan 2020/852 (AB) sayılı Taksonomi Tüzüğü, 12 Temmuz 2020 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Söz konusu Tüzük çerçevesinde belirlenen altı çevresel hedefe (iklim değişikliği ile mücadele, iklim değişikliğine uyum, su ve deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve korunması, dögüsel

ekonomiye geçiş, kirliliğin önlenmesi ve kontrolü, biyo çeşitliliğin ve ekosistemlerin korunması ve restorasyonu) yönelik teknik tarama kriterlerinin Avrupa'nın rekabet gücünü korumak ve üretim ile yatırımların emisyon azaltım hedefleri AB'den daha düşük olan ülkelere kaymasını önlemek için “Sınırdaki Karbon Düzenleme (SKD) Mekanizması”nın uygulanmaya çalışıldığı görülmektedir. Avrupa Yeşil Anlaşması ile hedeflenen politikaların Avrupa endüstrisine getireceği maliyetin SKD Mekanizması alışmaları kapsamında, Avrupa Komisyonu tarafından 4 Mart-1 Nisan 2020 tarihleri arasında “geri bildirim süreci” ve 22 Temmuz-28 Ekim 2020 tarihleri arasında ise “halkla iştişare süreci” gerçekleştirilmiştir. Malların karbon içeriğine bakarak seçili sektörler için ithalat fiyatının belirlenmesi temel amacdır. AB tarafından açıklanan hedeflere bakıldığında AB'nin Yeşil Mutabakat hedefleri ve Yeni Sanayi Stratejisi doğrultusunda 11 Mart 2020 tarihinde “Döngüsel Ekonomi Eylem Planı”nı yayınladığı görülmektedir. Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ile AB tarafından belirlenen yeşil ekonomi temelli politika değişikliklerinin ekonomik faaliyetler düzeyine çıkarılması hedeflenmektedir. AB'de çevresel açıdan sürdürülebilir ekonomik faaliyetlerin belirlenmesi, sermayenin sürdürülebilir yatırımlara yönlendirilmesi, sürdürülebilir yatırımların artırılması ve Avrupa Yeşil Anlaşması hedeflerinin gerçekleştirilmesine destek verilmesini amaçlayan 2020/852 (AB) Sayılı Taksonomi Yönetmeliği 12 Temmuz 2020'de yürürlüğe girmiştir. Altı evresel hedef (iklim değişikliğiyle mücadele, iklim değişikliğine uyum, su ve deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve korunması, döngüsel ekonomiye geçiş, kirliliğin önlenmesi ve kontrolü, biyolojik çeşitliliğin ve ekosistemlerin korunması ve restorasyonu) için teknik tarama kriterleri tanımlanarak çevresel olarak sürdürülebilir faaliyetlerin fiili listesinin oluşturulması için Avrupa Komisyonu tarafından çalışmalar yürütülmektedir (Yeşil Mutabakat Eylem Planı, 2021). 2050 yılına kadar dünyanın iklim açısından nötr kıtası olmak, AB ekonomisini ve toplumunu çağdaşlaştırmak ve onları adil ve sürdürülebilir bir geleceğe yeniden yönlendirmek için hayatta bir kez elde edilebilecek bir fırsattır. Bu nedenle Ar-Ge alışmaları da bu süreçte gerekli geçişleri hızlandırma ve yönlendirmede, vatandaşları inovasyona dhil eden zmleri devreye alma, gösterme ve riskleri azaltmada merkezi bir rol oynayacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AB ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİYE YAPILAN YATIRIMLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ

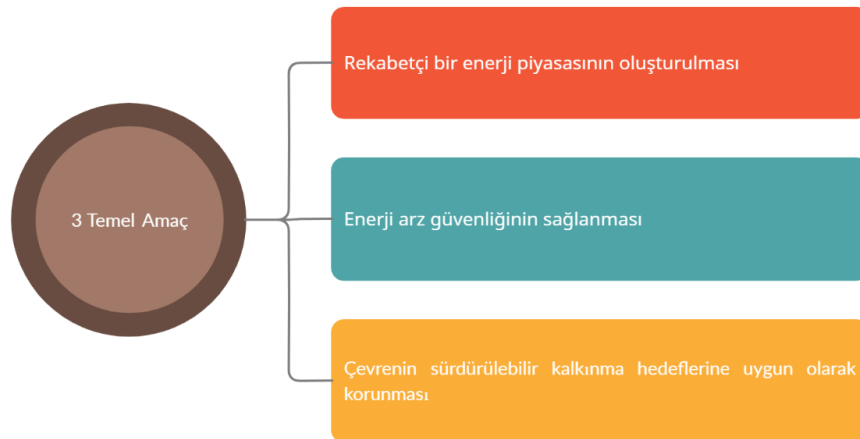
3.1. AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Sektörünün Genel Görünümü

Son on yılda, CO₂ emisyonundaki artış, çevresel sürdürülebilirliği tehdit eden küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi'nden bir rapor, toplam küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %90'ının fosil yakıtların yanmasından kaynaklandığını göstermektedir. CO₂ emisyonundaki artış ve iklim değişikliği konusundaki artan endişelere rağmen, fosil yakıtlar her zaman AB ülkelerinde GSYİH büyümesinin temel itici güçleri olmuştur. Devam eden ekonomik kalkınma, daha fazla enerji kullanımına bağlıdır ve bu da artan CO₂ emisyonlarına yol açmaktadır. Ülkeler, yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeyi ve çevresel kaliteyi yeniden dengelemek için olası bir yol sağlayabileceğine inanmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerjinin gelişimi başta AB olmak üzere birçok ülkenin ilgisini çekmektedir (Radmehr vd., 2021). Enerji sektörü, AB'nin GHG emisyonlarının %75'inden fazlasından sorumludur. Ekonominin farklı sektörlerinde yenilenebilir enerjinin payını artırmak, bu nedenle AB'nin enerji ve iklim hedeflerine ulaşmak için önemli bir yapı taşıdır.

Kasım 2016'da Avrupa Komisyonu, 2020-2030 yılları için enerji politikası çerçevesinin güncellenmesiyle ilgili olarak Kış Paketi olarak da adlandırılan "Tüm Avrupalılar için temiz enerji" başlıklı sekiz yasama eylemi yayımlamıştır. Paket, 2020'de yenilenebilir enerji kaynaklarının %20'sini hedefleyen 2020 İklim ve Enerji Paketi'nin devamı niteliğindedir. Aralık 2018'de, yeni Yenilenebilir Enerji Direktifi, 2030 yılına kadar AB için en az %32'lik yeni bir bağlayıcı yenilenebilir enerji hedefi belirleyen ve 2023 yılına kadar olası bir yukarı revizyona ilişkin bir madde ile

yürürlüğe girmiştir (Papież vd., 2019). Yenilenebilir Enerji Direktifi, AB ekonomisinin tüm sektörlerinde yenilenebilir enerjinin geliştirilmesine yönelik yasal çerçeveyi oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinde engelleri kaldırmak, yatırımları teşvik etmek ve maliyetleri düşürmek için ortak ilke ve kurallar belirlemektedir. Ayrıca vatandaşları, tüketicileri ve işletmeleri temiz enerji dönüşümüne katılmaya teşvik etmektedir. Avrupa Komisyonu, Avrupa Yeşil Anlaşmasının bir parçası olarak Temmuz 2021’de direktifin revizyonunu önermiştir. Önerilen revizyon, yenilenebilir enerjinin 2030 İklim Hedef Planı ile uyumlu olarak 2030 için daha yüksek bir AB iklim hedefine ulaşılmasına tam olarak katkıda bulunmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

Kasım 2018’de Avrupa Komisyonu, 2050 yılına kadar modern, rekabetçi ve iklim açısından tarafsız bir ekonomi için uzun dönemli stratejik bir vizyonu kabul etti: Herkes için Temiz Bir Gezegen. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji, imalat ve hizmetlerde ekonomik aktiviteyi ve istihdamı önemli ölçüde artırmakta ve inovasyon, patentler ve teknoloji yoluyla Ar-Ge’yi teşvik etmektedir. Uzun dönemde yenilenebilir enerji, genel iş ortamını iyileştiren, düşük karbonlu bir geleceğe geçişi destekleyen, çevreyi iyileştiren, zararlı toz (duman) ve sera gazlarının miktarını azaltan enerji güvenliğini artırmaktadır. Öte yandan, fosil enerjinin yenilenebilir enerji ile değiştirilmesi, belirli bölgelerde fosil yakıt enerji sektöründe istihdamın azalması gibi istihdam yapılarında değişikliklere yol açacağından ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilmektedir (Papież vd., 2019). AB ülkelerinde enerji politikalarının üç temel amacı bulunmaktadır. Bunlar;



AB ülkeleri enerji politikaları oluştururken ucuz, güvenli, çevre ve insan sağlığı açısından temiz enerjiyi kesintisiz olarak sağlamak ve yeni enerji sistemleri geliştirmeyi amaçlamaktadır. AB Enerji Politikası; “sürdürülebilir, güvenilir ve rekabet edebilen bir ortamda enerji talebini sağlamayı, iklim değişikliği ile mücadele ederek GHG emisyonlarını azaltmayı, ekonominin rekabet edilebilirliğine katkı sağlamayı, enerji kaynaklarını tüketiciye güvenilir ve ekonomik bir şekilde sunmayı ve ithal petrol, doğalgaz ve kömür bağımlılığı azaltarak düşük karbon ekonomisine geçmeyi” hedeflemektedir. Bu hedeflere ulaşmak için, toplam enerji tüketiminde kömürün payını sınırlandırmak, doğalgaz tüketimini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmak politika araçları olarak belirlenmiştir (Bayraç ve Çildir, 2017).

Tablo 3.1. AB’de Yenilenebilir Enerji İçin Zaman Çizelgesi

1991	Almanya, yenilenebilir enerji kaynakları için ilk tarife garantisini uygulamaya koydu.
1997	Gelecek için enerji: 2010 yılına kadar %12 yenilenebilir enerji hedefi.
2000	İlk büyük ölçekli kıyı rüzgâr çiftliği (Danimarka)
2001	Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi direktifi.
2003	Ulaşım için biyo yakıtlar ve yenilenebilir yakıtlar direktifi
2008	Olmedilla fotovoltaik parkı (İspanya) – Dünya’nın en büyük elektrik santrali (60 MV) yılda 40.000 eve güç sağlayacak kadar üretim yapmıştır.
2009	Yenilenebilir enerji direktifi: 2020 yılına kadar %20 yenilenebilir enerji AB hedefi ve ulusal bütçe hedefi.
2014	Kara rüzgârı kömür, gaz ve nükleer enerjiden daha ucuzdur.
2018	Revize edilmiş yenilenebilir enerji direktifi: 2030 için %32 yenilenebilir enerji hedefi
2019	AB'nin rüzgâr ve güneş enerjisinden elektrik üretimi ilk kez kömürü geçmiştir.
2021	Yenilenebilir enerji direktifi: 2030 hedefini %40’a çıkarmak için AB önerisi verilmiştir.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur (European Commission, 2021).

AB ülkelerinde 2000’lerin başında kazanılan deneyimler, yenilenebilir kaynaklar için çerçevelerin etkinleştirilmesinin önemini göstermektedir. Bu çerçeveler AB’nin

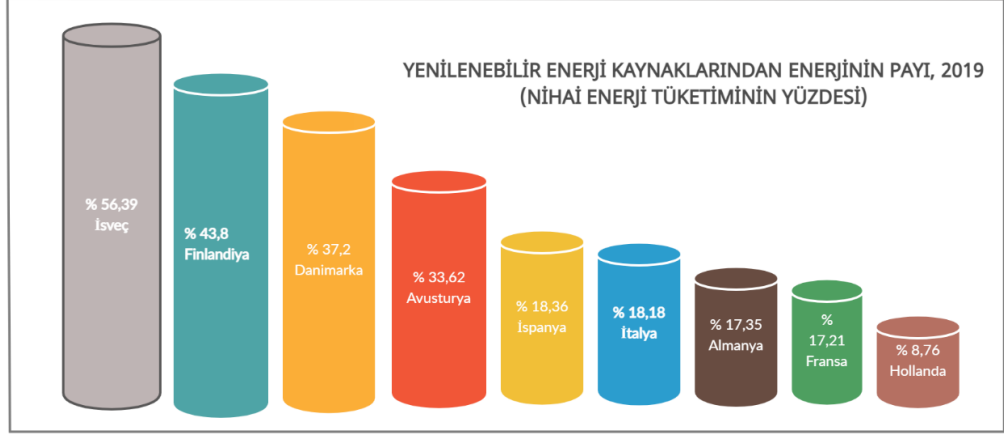
politika sürecinin merkezinde yer almaktadır. AB, 2030 yılına kadar %32 oranında bir yenilenebilir enerji payı elde etme hedefini benimsemektedir. Bu ülkeler son yıllarda yenilenebilir teknolojilerin yaygınlaştırılmasında da lider konuma gelmiştir.

3.2. AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yapılan Yatırımlar ve Çevresel Etkileri

İnovasyonlara yapılan yatırımın kirlilik seviyelerinin azaltılmasına olumlu katkıda bulunacağından kirliliklerin çevreden uzaklaştırılması (dekontaminasyon) süreçlerinin esas olarak “teknik etkiye” bağlı olduğu iddia edilmektedir. Ekonomiler gelir seviyelerini yükselttiğinde daha yüksek enerji tüketimine ve daha düşük çevre kirliliği oranlarına yol açmaktadır. Çünkü artan ölçek getirisi olan bir inovasyon stratejisi, enerji verimliliğini iyileştirmeyi sağlamaktadır. Bu nedenle, enerji inovasyon süreçleri çevresel iyileştirmeleri hızlandırabilmektedir. Enerji sektörüne yapılacak inovasyonlar, ülkelerin çevresel kalitelerini geliştirmelerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Zaman içinde enerji teknolojisindeki ilerlemelerin, iyileştirilmiş çevre kalitesinin anahtarı gibi görüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu nedenle, enerji politikaları, enerji yoğunluğunun ekonomik sistemlerde neden olduğu sosyal maliyetleri azaltmak için, çevresel düzenlemelerin inovasyonlar için teşvikler sağlamayı amaçladığı, inovasyon önlemlerine odaklanmalıdır. Ekonomik büyümeye zarar vermeden GHG emisyon seviyelerini azaltmak için enerji düzenleme önlemleri alınmalıdır. Bu nedenle, enerji verimliliğini artırmak, karbon yoğunluğunu azaltmak ve ayrıca hava kirliliği sürecini ve enerji bağımlılığını düzeltmek için alınacak önlemlerin enerji yoğunluğunu azaltması gerekmektedir (Álvarez-Herránz vd., 2017).

2050 yılına kadar dünyanın ilk iklim nötr kıtası olmak, Avrupa vatandaşlarının ve işletmelerinin sürdürülebilir yeşil enerjiden faydalanmasını sağlayacak çok iddialı önlemler paketi olan Avrupa Yeşil Anlaşması'nın arkasındaki hedefdir. Yenilenebilir enerji kullanımının GHG emisyonlarında azalma, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve fosil yakıt pazarlarına (özellikle petrol ve gaz) bağımlılığın azaltılması dâhil olmak üzere birçok faydası bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının büyümesi, yeni yeşil teknolojilerde istihdam yaratılması yoluyla

AB’de istihdamı da teşvik etmektedir. Şekil 3.1’de yenilenebilir enerjilerin nihai enerji tüketimindeki payı için mevcut en son verileri göstermektedir. Yenilenebilir enerjilerin nihai enerji tüketimindeki payı, 2019’da AB-27’de %19,7 olarak gerçekleşmiştir.⁴



Şekil 3.1. 2019 Yılı AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Enerjinin Payı
Kaynak: Eurostat (Erişim Tarihi: 29.12.2021).

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere, nihai enerji tüketiminde yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin yarısından fazlası ile İsveç’in (%56,4) 2019’da AB Üye Devletleri arasında açık ara en yüksek paya sahip olduğu görülürken Finlandiya (%43,08), Danimarka (%37,2) ve Avusturya (%33,6) takip etmektedir. En düşük yenilenebilir enerji oranının ise Hollanda’da (%8,8) olduğu görülmektedir.

3.3. AB Ülkelerinde İklim Değişikliğinin Etkileri

Enerji, ekonomik faaliyetler ve ekonomik büyüme için önemlidir. Fakat fosil yakıtlardan (petrol, kömür, gaz) kaynaklanan çevresel tehlikeler ve bu kaynakların tükenme olasılığı nedeniyle, alternatif enerji kaynakları arayışları tetiklenmektedir. Ayrıca fosil yakıtların yüksek maliyeti, özellikle enerji ithalatçısı ülkeler için başka bir yük oluşturmaktadır. Dünya, küresel ısınma ve iklim değişikliğinden kaynaklanan yeni zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeniyle birçok hayvan ve bitki türü, tarım alanları ve su kaynakları yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Kyoto Protokolü (1997) ve Paris Anlaşması (2015) sonrasında

⁴ Çalışmada 9 AB ülkesi (Avusturya, Almanya, Danimarka, Fransa, Finlandiya, İtalya, İsveç, Hollanda ve İspanya) üzerinde incelemeler ve değerlendirmeler yapıldığından dolayı bölümlerde özellikle bu ülkelerden bahsedilmektedir.

birçok ülke çevreyi korumak adına ciddi adımlar atmaya başlamıştır. Bu eylemlerden biri, fosil yakıtları mümkün olduğunca yenilenebilir enerji ile değiştirmektir (Vural, 2021).

Karbonsuzlaştırma hedeflerine ulaşmak için, sanayiden, enerji, ulaşım ve tarıma kadar tüm sektörlerde emisyonların azaltılması gerekmektedir. İklim değişikliği küresel bir tehdittir ancak küresel bir açıyla ele alınabilmektedir. Bu nedenle AB, özellikle BMİDÇS ve Paris Anlaşması aracılığıyla uluslararası ortaklarını iklim eylemi konusunda aktif olarak desteklemektedir. Azaltma eylemlerine paralel olarak AB, iklim değişikliğinin kaçınılmaz etkileriyle yüzleşmek için iklim uyumu konusunda harekete geçmiştir. Avrupa Komisyonu, AB'nin 2030 yılına kadar GHG emisyonlarını en az %55 oranında azaltmaya uygun hâle getirmek için önerileri kabul etmekte ve bu hedefe ulaşmak için gereken politika eylemlerini belirlemektedir: Bu hedefler:

- 2050 yılına kadar iklim tarafsızlığına ulaşmak için daha iddialı ve uygun maliyetli bir yol belirlemek,
- Temiz enerji kullanan işlerin artırılmasına teşvik etmek ve AB'nin ekonomisini büyütürken GHG emisyonlarını azaltma konusundaki hedeflerine devam etmek,
- Uluslararası ortakları, küresel sıcaklıktaki artışı 1,5°C ile sınırlama ve iklim değişikliğinin ciddi sonuçlarından kaçınmak için çabalarını artırmaya teşvik etmektir.

Son yıllarda, politika yapıcıların uluslararası bağlayıcılığı olan küresel iklim hedefleri üzerinde anlaşmaya varmak için büyük çabaları olmuştur. AB ülkeleri, atmosfere yayılan hava kirletici emisyonlarını azaltmak için uzun yıllardır yoğun faaliyetlerde bulunmaktadır. Bu faaliyetler, ekonomik, sosyal ve çevresel sorunları, sürdürülebilir kalkınma fikrine uygun olarak karşılıklı güçlendirmelerini sağlayacak şekilde birleştiren kapsamlı bir yaklaşıma dayanmaktadır (Brodny ve Tutak, 2021). Son on yılda iklim değişikliği en çok tartışılan çevre sorunu olmaktadır. GHG emisyonu artışını durdurmak ve küresel ortalama sıcaklık artışını 2°C'nin "çok altında" tutmak en önemli iklim değişikliği politikası hedefleridir. Bu başarıları

ararken düşük karbonlu bir ekonominin, teknolojilerin ve yenilenebilir enerjinin geliştirilmesine daha fazla önem verilmektedir (Jakučionytė-Skodienė ve Liobikienė, 2021).

AB'nin son yirmi yılda fosil kaynaklı CO2 emisyonlarının azaldığı, 2019 yılındaki emisyonların 1990'dan %23,2 ve 2005'ten ise %20,7 daha düşük olduğu bilinmektedir. COVID-19 pandemisi, AB ülkelerinde CO2 emisyonlarının 1990 yılına göre %31,3 (31,5%) ve 2005 yılına kıyasla %29,1 (29,3) azalmasına neden olmuştur. Küresel çapta toplam CO2 emisyonlarında AB ülkelerinin payı %8,5'ten %7,8'e düşmüştür. Son yıllara daha yakından bakıldığında 2017 ile 2018 arasındaki %1,7'lik düşüşün 2019'da iki katından fazla artarak %4,5'e ve 2020'de %10,6'ya ulaştığı görülmektedir. CO2 emisyonlarında en büyük düşüş AB üye ülkeleri arasında gözlenmektedir. Yunanistan'da yaklaşık %23 olurken onu Lüksemburg (%17 daha az) ve İspanya (%16 daha az) takip etmektedir. 2020'de AB üye ülkelerinin toplam CO2 emisyonlarına en büyük katkı %24,3 ile Almanya olurken onu İtalya (%11,3), Polonya (%11,2), Fransa (%10,7) ve İspanya (%8,2) izlemektedir. (GHG emissions of all world countries Report, 2021).

Yenilenebilir enerji hakkındaki çoğu literatür, temiz enerji kaynaklarının çevredeki olumlu rolünü vurgulamaktadır. Yenilenebilir enerjinin küresel enerji arzına oranının çok büyük olmasa da yenilenebilir kaynakların gelecekteki gelişme beklentileri umut vericidir. Ayrıca, birçok ülke yenilenebilir enerji geliştirme planları hazırlamaktadır. Örneğin, Alman federal hükümeti yenilenebilir enerji oranını 2025 yılına kadar %45'e ve 2050 yılına kadar %80'e çıkarmayı planlamaktadır. (Horbach ve Rammer, 2018). Çalışmada yer alan ülkelerin enerji, iklim değişikliği ve teknolojik gelişmeleri hakkında ayrıntılara bu bölümde kısaca değinilecektir⁵

Avusturya yenilenebilir enerjide dünya lideridir. 2018'de yenilenebilir enerji kaynakları, toplam birincil enerji arzının (TPES) neredeyse %30'unu kapsamaktadır. Toplam nihai tüketimde (TFC) yenilenebilir kaynakların payı %32, elektrik üretimindeki payı ise %77'dir. Biyo enerji hem toplam birincil enerji arzının hem de

⁵ Bu bölümde değinilen ülkelerin detaylı bilgileri ülkelerin Energy Policy Review (IEA) da yer alan raporlardan alınarak açıklanmış ve tablolaştırılmıştır.

nihai tüketimde yenilenebilir kaynakların içerisindeki en büyük yenilenebilir enerji kaynağıdır. Avusturya'nın elektrik üretimindeki yenilenebilir payı 2018'de IEA'da en yüksek üçüncü paya sahiptir. Önemli hidro kaynaklar sayesinde ise yenilenebilir enerji, on yıllardır Avusturya'nın elektrik üretiminin çoğunu oluşturmaktadır. Son yıllarda, tarife garantisi ve düşen teknoloji maliyetleri, başta rüzgâr enerjisi olmak üzere diğer kaynaklardan elde edilen yenilenebilir elektrikte hızlı bir büyümeye yol açmaktadır. Avusturya, 2018'de ulaşımın %7,7'sini yenilenebilir enerjiyle karşılamıştır. Bu enerji daha çok biyo yakıtlardan elde edilmiştir. Avusturya günümüzde ısıtma ve soğutma için kullandığı enerji tüketiminin neredeyse yarısını yenilenebilir kaynaklardan karşılamaktadır.

Tablo 3.2. 2018 yılı Avusturya'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler

Toplam arz: 9,6 Mtep (TPES'in %29,3'ü) ve 50,0 TWh (elektrik üretiminin %77,0'ı)
Biyoenerji ve yenilenebilir atık: 5,5 Mtoe (TPES'in %16,9'u) ve 4,9 TWh (7,6'sı elektrik üretimi)
Güneş: 0,3 Mtep (TPES'in %0,9'u) ve 1,4 TWh (elektrik üretiminin %2,2'si)
Rüzgâr: 0,5 Mtep (TPES'in %1,6'sı) ve 6,0 TWh (elektrik üretiminin %9,3'ü)
Hidro: 3,2 Mtep (TPES'in %9,9'u) ve 37,6 TWh (elektrik üretiminin %57,9'u)
Jeotermal: 0,04 Mtep (TPES'in %0,1'i) ve 0 TWh (elektrik üretiminin %0'ı)

Kaynak: Avusturya 2020, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Avusturya Ulusal Enerji ve İklim Planı (NECP), 2030 yılında nihai tüketimde %46-50 yenilenebilir enerjiden ve ulusal dengede ise %100 yenilenebilir enerjiden elektrik tüketimi gerçekleşmesini hedeflemektedir. Avusturya, tüm sektörlerde yenilenebilir enerji için 2030 hedeflerini ve 2040 karbonsuzlaştırma hedeflerini açıkça destekleyen bir uygulama planı geliştirmelidir. Avusturya ayrıca yenilenebilir enerjide hızlandırılmış ve sürdürülebilir bir büyüme için ihtiyaç duyulan önemli alanları hedefleyen projeleri ile yenilenebilir enerjileri teşvik etmektedir. Bu projeler arasında güneş fotovoltaikleri artı depolama, yenilenebilir ısıtma ve soğutma, biyogaz ve yenilenebilir kaynaklardan hidrojen yer almaktadır. Avusturya'nın iklim politikası, Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) kapsamındaki sektörler ve ETS dışı sektörler için belirli emisyon azaltma hedefleri belirleyen AB'nin iklim politikası çerçevesi tarafından yönlendirilmektedir.

Tablo 3.3. Avusturya’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler

Toplam GHG emisyonları (2017):

LULUCF’siz GHG emisyonları*: 82,3 Mt CO₂, 2005’ten beri %-11,1, 1990’dan beri %+4,6

LULUCF ile GHG emisyonları*: 77,4 Mt CO₂, 2005’ten beri -%5,6, 1990’dan beri +%16,0

Enerji ile ilgili CO₂ emisyonları (2018):

Yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları: 61,5 Mt CO₂, 2005’ten bu yana -%17,4

Yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları: petrol %50,6, doğal gaz %27,2, kömür %16,9, diğer (dahil yenilenemeyen atık) %5,3

Sektöre göre CO₂ emisyonları: ulaşım %40,3, elektrik ve ısı üretimi %21,0, sanayi %17,6, konut %10,0, diğer enerji %7,8, hizmet %3,4

Kaynak: Avusturya 2020, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Not: * Arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (Kaynak: UNFCCC).

Avusturya, en son Avrupa İnovasyon Konsey’ine göre “güçlü bir yenilikçi” olarak kabul edilmektedir. Avusturya, 2010-18 döneminde yaşanan dalgalanmalarla birlikte, enerji ile ilgili Ar-Ge’ye yılda ortalama 140 milyon Euro harcamıştır. Bu enerji Ar-Ge harcamalarının neredeyse tamamı, başta enerji verimliliği olmak üzere düşük karbonlu teknoloji alanlarına verilmiştir. IEA verileri, Avusturya’da enerji Ar-Ge için hükümet harcamalarının hem GSYİH’nın payının hem de kişi başına IEA ortalamasının üzerinde olduğunu göstermektedir (bk. Tablo 3.4.).

Tablo 3.4. Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2018

Devlet enerji Ar-Ge harcamaları: %99’dan fazlası düşük karbonlu teknoloji alanlarında olmak üzere 144 milyon Euro

GSYİH Payı: 1 000 GSYİH birimi başına 0,37

Kişi başına Ar-Ge: 19,2 USD

Kaynak: Avusturya 2020, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Avusturya, 2018’de GSYİH’nın %0,037’sini enerji ile ilgili Ar-Ge’ye harcamıştır. Enerji verimliliği fonlarının çoğu, ulaşım sektöründe verimliliği artırmaya yöneliktir, ancak finansman aynı zamanda binalara, topluluklara ve sanayiye de yönlendirilmiştir. Ayrıca geliştirmeye yönelik olarak yenilenebilir kaynaklardan güneş fotovoltaikleri ve biyo yakıt toplam kamu finansmanının %16’sını kapsamaktadır.

Danimarka’nın, iddialı ulusal enerji hedefleri belirleme konusunda uzun bir tarihe sahip olduğu bilinmektedir. 2030 yılı hedefine göre yenilenebilir kaynaklar ülkenin

toplam enerji tüketiminin en az yarısını karşılamalıdır. 2050 yılına kadar Danimarka, fosil yakıtlardan bağımsız, düşük karbonlu bir toplum olmayı hedeflemektedir. Bu hedefler doğrultusunda, yenilenebilir kaynakların payı hem başta biyo yakıtlar ve atıklardan olmak üzere TPES’de hem de ağırlıklı olarak rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde önemli ölçüde artmaktadır. Danimarka’da elektrik üretimi son yirmi yılda köklü olarak değişmektedir. Kömür üretimi büyük ölçüde azalmış ve elektrik üretiminin büyük kısmı rüzgâr ve biyo enerjiden sağlanmaktadır. 2016 yılında rüzgâr enerjisi, Danimarka’daki tüm elektrik üretiminin %42,5’ini oluşturmaktadır. Yenilenemeyen atıklar, toplam biyo yakıt ve atık arzının %10’unu oluşturmaktadır. Güneş enerjisi, birincil enerji arzında ve elektrik üretiminde sadece küçük bir paya sahiptir, ancak son yıllarda önemli ölçüde artmaktadır.

Tablo 3.5. 2016 yılı Danimarka’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler

Toplam arz: 5,4 Mtep (TPE’in %32,4’ü) ve 18,9 TWh (elektrik üretiminin %62,9’u).

Biyo yakıtlar ve atık: 4,1 Mtep (TPES’in %25,1’i) ve 5,4 TWh (elektriğin %17,9’u)

Rüzgâr: 1,1 Mtep (TPES’in %6,7’si) ve 12,8 TWh (elektrik üretiminin %42,5’i)

Güneş: 0,1 Mtoe (TPES’in %0,7’si) ve 0,7 TWh (elektrik üretiminin %2,5’i)

Hidro: 0,002 Mtep (TPES’in %0,01’i) ve 0,02 TWh (elektrik üretiminin %0,1’i)

Kaynak: Danimarka 2017, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 02.01.2021).

Not: IEA kaynaklarında Danimarka için en son yayımlanan güncel rapor 2017 yılına aittir.

Danimarka’nın enerji politikalarına ilişkin yayımlanan en son ve güncel olan 2017 yılı IEA incelemesi, birbiriyle ilişkili iki konuya odaklanmaktadır: artan hacimlerde değişken yenilenebilir enerjinin, mevcut %45’lik payının ötesinde güç sistemine nasıl entegre edileceği ve ısıtma sektörünün karbondan nasıl arındırılacağı. Danimarka, yenilenebilir enerjiiyi entegre etmede ve aynı zamanda son derece güvenilir ve güvenli bir elektrik enerjisi şebekesini sürdürmede küresel bir lider olarak tanınmaktadır.

Tablo 3.6. Danimarka’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler

Yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları: 32,0 MtCO₂, 2005’ten beri -%34

Yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları: kömür %22,7, petrol %51,2, doğal gaz %20,9, diğer %5,1

Sektöre göre CO₂ emisyonları: ulaşım %36,0, elektrik ve ısı üretimi %33,0, sanayi %10,6, diğer enerji endüstrileri %6,9, ticari %6,9, konut %6,6

Kaynak: Danimarka 2017, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Danimarka'daki GHG emisyonları, 2015 yılında 51,9 milyon ton karbondioksit eşdeğeri (MtCO₂) olarak gerçekleşmiştir. Enerji ile ilgili emisyonlar, toplam emisyonların %74'ünü oluşturmakta, onu tarım sektörü (%21), endüstriyel süreçler (%3) ve atık sektörü (%2) takip etmektedir. Son on yılda, tüm sektörlerden kaynaklanan toplam emisyonlar %27 oranında azaltılmıştır. CO₂, toplam emisyonların %75'ini (CO₂ eşdeğerlerinde) oluşturan en baskın sera gazıdır. Kalan emisyonlar, sırasıyla %14 ve %11'e karşılık gelen CH₄ ve N₂O'dan oluşmaktadır. Danimarka, iklim değişikliğinin azaltılmasına büyük önem vermektedir ve emisyonların azaltılması için iddialı ulusal hedefler belirlemiştir. Enerji ile ilgili emisyonların baskınlığı göz önüne alındığında hedeflerde ve politika önlemlerinde büyük ölçüde enerji sektörüne odaklanılmaktadır. En önemlisi, hükümet 2030 yılına kadar enerji talebinin yarısını yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılamayı ve 2050 yılına kadar fosil yakıtlardan bağımsız düşük emisyonlu bir toplum olmayı hedeflemektedir. Hükümet, emisyonların azaltılmasına yardımcı olmak için yenilenebilir kaynakları desteklemek ve enerji tasarrufunu ve enerji verimliliğini teşvik etmek gibi çeşitli önlemler almaktadır. Danimarka'nın AB Emisyon Ticareti Planına (ETS) katılımı ve AB odaklı standartların ve gereksinimlerin uygulanması da ulusal çabalara katkıda bulunmaktadır. Tüm ülkelerde olduğu gibi, ulaşımdan kaynaklanan emisyonları sınırlamak için daha fazlasının yapılması gerekmektedir.

Tablo 3.7. Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2017

Devlet enerji Ar-Ge harcamaları: 738 milyon Danimarka kronu (99 milyon Euro)

GSYİH Payı: %0.039

Kişi başına Ar-Ge: 129 Danimarka kronu

Kaynak: Danimarka 2017, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Danimarka'daki enerji teknolojisi Ar-Ge payı, enerji ve iklim politikalarıyla uyumludur ve ülkenin düşük karbon hedeflerini desteklemektedir. Danimarka, 2016 ve 2017'de kamu finansmanı yarıya indirilene kadar, IEA üye ülkeleri arasında GSYİH oranı olarak en yüksek kamu finansmanı seviyelerinden birine sahipti. Danimarka'nın enerji hedefleri doğrultusunda, finansmanın neredeyse yarısı yenilenebilir enerji projelerine tahsis edilmektedir. Enerji Ar-Ge'sine yapılan önemli kamu harcamaları, düşük karbonlu bir enerji karışımına geçiş, artan enerji

verimliliği, istihdam yaratma ve artan enerji teknolojisi ihracatı dâhil olmak üzere önemli sosyo-ekonomik faydalar sağlamaktadır.

Finlandiya'nın 2030'a kadarki enerji stratejisinin temel hedefleri; TFC'nin %50'sinin üzerinde yenilenebilir enerji payından oluşturmak, %55'in üzerinde kendi kendine yeterli düzeye sahip olmak, enerji üretiminde kömürü aşamalı olarak kaldırmak, ithal petrolün yurtiçi kullanımını yarıya indirmek ve taşımacılıkta %40'a varan yenilenebilir yakıt payının olmasıdır. Finlandiya'nın 2030 için AB hedeflerinin yanı sıra bu ulusal hedeflere ulaşmasını sağlayacak eylemleri belirlemekte ve GHG emisyonlarında %80 ila %95'lik bir azalma elde etme yolunu kademeli olarak belirlemektedir. Ayrıca 2050 yılına kadar %100 yenilenebilir enerjiye dayalı bir enerji sistemine geçiş olasılığını da incelemektedir. Yenilenebilir enerjinin TPES içindeki payı istikrarlı bir büyüme yolundadır. Son on yılda, biyo yakıtlar ve atık arzi yılda ortalama %2,7 oranında artmıştır. Katı biyo yakıtlar ağırlıklı olarak ısı ve elektrik üretimi, sanayi ve konut sektörlerinde kullanılmaktadır. 1980'lerde ısı ve elektrik üretiminde kullanılmaya başlanan biyo yakıtlar ve atıklar, hızla enerji arzının önemli bir parçası hâline gelmektedir. 2016 yılında biyo yakıtlar ve atıklar, bölgesel ısı üretiminin %45'ini oluşturmaktadır. 2017'de Finlandiya, TPES'te %33,4 yenilenebilir enerjiye sahip olan IEA üye ülkeleri arasında beşinci en yüksek paya sahiptir.

2016 yılında Finlandiya'nın GHG emisyonları 58,8 milyon ton CO₂ eşdeğeri (MtCO₂)'dir. Bu emisyonların dörtte üçü, özellikle enerji ve ısı üretimi, ulaşım ve sanayi kullanımı olmak üzere enerji ile ilgili yanma süreçlerinden kaynaklanmaktadır. TPES'in birimi başına CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji kaynaklarının TPES içindeki payıyla doğrudan bağlantılıdır. 2017 yılında Finlandiya, IEA üyesi ülkeler arasında biyo yakıtlarda ikinci en yüksek paya sahiptir. AB üyesi olarak Finlandiya'nın emisyonları, AB-ETS Planı ve ETS dışı sektör düzenlemeleri kapsamındadır. Hükümet, ETS sektörleri dışında GHG emisyonlarının azaltılması için hedefler benimsemiştir. Bununla birlikte, Paris Anlaşması uyarınca 2030-2050'ye kadar emisyon azaltımına yönelik uzun vadeli hedeflere ulaşmak için güçlü politikalar gerekmektedir. 2016 yılında Finlandiya, 2017 Orta Vadeli İklim Politikası Planında belirlenen ETS dışı sektörlerle yönelik eylemlerle tamamlanan, ileriye

dönük hedefleri ve politika eylemlerini tanımlayan 2030 için Ulusal Enerji ve İklim Stratejisini kabul etmiştir.

Tablo 3.8. Finlandiya’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler

Toplam GHG emisyonları (2018):

LULUCF’ siz GHG emisyonları*: 58,8 MtCO₂, 1990’dan beri -%17,6

LULUCF ile GHG emisyonları*: 29,5 MtCO₂, 1990’dan beri -%44,8

Enerji ile ilgili CO₂ emisyonları (2018):

Yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları: 45,5 MtCO₂, 1990’dan beri -%15, 2006’dan beri -%31

Yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları: petrol %48,9, kömür %39,6, doğal gaz %9, diğer %2,5

Sektöre göre CO₂ emisyonları: elektrik ve ısı üretimi %40,3, ulaşım %27,1, sanayi %16,4, diğer enerji endüstrileri %7,2, ticari %6,5, konut %2,5

Kaynak: Finlandiya 2018, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Not: * Arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (Kaynak: UNFCCC).

Finlandiya, GSYİH, özel sektör ve uluslararası katılım oranı olarak hükümet enerji teknolojileri Ar-Ge harcamaları söz konusu olduğunda IEA üye ülkeleri arasında lider konumdadır. İnovasyon kapsamında hükümet, temiz enerji teknolojisi Ar-Ge harcamalarını 2020 yılına kadar ikiye katlamayı hedeflenmektedir. Hükümetin çok güçlü bir politika çerçevesi, özel sektör katılımı ve ihracat da dâhil olmak üzere enerji teknolojisinde Finlandiya’nın rekabet üstünlüğünü geliştirmek için son derece uzmanlaşmış birinci sınıf araştırma tesisleri bulunmaktadır. 2016’da Finlandiya, 2015’e göre %31’lik bir düşüşle enerji ile ilgili Ar-Ge’ye 166 milyon Euro harcamıştır. 2016 yılında, enerji verimliliği araştırmaları toplam enerji ile ilgili Ar-Ge harcamalarının %45’ini alırken bunu %23 ile yenilenebilir enerji ve %9 ile nükleer, enerji depolama ve teknolojiler izlemektedir. Finlandiya endüstrisi, Ar-Ge’ye güçlü bir şekilde yatırım yapmaktadır. Ülke, özel girişim sermayesi ile kamuya ait kuruluşlar tarafından yönetilen öz sermaye fonları veya bazı durumlarda kamu hibe finansmanı arasındaki ortak yatırım uygulamasını yaygın olarak kullanmaktadır. Enerji teknolojileri Ar-Ge harcamaları, uluslararası standartlara göre yüksek olan toplam maliyetlerin yaklaşık %60’ını karşılamaktadır.

Tablo 3.9. Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2018

Devlet enerji Ar-Ge harcamaları: 166,4 milyon Euro

GSYİH Payı: %0,077

Kişi başına Ar-Ge: 30,3 Euro

Kaynak: Finlandiya 2018, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Fransa, yenilenebilir enerjinin payını 2030 yılına kadar toplam enerji tüketiminde %33'e ve elektrik üretiminde %40'a çıkarmayı hedeflemektedir. Hükümet, 2023 ve 2028 için kısa vadeli hedefler belirlemiştir. 2021'de Fransa, 2035'ten sonraki elektrik üretiminde nükleerin rolüne ilişkin bir kararın hazırlanmasında birtakım çalışmaları incelemektedir. IEA ve iletim sistemi operatörü, 2050'ye doğru yüksek oranda yenilenebilir enerji içeren bir güç sisteminin teknik fizibilitesi için koşulları ortaklaşa analiz etmektedirler. Geçtiğimiz on yılda, rüzgâr ve güneş fotovoltaikleri elektrik üretimi artmış, yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki payı 2010'da %14'ten 2020'de %24'e yükselmiştir. Hidroelektrik ise yenilenebilir elektrik üretiminin yarısını karşılamaktadır.

Tablo 3.10. 2019 yılı Fransa'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler

Toplam nihai enerji tüketiminde (TFEC) yenilenebilir enerji: 19,4 Mtep/TFEC'in %15,8'i (biyoenerji* 12,2 Mtep, hidro 3,7 Mtep, rüzgâr 2,3 Mtep, güneş 1,0 Mtoe, jeotermal 0,2 Mtep)

Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji (2020 tahmini): 125,7 TWh/%23,8** (hidro 62,2 TWh, rüzgâr 40,7 TWh, güneş 13,6 TWh, biyoenerji* 8,6 TWh, gelgit/dalga 0,5 TWh, jeotermal 0.1 TWh)

Yenilenebilir paylar:*** brüt nihai tüketim %17,2, elektrik %22,4, ısıtma ve soğutma %22,5, taşıma %9,2

Yenilenebilir 2020 hedefleri: brüt nihai tüketim %23, elektrik %27, ısıtma ve soğutma %33, nakliye %10,5

Yenilenebilir 2030 hedefleri: brüt nihai tüketim %33, elektrik %40, ısıtma ve soğutma %38, nakliye %15

Kaynak: Fransa 2020, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 02.01.2021).

Not: * Biyoenerji, katı birincil biyo yakıtları, sıvı biyo yakıtları, biyo gazları, yenilenemeyen endüstriyel ve belediye atıkları içerir. ** IEA tanımına göre: elektrik üretiminde yenilenebilirlerin payıdır. *** AB hedefleriyle tutarlılık için Eurostat tanımlarına göre hesaplanmıştır. Eurostat tanımları, rüzgâr ve hidro yenilenebilir elektrik tüketiminin normalleştirilmesini ve ulaşımda gelişmiş biyo yakıtlar ve yenilenebilir elektrik için çarpma faktörlerini içermektedir.

Ancak Fransa hedeflerine ulaşma yolunda değildir. Çünkü 2020 yılına kadar nihai enerji tüketiminde yenilenebilir kaynakların %23'lük olan hedefine ulaşamamıştır. Fransa'nın 2023'e kadar 6 GW rüzgâr kapasitesi (veya bugüne kadarki toplam kümülatif kapasitenin %40'ı) ve güneş fotovoltaikleri kapasitesini 2023'e kadar neredeyse ikiye katlaması gerekmektedir. Bunun başlıca nedeni, ağır idari izinler

gerektiren çok uzun izin prosedürleri ve devam etmekte olan bir dizi reforma rağmen arazi mevcudiyetinin olmamasıdır. Hükümet, idari engelleri azaltmak, sosyal kaygıları ele almak ve aynı zamanda yerel toplulukların söz hakkını artırmak için yasal değişiklikler yapmaktadır. Hükümet genelinde yenilenebilir enerjiden sorumlu hizmetler çok nitelikli olsa da personel sayısı azdır. Ülkenin, politikalarının ve destek planlarının etkinliğini artırarak yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinde hızlı ilerleme kaydetmesi gerekmektedir. 2021’de hükümet, 2021 İklim Direnci Yasası’nda (24 Ağustos 2021’de kabul edildi) yansıtıldığı gibi, bölgesel hedeflerle yenilenebilir enerji planlamasının daha güçlü bir bölgeselleşmesini teşvik etmek için çalışmalar başlatmıştır. Yenilenebilir kaynakların, 2019’da ısıtma ve soğutmada %22,5 ve ulaşımda %9,2 payı bulunmaktadır.

Tablo 3.11. Fransa’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler

Toplam GHG emisyonları (2019):
LULUCF ile GHG emisyonları*: 412,6 Mt CO ₂ , 2010’dan beri -%13,7, 2000’den beri -%22,9, 1990’dan beri %21,5
LULUCF’ sız GHG emisyonları*: 443,0 Mt CO ₂ , 2010’dan beri -%13,7, 2000’den beri -%19,8, 1990’dan beri -%19,0
Enerji ile ilgili CO₂ emisyonları (2018):
Yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları: (2020 tahmini): 258.2 Mt CO ₂ , 2019-20’de -%12,1, 2000-19’da -%19,4, 1990-2020’de -%25,2
Yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları: %58,8 petrol, %28,8 doğal gaz, %9,8 kömür, %2,6 diğer
Sektöre göre CO₂ emisyonları: ulaşım %42,8, sanayi %23,9, binalar %20,9, elektrik ve ısı üretimi %12,4

Kaynak: Fransa 2019, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).
Not: * Arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (Kaynak: UNFCCC).

İklim değişikliği konusunda küresel bir düşünce lideri olarak Fransa, ekonomisini tamamen karbondan arındırma konusunda uzun süredir devam eden hedeflere sahiptir. Hükümet, 2019 Enerji ve İklim Yasası kapsamında 2050 yılına kadar net sıfır emisyon azaltımı konusunda hedeflerini ortaya koymaktadır. Güncellenen Ulusal Düşük Karbon Stratejisi ve birbirini takip eden beş yıllık enerji yatırımı kapsamında gerekli karbon bütçelerini ortaya çıkarmaktadır. Amacı, enerji üretiminden kaynaklanan GHG emisyonlarını 1990 yılına kıyasla 2023’te %27 ve 2028’de %40 azaltmaktır. 2019 itibariyle Fransa, 1990’a kıyasla enerjiyle ilgili GHG emisyonlarında %19’luk bir azalma görülmektedir. Düşük karbonlu elektrik karışımının dışında, ulaşım, tarım ve bina sektörlerinde öngörülen emisyon azaltımları geride kalmakta ve ilerleme yavaş olmaktadır. İklim Yüksek Konseyi,

Ekolojik Savunma Konseyi ve Vatandaşlar Sözleşmesi'nin oluşturulması, Fransa'da iklim eylemi ihtiyacına ilişkin farkındalığı artırmaktadır. COVID-19 salgını sırasında, Fransa'nın emisyonlarında bir yılda %12 azalma görülmektedir. Bununla birlikte, Fransa, ekonomi toparlanırken emisyonlarda bir toparlanma riski de taşımaktadır. Ekolojik geçişe yapılan yatırımları artırmaya odaklanılması ilgiyle karşılanmaktadır.

Fransa, aktif iş birliği, güçlü entegrasyon ve istikrarlı finansman ile desteklenen, enerji ile ilgili dinamik bir Ar-Ge ortamına sahiptir. Fransa'nın Ulusal Enerji Araştırmaları Stratejisi, 2015 tarihli Enerji Dönüşümü Yasasına dayanmaktadır. 2016'da kabul edilmesinden bu yana Ar-Ge'de yol gösterici olmaktadır. Bu, Fransa'nın enerji geleceği hakkında geniş bir toplumsal vizyon elde etmek ve önümüzdeki yıllarda enerji Ar-Ge'sinin yönünü belirlemek için bir fırsat oluşturmaktadır. Yenilenmiş bir stratejiyle, Fransa'nın hidrojen, küçük modüler reaktörler veya düşük karbonlu yakıtlar gibi iklim nötrlüğünü destekleyen kritik teknoloji ihtiyaçları karşılanabilecektir. Enerji Ar-Ge harcamalarının büyük ölçüde nükleer enerjiye, enerji verimliliğine ve araştırma alanlarına ayrıldığı görülmektedir. GSYİH karşılaştırmasına göre enerji Ar-Ge bütçesinde Fransa, Norveç, Finlandiya, Japonya, İsviçre ve Çek Cumhuriyeti'nden sonra altıncı sırada yer almaktadır.

Tablo 3.12. Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2019

Devlet enerji Ar-Ge harcamaları: 1 264 milyon Euro

GSYİH Payı: GSYİH'nın %0.051'i

Enerjinin toplam AR-GE içindeki payı: %9,2

Kaynak: Fransa 2019, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021)

Yenilenebilir enerji, Almanya'daki enerji geçişinin merkezinde yer almaktadır. Son yıllarda, yenilenebilir enerjinin payı çok düşük seviyelerden TPES'in ve TFC'in %14'üne yükselmiştir. En etkileyici büyüme, yenilenebilir enerjinin 1998'de %5'in altındayken 2018'de %35'e yükseldiği elektrik üretiminde gerçekleşmiştir. Almanya, güneş fotovoltaiklerini geliştirmede ve biyogaz gücünde lider bir ülke konumundaydı. Ancak son yıllarda büyümeye rüzgâr enerjisi hâkim olmaktadır. Yenilenebilir enerji, elektrik üretiminde hızla büyürken, diğer sektörlerde geri kalmaktadır. Almanya, 2030 yılına kadar TFC'de %30 yenilenebilir enerji hedefine

ulaşmak için ulaşım, binalar ve endüstride yenilenebilir enerji kullanımını artırmak için stratejiye ihtiyaç duymaktadır. Bir çözüm olarak, ısıtma ve ulaşım da dâhil olmak üzere diğer sektörleri karbondan arındırmak için yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik kullanımı yaygınlaştırılabilir. Devam eden nükleer enerjinin ve kömür gücünün aşamalı olarak durdurulmasıyla yenilenebilir enerjiden elde edilen elektriğin öneminin daha da artması beklenmektedir. Almanya, değişken yenilenebilir enerjide sürdürülebilir bir büyümeyi sağlamak için altyapıyı iyileştirmeli ve bu kaynakların güvenilir ve verimli olmasını destekleyen politikalara ihtiyaç duymaktadır.

Tablo 3.13. 2018 yılı Almanya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler

Toplam arz: 42,2 Mtep (TPES’in %14,1’i) ve 227,2 TWh (elektrik üretiminin %35,3’ü)
Biyoenerji (yenilenebilir atık dahil): 26,0 Mtoe (TPES’in %8,7’si) ve 51,2 TWh (%8,0) elektrik üretimi)
Rüzgâr: 111,6 TWh (elektrik üretiminin %17,3’ü)
Güneş: 4,7 Mtep (TPES’in %1,6’sı) ve 44,2 TWh (elektrik üretiminin %7,2’si)
Hidro: 18,0 TWh (elektrik üretiminin %2,8’i)
Jeotermal: 0,3 Mtep (TPES’in %0,1’i) ve 0,2 TWh (elektrik üretiminin %0,03’ü)

Kaynak: Almanya 2020, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 02.01.2022).

Almanya, GHG emisyonlarının azaltılması için iddialı hedefler belirlemektedir. Hedefler, 1990 seviyelerine kıyasla toplam emisyonları 2020 yılına kadar en az %40 ve 2030 yılına kadar en az %55 azaltmaktır. Yenilenebilir enerjiden elektrik üretimindeki hızlı artışa rağmen (2018’de brüt elektrik tüketiminin %38’i), Almanya’nın emisyonlarında orantılı azalmalar gerçekleşmemektedir. 2017 itibariyle Almanya, toplam GHG emisyonlarını 1990’a kıyasla %28 oranında azaltmıştır. Binalarda ve endüstride enerji üretimi, ulaşım ve enerji kullanımı dâhil olmak üzere enerjiyle ilgili emisyonlar, toplam GHG emisyonlarının %80’inden fazlasını oluşturmaktadır. AB’nin bir üyesi olarak Almanya’nın, AB ETS dışındaki emisyonları azaltmak için ulusal hedefleri bulunmaktadır. ETS dışı emisyonların 2030 yılına kadar %38 oranında azaltılması beklenmektedir. Almanya’nın yenilenebilir enerjiye odaklanması ve kömür tüketiminin azaltılması enerji sektöründe ilerleme sağlanmasına yardımcı olacaktır. Ancak, başta ulaşım ve ısıtma olmak üzere enerji sektörü dışında emisyon azaltımlarını desteklemek için ek politikalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Tablo 3.14. Almanya’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler

Toplam GHG emisyonları (2019):

LULUCF ile GHG emisyonları*: 891.4 MtCO₂, 2005’ten beri %-9,2, 1990’dan beri -%26,9

LULUCF’siz GHG emisyonları*: 906.6 MtCO₂, 2005’ten beri -%8,7, 1990’dan beri -%27,5

Enerji ile ilgili CO₂ emisyonları (2018):

Yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları: 718,8 MtCO₂, 2005’ten bu yana -%8,6

Yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları: kömür %39,6, petrol %34,0, doğal gaz %23,7, diğer %2,8

Sektöre göre CO₂ emisyonları: elektrik ve ısı üretimi %42,3, ulaşım %22,7, sanayi %13,1, konut %12,2, ticari %6,4, diğer enerji %3,3

Kaynak: Almanya 2019, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Not: * Arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (Kaynak: UNFCCC).

Almanya, 2010 enerji konseyinde belirlenen hedeflere ulaşmak için enerji ile ilgili Ar-Ge alanlarında kamu finansmanını artırmaya devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının Almanya’da gelecekteki enerji kaynakları içinde en büyük payı oluşturması beklendiğinden kamu Ar-Ge fonlarının önemli bir kısmı enerji verimliliği de dâhil olmak üzere temiz enerji araştırmalarına yatırılmaktadır. Ayrıca, nükleer güvenlik araştırmalarına yönelik fonlar, Almanya’nın nükleerden çıkış programını güvenli ve güvenilir bir şekilde uygulamak için son birkaç yıldır önemli olmaktadır. Almanya, enerji geçişini desteklemek için enerji Ar-Ge’sini kullanmaya devam etmektedir. Bu, öncelikli alanlara yeterli fon tahsis edilmesini ve Ar-Ge politikasının etkinliğinin izlenmesini içermektedir.

Tablo 3.15. Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2019

Devlet enerji Ar-Ge harcamaları: 1 013 milyon Euro

GSYİH Payı: 1000 GSYİH birimi başına 0,31

Enerjinin toplam AR-GE içindeki payı: 12,2 USD

Kaynak: Almanya 2019, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

2008’den bu yana, İtalya’nın GHG emisyonlarının azaldığı görülmektedir. Elektrik sektöründe daha fazla doğal gaz, yenilenebilir enerji kullanımı ve enerji verimliliğindeki iyileştirmeler gibi çeşitli faktörler bu düşüşe katkıda bulunmaktadır. İtalya ekonomisi son on yılda uluslararası rekabet gücünü yeniden tesis etmek, durgunluktan çıkmak ve uzun vadeli büyümeye temel oluşturmak için mücadele etmektedir. Ulusal Enerji Stratejisi, enerji sektörünün ekonominin büyümesinde oynayacağı temel bir role sahip olduğunu kabul etmektedir. Bu nedenle, daha

rekabetçi ve sürdürülebilir bir enerji piyasası geliştirmek, İtalya'nın geleceği için en önemli zorluklardan biridir. Buna göre Ulusal Enerji Stratejisi, ülkenin kamu ve özel araştırma merkezlerinin gelecekteki Ar-Ge programlarına daha geniş ve daha etkin katılımının önünü açmayı amaçlamaktadır. Enerji ile ilgili araştırma faaliyetlerine yapılacak daha akıllı yatırım, ekonominin enerji ve kaynak verimliliğini daha da artırmaya ve yeni büyüme kaynakları yaratmaya katkıda bulunacaktır.

Tablo 3.16. İtalya'da yenilenebilir enerji, iklim değişikliği ve Ar-Ge ilgili sayısal değerler

Toplam GHG emisyonları (2019):

LULUCF ile GHG emisyonları*: 376. 71 MtCO₂

LULUCF'siz GHG emisyonları*: 418. 28 MtCO₂

Toplam CO₂ emisyonları: 280.37 MtCO₂, 1990'dan beri -%28.

Toplam Devlet enerji Ar-Ge Bütçesi (2018): 696.0 USD

Kaynak: İtalya 2019. OECD Veri tabanı; Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Not: * Arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık.

Hollanda'da da yenilenebilir enerjinin dağıtımı gelişme göstermektedir. Ülke, 2013 Enerji Anlaşması'nda ana hatlarıyla belirtilen nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin %16'lık payını içeren 2023 hedefine ulaşma yolunda ilerlemektedir. 2018'de yenilenebilir enerji tüketimi, 2008'den bu yana %50 artışla 3,4 Mtep olmuştur. Biyoenerji, 2017'de TFEC'de yenilenebilir kaynakların %62'sini oluşturan Hollanda'daki en büyük yenilenebilir enerji kaynağıdır. Denizlerden rüzgâr enerjisi dağıtımı için kapsamlı bir politika çerçevesi ve yenilenebilir enerji destek programı aracılığıyla verilen sübvansiyonlardaki artış, yenilenebilir enerji dağıtımını yönlendiren önemli faktörlerdir.

Tablo 3.17. 2018 yılı Hollanda'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler

Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji (TFEC): 3,3 Mtep

Yenilenebilir pay: Elektrik %16,5, ısı %13,3 ve ulaşım %4,9

Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji: 18,9 TWh/16.5; (rüzgâr %9,2, biyoenerji %5,1, güneş %3,2, hidro %0,1)

Kaynak: Hollanda 2020, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Hollanda, iklim ve enerji politikasının merkezinde emisyon azaltma hedefleri bulunmaktadır. 2019 İklim Yasası, Hollanda'nın GHG emisyonlarını 2030 yılına kadar 1990 seviyelerine kıyasla %49 ve 2050 yılına kadar %95 oranında azaltmasını şart koymaktadır. Hedefler, tüm sektörlerden gelen GHG emisyonlarını

kapsamaktadır. Hollanda, büyük ölçüde fosil yakıtlara bağımlı olduğundan ve yoğun emisyonlu endüstrilere sahip olduğundan bu hedeflere ulaşmada zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. GHG emisyonları 1990'dan 2018'e %15 düşmesine rağmen, son yıllarda azalmaların durduğu görülmektedir. Enerji kaynaklı CO2 emisyonları, 2018 yılında toplam GHG emisyonlarının %83'ünü oluşturmuştur. Emisyonları azaltma hedeflerine ulaşılmasını desteklemek için hükümet, iklim ve enerji politikası üzerinde yeniden çalışmaktadır. 2019 İklim Anlaşması, enerji sektörü emisyonlarını azaltmaya odaklanarak tüm ekonomide emisyon azaltma önlemlerini belirlemektedir. Ar-Ge politikası, emisyonların azaltılmasına odaklanmak üzere uyumlu hâle getirilmektedir. Ayrıca enerji sektörü destek programları güncellenerek genişletilmektedir. Hükümet politikası, iklim hedeflerine uygun olarak gaz üretimini hızla azaltmaya odaklanmaktadır. Bu nedenle hükümet, Groningen gaz sahalarından gaz üretimini 2022 ortasına kadar aşamalı olarak durdurmaya ve özellikle ısıtma için doğal gaz talebini azaltmak için çalışmaktadır. Hollanda Çevresel Değerlendirme Ajansı tarafından 2019 yılında yapılan analiz, Hollanda'nın 2030 emisyon azaltma hedefini karşılama yolunda olmadığını göstermektedir. Hollanda İklim Anlaşmasını ve diğer politika girişimlerini uygularken hükümetin emisyon azaltımlarındaki ilerlemeyi yakından izlemesi ve ülkeyi düşük karbonlu ekonomi yolunda tutmak için politika ayarlamaları yapmaya hazır olması gerekmektedir.

Tablo 3.18. Hollanda'da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler

Toplam GHG emisyonları (2018):

LULUCF ile GHG emisyonları*: 192,7 Mt CO₂, 2005'ten beri -%12,4, 1990'dan beri -%15,2

LULUCF'siz GHG emisyonları*: 187,8 Mt CO₂, 2005'ten beri -%12,4, 1990'dan beri -%14,9

Enerji ile ilgili CO₂ emisyonları (2018):

Yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları: 155,3 Mt CO₂, 200'ten beri -%10,2, 1990'dan beri -%2,0

Yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları: doğal gaz %43,8, petrol %32,5, kömür %21,6, diğer %2,2

Sektöre göre CO₂ emisyonları: ısıtma ve elektrik üretimi %35,5, ulaşım %20,4, sanayi %17,2, konut %10,7, hizmetler %9,5, diğer enerji %6,7

Kaynak: Hollanda 2020, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Not: * Arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (Kaynak: UNFCCC).

Hollanda, İklim Anlaşması emisyon azaltma hedeflerini destekleyen inovasyonlar için enerji Ar-Ge politika çerçevesini kapsamlı bir şekilde yeniden düzenlemektedir. Yeni enerji Ar-Ge programının temeli, 2019'da geliştirilen ve 2020'de tamamen

uygulanan Bütünsel Bilgi ve İnovasyon Gündemi'dir (IKIA). IKIA, İklim Anlaşması'ndan belirlenen inovasyon önceliklerini tanımlamakta ve bunları misyon odaklı inovasyona dönüştürmektedir. İklim Anlaşması 2030 emisyon azaltma hedeflerine ve 2050 karbon nötrlüğü misyonlarına katkıda bulunma potansiyeline dayalı olarak enerji ve iklim Ar-Ge'sine öncelik vermektedir. 2008 yılından bu yana, enerji Ar-Ge'si için yıllık kamu finansmanı 159-233 milyon Euro arasında değişmektedir. 2008 küresel mali krizini takiben hükümetin ekonomik toparlanmayı teşvik etme çabalarıyla 2010 yılında 378 milyon Euro'ya istisnai bir artış göstermiştir. 2018'de, enerji Ar-Ge'si için devlet harcaması 232 milyon Euro'ydu ve bu, 2010'dan bu yana en yüksek harcama düzeyini göstermekteydi. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji ve enerji verimliliği, sürekli olarak en büyük miktarda fon alan iki alandır ve bunlar yıllık bütçenin %61-87'sini oluşturmaktadır. IKIA ve İklim Anlaşması Hollanda enerji Ar-Ge'sini önemli ölçüde genişletmeyi planlamaktadır.

Tablo 3.19. Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2018

Devlet enerji Ar-Ge harcamaları: 232,0 milyon Euro

GSYİH Payı: 1000 GSYİH birimi başına 0,29

Enerjinin toplam Ar-Ge içindeki payı: 15.08 USD/kişi

Kaynak: Hollanda 2020, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

İspanya'da yenilenebilir enerji, yenilenebilir enerjiden elde edilen elektrik ile ısı ve ulaşım için doğrudan biyo enerji kullanımından oluşmaktadır. Bununla birlikte, 2019'da elektriğin üçte birinden fazlası yenilenebilir enerji kullanılarak üretilirken 2018'de ısı için kullanılan enerjinin sadece %16'sı yenilenebilir enerjiden karşılanmıştır. Yenilenebilir enerjiden elde edilen elektrik, 2019 yılında ağırlıklı olarak rüzgâr ve hidro kullanılarak üretilmiştir. Güneş enerjisi de 2009-2019 arasında iki kat artan katkısıyla son yıllarda önemli bir artış göstermektedir. Biyo enerji ve hidroelektrik ise İspanya'nın yenilenebilir enerji arzına katkıda bulunmaktadır. Biyo enerjiden gelen enerji arzı da 2009-2019'da %23 artmıştır. Hidroelektrikten elde edilen elektrik, zaman içinde su kaynağındaki değişkenliğin neden olduğu dalgalanmalar yaşamaktadır.

Tablo 3.20. 2019 yılı İspanya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hakkında Bilgiler

Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji (TFEC): 13,8 Mtep/TFEC’in %17,3’ü (biyoenerji* 6,4 Mtep, rüzgâr 4,1 Mtep, hidro 1,8 Mtep, güneş 1,5 Mtep)

Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji: 101,1 TWh/toplam elektrik üretiminin %37,3’ü (rüzgâr 55,7 TWh, hidro 24,7 TWh, güneş 15,1 TWh, biyoenerji* 5,6 TWh)

Kaynak: İspanya 2021, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Not: * Biyoenerji, katı birincil biyo yakıtları, sıvı biyo yakıtları ve biyo gazları içermektedir. Yenilenemeyen endüstriyel ve belediye atıklarını içermemektedir.

İspanya, GHG emisyonlarını azaltmak için AB’nin gereklilikleriyle uyumlu politikalar belirlemektedir. Ocak 2020’de İspanya, Avrupa Komisyonu’na on yıllık bir NECP sunmuştur. NECP, 2030 yılına kadar GHG emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %23 oranında azaltmak ve 2050 yılına kadar iklim nötrlüğüne ulaşmak için hedef belirlemektedir. 2018’de İspanya’daki GHG emisyonları 334,3 MtCO₂’dir. İspanya’daki emisyonlar 2008-2009 ekonomik krizinin bir sonucu olarak önemli ölçüde düşmeye başlamıştır. Emisyonlar 2013 yılında azalmayı durdurarak yaklaşık 330 MtCO₂ seviyesinden beri nispeten sabit kalmaktadır. Çoğu ülkede olduğu gibi, enerji sektörü 2018’de toplamın %76’sını oluşturan en büyük GHG emisyonu yayan sektördür, bunu %12 ile tarım, %8 ile endüstriyel süreçler ve %4 ile atık izlemektedir.

Tablo 3.21. İspanya’da İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler

Toplam GHG emisyonları (2018):

LULUCF ile GHG emisyonları*: 296,2 Mt CO₂, 2007’den beri -%27,4, 2000’den beri -%15,2, 1990’dan beri +%16,9

LULUCF’siz GHG emisyonları*: 334,3 Mt CO₂, 2007’den beri -%25,3, 2000’den beri -%14,0, 1990’dan beri +%15,5

Enerji ile ilgili CO₂ emisyonları (2018):

Yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları: 230,9 Mt CO₂, 2007’den beri -%31,7, 2000’den beri -%17,1, 1990’dan beri +%13,9

Yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları: petrol %60,8, doğal gaz %30,7, kömür %7,3, diğer %0,6

Sektöre göre CO₂ emisyonları: ulaşım %40,6, elektrik ve ısı üretimi %23,3, sanayi %13,5, diğer enerji %9,2, hizmet %7,3, konut %6,2

Kaynak: İspanya 2021, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Not: * Arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (Kaynak: UNFCCC).

İspanya, enerji teknolojisi için uzun süredir devam eden ve gelişmiş bir ulusal yenilik sistemine sahiptir. Ayrıca AB enerji araştırma programlarında çok aktif bir katılımcıdır. 1990'dan bu yana, fosil yakıt araştırmaları, enerji Ar-Ge'si için yıllık kamu bütçesinin ortalama %5'inden daha azını göstermektedir ve bu seviye 2010'dan beri %1'dir. Bu, temiz enerji teknolojilerine odaklanan bir enerji inovasyon sistemini göstermektedir. İspanya'nın NECP, ekonomik kalkınma ve yenilik faaliyetlerinden kaynaklanan iş yaratma fırsatlarından yararlanmayı amaçlayan Avrupa Enerji Birliği ilkesine uygun olarak belirlenen beş temel unsurundan biri olarak Ar-Ge, yenilik ve rekabet gücünü tanımlamaktadır. NECP, 2007'den beri İspanya'nın inovasyon politikasına yönelik kurumsal çerçevesinin Avrupa Komisyonu'nunkiyle eşleşecek şekilde tasarlandığını ve yakın zamanda Avrupa Komisyonu'nun bir sonraki araştırma çerçeve programı olan Horizon Europe'un yapısını yansıtacak şekilde güncellendiğini kabul etmektedir. AB çerçevesinin bu şekilde yansıtılması, İspanyol kuruluşlarının rekabetçi AB projelerine katılımına ve ilgili finansmanın güvence altına alınmasına verilen önceliği göstermektedir. Eylül 2020'de, mevcut ulusal enerji geçiş hedeflerini yenilik için önemli bir fırsat olarak kabul eden yeni bir Ulusal Ar-Ge Stratejisi onaylanmıştır.

Tablo 3.22. Enerji Teknolojisine Ayrılan Ar-Ge Payları, 2018

Devlet enerji Ar-Ge harcamaları: 103 milyon Euro

GSYİH başına Enerji Ar-Ge bütçesi: * 1.000 GSYİH birimi başına 0.085

Kişi başına enerji Ar-Ge bütçesi: 2,21 Euro

Kaynak: İspanya 2021, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Not: *2019 fiyatları ve döviz kurlarında gayri safi yurtiçi hasıla.

İsveç'in enerji politikası, onlarca yıldır enerji verimliliğine odaklanan sürdürülebilir bir enerji sistemi kurmayı ve fosil yakıtlardan yerli yenilenebilir enerjiye geçmeyi hedeflemektedir. TPES ve TFC, 20. yüzyılın sonlarında zirveye ulaşmıştır. Ülke, enerji verimliliğini iyileştirerek ve yenilenebilir enerji kullanımını artırarak bu yolda ilerlemeye kararlıdır. Hükümet, enerji piyasası politikasında, uluslararası rekabetçi fiyatlarla güvenilir bir enerji arzı sağlamak için verimli ve rekabetçi piyasaları teşvik etmeyi amaçlamaktadır. İsveç, son yıllarda güçlü ekonomik büyümeyi sürdürürken GHG emisyonlarını azaltmayı başarmaktadır. 2017'de İsveç'in GHG emisyonları 2005'e göre %21 ve 1990'a göre %26 daha düşüktür (arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık olmadan (LULUCF)). Enerjiyle ilgili CO2 emisyonları,

toplam GHG emisyonlarının en büyük payını temsil etmektedir. İsveç'teki enerji sistemlerinin karbondan arındırılmasının bir sonucu olarak, enerjiyle ilgili emisyonlar genel GHG emisyonlarından daha hızlı bir şekilde azaldı. İsveç'in CO2 vergisi, enerji sektöründeki emisyonları azaltmak için önemli bir itici güç olmaktadır. 2017 yılında hükümet, ulusal emisyon hedeflerini belirleyen yeni bir iklim çerçevesine ve politikaları uygularken bu hedefleri dikkate almak zorunda olan yeni bir iklim yasası oluşturdu. Uzun dönemli hedef, İsveç'in 2045 yılına kadar sıfır emisyonla sahip olmasıdır. İklim çerçevesinin yürürlükte olmasıyla İsveç'in bu hedefe ulaşmak için yollar geliştirmesi gerekmektedir.

Tablo 3.24. İsveç'te İklim Değişikliğiyle İlgili Sayısal Değerler

<u>Toplam GHG emisyonları (2018):</u>
LULUCF ile GHG emisyonları*: 8,9 MtCO ₂ , 1990'dan beri -76%
LULUCF'siz GHG emisyonları*: 52.7 MtCO ₂ , 1990'dan beri -%26
<u>Enerji ile ilgili CO₂ emisyonları (2018):</u>
Yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları: 37,6 MtCO ₂ , 1990'dan beri -%28
Yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları: petrol %69,3, kömür %18,2, doğal gaz %4,0, diğer %8,5
Sektöre göre CO₂ emisyonları: ulaşım %52,5, elektrik ve ısı üretimi %18,8, sanayi %17,2, diğer enerji endüstrileri %7,2, ticari %3,8, konut %0,4

Kaynak: İsveç 2019, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).
Not: * Arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (Kaynak: UNFCCC).

Tablo 3.25. Enerji teknolojisi araştırma, geliştirme ve inovasyon, 2017

Devlet enerji Ar-Ge harcamaları: 1,7 milyar İsveç kronu
GSYİH başına Enerji Ar-Ge bütçesi: 1000 GSYİH birimi başına 0,39
Kişi başına enerji Ar-Ge bütçesi: 167 İsveç kronu

Kaynak: İsveç 2019, Energy Policy Review, IEA (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

Kamusal enerji teknolojisi araştırma, geliştirme ve inovasyonunun kapsayıcı hedefi, İsveç'in enerji ve iklim hedeflerine, uzun dönem enerji ve iklim politikasına ve enerjiyle ilgili çevresel hedeflere katkıda bulunmaktır. Bu nedenle kamusal enerji teknolojisi araştırma, geliştirme ve inovasyonunun 2040 yılına kadar %100 yenilenebilir elektrik üretimi ve 2045 yılına kadar net sıfır CO₂ emisyonu hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olmalıdır. Daha spesifik olarak bu uzun dönemli hedeflerle şunlar amaçlanmaktadır:

- Yeni teknoloji ve hizmetler aracılığıyla İsveç'te ekolojik sürdürülebilirliği, rekabet edebilirliği ve enerji güvenliğini birleştiren sürdürülebilir bir enerji sistemine geçişi sağlamak için bilimsel ve teknolojik bilgi oluşturmak,
- İsveçli işletmeler tarafından ticarileştirilebilecek teknoloji ve hizmetler geliştirmek ve böylece İsveç'te ve diğer pazarlarda sürdürülebilir büyümeye ve enerji sisteminin geçişine ve gelişimine katkıda bulunmak,
- Enerji sektöründe uluslararası iş birliğine katkıda bulunmak ve bundan yararlanmaktır.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

AB ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINA YAPILAN YATIRIMLARIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ

4.1. Literatür İncelemesi

1970’li yıllardan itibaren bilim ve teknolojiye yaşanan gelişmelerle birlikte ekolojik sorunlar dikkat çekmeye başlamıştır. Ekolojik sorunlar hakkında yapılan çalışmalar sayesinde iklim değişikliği ülkelerin gündem konusu hâline gelmiştir. 1979’da yapılan I. Dünya İklim Konferansı ve 1980 yılında Madden, Ramanthan ve Hansen’in “İnsan etkinlikleri iklim değişikliğine neden olmaktadır.” yönündeki açıklamaları politika yapıcıları bir araya getirmiştir (Weart, 2003:24; Yapraklı ve Bayramoğlu 2017:433).

İklim değişikliği ve enerji tüketimi arasındaki önemli ilişkiden hareketle yapılan bu çalışma gibi literatürde birçok çalışma yer almaktadır. Literatürde yer alan birçok çalışma, iklim değişikliğinin enerji tüketimi veya talebi üzerindeki etkilerini ortaya koymuş ve enerji verimliliğini artırarak iklim değişikliği ile başa çıkma stratejileri önermektedir (bk. Dolinar vd. (2010), Martinaitis vd. (2010), McGilligan vd. (2011)). Çalışmanın bu bölümünde iklim değişikliği ve enerji tüketimi ile ilgili literatür detaylı olarak iki alt başlığa ayrılarak verilmektedir.

4.1.1. İklim Değişikliği ile Enerji Sektörü Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmaları

Litetarürde yer alan birçok çalışma iklim değişikliği, enerji tüketimi ve CO2 emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Enerji tüketimi ile iklim değişikliği

arasındaki ilişkiyi inceleyen Bernard ve Vielle (1997), Kumbaroğlu ve Madlener (2003), Say ve Yücel (2006), Kumbaroğlu vd. (2008), Halıcioğlu (2009) ve Burniaus ve Martins (2012) gibi araştırmacılar, iki değişken arasında pozitif yönlü ilişki olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Bu çalışmalarda genel olarak, enerji etkin teknolojiler üretmek ve geliştirmek yerine kaliteli yenilenemeyen enerji kaynaklarını korumaya, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönelik yatırımlar yapılması ve yeni teknolojiler geliştirilmesinin hem ekosistemin devamlılığı hem de ekonomik refah açısından daha etkili olacağına vurgu yapılmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerjiler konusunda uygun yatırım ve kullanım miktarları ile ilgili çevresel politikalara tepki verme dereceleri olarak bakıldığında ise çevreye en uygun olan yenilenebilir enerji türü olarak güneş enerjisi bulunmuştur (Yapraklı ve Bayramoğlu 2017:436).

Huaisui vd. (2004), Çin'de 1953-1999 döneminde enerji tüketimi ile iklim arasında ve enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen çıkarımlara göre enerji tüketimi, iklim ve büyüme arasında ilişki bulunmuştur. İklimin enerji tüketimi üzerindeki etkileri farklı ekonomik seviyelere göre değişmektedir. Çin'de kurak geçen ve selden etkilenen bölgelerde su ihtiyacı için kullanılan enerjinin, enerji tüketiminde dalgalanmalara yol açan ana etken olduğu, soğuk kışlara ve sıcak geçen yazların enerji tüketiminde dalgalanmalara neden olduğu gözlemlenmiştir. Ekonominin gelişmesi, yaşam koşullarının iyileştirilmesi ile sıcaklığın enerji tüketimi üzerindeki etkisi artmaktadır. Zhang, (1997); Zhou, (2000); Zhang vd., (2000); Yan ve Chen, (1994); Huang, (1999); Chen ve Huang, (2000); Zhang ve Wang, (2002) gelişmiş şehirler üzerine yaptıkları çalışmalarında yaz aylarında ısınma ve elektrik tüketimi için enerji tüketimi ile sıcaklık arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Lee ve Chiu, (2011), çalışmada 1978-2004 dönemi 24 Ekonomik Kalkınma ve iş birliği Örgütü (OECD) ülkesinde elektrik tüketimi ve sıcaklık ile ilgili doğrusal olmayan bir model uygulamıştır. Elektrik tüketimi ve sıcaklık arasında U şeklinde bir ilişki olduğu bulunmuştur. Sıcaklığın enerji tüketimi üzerinde etkisi son yıllarda arttığı gözlemlenmiştir.

Wang ve Chen, (2014), 2020, 2050 ve 2080 dönemleri için 15 ABD şehrinde küresel dolaşım modeli (GCM), kullanılmıştır. İklim değişikliğinin gelecekteki enerji kullanımlarına etkisinin coğrafi bağımlılığı belirlenmiştir. Farklı iklim koşullarına bağlı olarak net enerji tüketiminin azaldığı tahmin edilmiştir. İklim değişikliğinin etkisinin, farklı yapı türlerinde önemli ölçüde değiştiği kanıtlanmıştır.

Ucal vd. (2017), çalışmada iklim değişikliğinde ekonomik aktivitelerin önemli olduğu vurgulanmıştır. Çevresel sınırlamaların varlığı dikkate alınarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde iklim değişikliği süreci incelenmiştir. İklim değişikliğiyle mücadele sırasında sera gazı azaltımının öncelikli hedefler arasında olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Shahbaz vd. (2013), 1965-2008 dönem aralığında Güney Afrika için yaptıkları çalışmada Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Yöntemi (ARDL) sınır testi yöntemini kullanarak ekonomik büyüme, finansal gelişme ve kömür tüketiminin CO2 emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada ekonomik büyümedeki artışın CO2 emisyonlarını artırdığı, finansal gelişmelerde yaşanan artışların ise CO2 emisyonlarını azalttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca Çevresel Kuznet Eğrisi (EKC) hipotezinin Güney Afrika'da geçerli olduğuna ulaşılmıştır.

Sebri ve Ben-Salha (2014), çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, dış açıklık ve CO2 emisyonları arasındaki ilişki BRICS ülkelerinde ARDL sınır testi ve hata düzeltme modeli kullanılarak 1971-2010 dönem aralığında incelenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.

Kasman ve Duman (2014), çalışmada 1992-2010 dönemi boyunca yeni AB üyesi ve aday ülkelerden oluşan bir panel için enerji tüketimi, CO2 emisyonları, ekonomik büyüme, ticaret açıklığı ve kentleşme arasındaki nedensel ilişki araştırılmıştır. Bu ilişkiyi araştırmak için panel birim kök testleri, panel eşbütünleşme yöntemleri ve panel nedensellik testleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların EKC Hipotezini desteklediği görülmüştür. Sonuçlar aynı zamanda enerji tüketiminden ticaret açıklığına, kentleşmeden CO2 emisyonuna, GSYİH'dan enerji tüketimine ve

kentleşmeden ticaret açığına, kentleşmeden GSYİH'ya doğru kısa dönemde tek yönlü bir panel nedenselliğin olduğu sonucu elde edilmiştir. Uzun dönemde ise CO2 emisyonları, enerji tüketimi, GSYİH ve ticaret açıklığı denklemlerindeki gecikmeli hata düzeltme terimi katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu sonucuna ulaşılmıştır.

Güner ve Turan (2017) çalışmada, küresel iklim değişikliği ve iklim değişikliğinin çözümü için yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi incelenmiştir. Sonuçta iklim ve enerji politikalarının birlikte oluşturulması gerektiği, iklim değişikliği için düşük karbonlu yatırım politikalarının yapılması gerektiği ve enerji temininde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması için mali yardımlar ile teşvikler sunulması gerektiği çıkarımı yapılmıştır.

Pata (2018), çalışmada Türkiye için 1971-2014 yıl aralığında EKC hipotezi çerçevesinde CO2 emisyonları, finansal gelişme, ekonomik büyüme, sanayileşme, ticari açıklık, kömür, kentleşme ve CO2 dışı enerji tüketimi arasındaki dinamik uzun dönemli ilişkiyi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Otoregresif gecikmeli sınırı test yaklaşımına göre ekonomik büyüme, kömür tüketimi, finansal gelişme, ithalat, sanayileşme ve kentleşmenin CO2 emisyonları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu ihracat ve CO2 dışı enerji tüketiminin ise CO2 emisyonunu uzun vadede azalttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, çalışmanın kişi başına gelir ile CO2 emisyonları arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu gösteren EKC hipotezini desteklemektedir.

Wasti ve Waqar (2020), çalışmada Kuveyt ile ilgili olarak CO2 emisyonları, enerji tüketimi, GSYİH ve ticaretin serbestleştirilmesi arasındaki bağlantı araştırılmaktadır. Çalışmada 1971-2017 yıl aralığı kullanılarak otoregresif dağıtılmış gecikme modeli uygulanmıştır. Çalışmada kısa ve uzun dönemde değişkenler arasındaki ilişki doğrulanmıştır. CO2 emisyonundaki bir artışın enerji tüketimini artırmada önemli rol oynadığı görülmüştür. Ayrıca Granger Nedensellik testi sonuçlarına göre CO2 emisyonları ile enerji tüketimi arasında çift yönlü, GSYİH'dan CO2 emisyonlarına ve enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik olduğu sonucuna varılmıştır.

Alam (2013), 1971-2011 yıl aralığında Hindistan için yapılan bu çalışmada ARDL yöntemi ile tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve CO2 emisyon değişkenleri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Tarımsal verimlilik ve ekonomik büyüme arasında pozitif ve anlamlı ilişki bulunurken CO2 emisyonları ve ekonomik büyüme arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Ren vd. (2013), çalışmada Avustralya'daki konut kaynaklı GHG emisyonunu ve iklim değişikliğinin toplam enerji tüketimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Avustralya'nın hane halkı enerji tüketiminin, toplam GHG emisyonlarına ve dolayısıyla iklim değişikliğine yaklaşık %13 katkıda bulunduğu sonucuna ulaşmıştır.

Yapraklı ve Bayramoğlu (2017), Türkiye üzerine yaptıkları çalışmalarında sera gazı salınımının ortaya çıkardığı iklim değişikliğinin durdurulmasına yönelik çalışmalara Türkiye'nin uyum sağlayıp sağlayamayacağı değerlendirilmiştir. Çalışmada iklim değişikliği üzerine uygulan uluslararası faaliyetlere göre sera gazı salınımı ve fosil enerji kaynaklarının kullanımını azaltmaya yönelik altı kriter belirlenmiştir. 1990-2030 dönemini kapsayan çalışmada tanımsal analizler yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarından Türkiye'nin iklim değişikliğini durdurmaya yönelik kriterleri yerine getirebilmesi için zaman gerektiği sonucuna varılmıştır.

Genel olarak literatür incelemesinden elde edilen sonuçlara bakıldığında iklim değişikliği ve enerji üzerine yapılan çalışmalarda iklim değişikliğinin temel göstergesinin CO2 emisyonları alınarak çeşitli değişkenler kullanılıp (örneğin; yenilenebilir/yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketimi, doğrudan yabancı yatırımlar, finansal gelişme, büyüme, kentleşme, sanayileşme, ithalat, ihracat ve sektörler olarak) değerlendirildiği görülmektedir.

4.1.2. İklim Değişikliği, Enerji Tüketimi ve Enerji Teknolojik İnovasyonu İnceleyen Çalışmalar

Çevresel tehditlerle mücadele etmek için yenilikçi yollar araştırılmaktadır. Bu, inovasyonun CO2 emisyonlarını azaltmaya nasıl yardımcı olabileceğini araştırmak

için son yıllarda yapılan araştırmaların büyüklüğünü kanıtlar niteliktedir (Mensah vd., 2018). İklim değişikliğini azaltmak için, CO2 emisyonlarının belirleyicilerini belirlemek amacıyla birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Çalışmalarda CO2 emisyonlarının iklim değişikliği değişkeni olarak görüldüğü ve enerji teknolojik inovasyonun emisyonları azaltabileceği yönünde tahminler yapılmaktadır. Literatürde enerji teknolojik inovasyonu ve iklim değişikliğini inceleyen yeterli çalışmalar bulunmamakla birlikte, son dönemde yapılan çalışmalar ele alınmaktadır.

Dünya'nın en çok emisyon salınımı yapan ülkesi olan Çin üzerine yapılan çalışmaların literatürde oldukça yer aldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan güncel olanları inceleyecek olursak; Yin vd. (2015), 2000-2012 yıl aralığında Çin üzerine GLS Yöntemi (Random effect) ile hazırladıkları çalışmada, Çin'de CO2 emisyonu için Kuznets eğrisinin doğrulandığı gösterilmektedir. Teknolojik ilerlemenin düşük karbonlu ekonomik kalkınma üzerindeki etkisi uzun bir histerezis etkisi yaratmıştır, ancak artan dönemde CO2 emisyonunu kısıtlamış ve azaltma döneminde emisyon azaltımına yardımcı olan düşüş eğilimini hızlandırmıştır.

Xu ve Lin (2018), Çin'in 30 eyaletinde 1999-2015 yıl aralığında Eşbütünleşme Testleri, Rassal Etkiler ve STIRPAT Modeli kullanılarak yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre yüksek teknoloji endüstrisinin CO2 emisyonlarını azaltmada faydalı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Ar-Ge finansmanı, Ar-Ge personeli yatırımları ve yüksek teknoloji satın alma harcamalarındaki önemli farklılıklar nedeniyle doğu bölgesindeki yüksek teknoloji sektörünün etki yoğunluğunun, orta ve batı bölgelerine göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gu vd. (2019), çalışmada 2005-2016 döneminde Çin'de 30 bölge için Genelleştirilmiş Moment Yöntemi (GMM) yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Enerjide teknolojik ilerleme ve CO2 emisyonları arasında ters U-şeklinde bir ilişki tespit edilmiştir. Dönüm noktaları, Çin'in enerji teknolojik ilerlemesinin hem doğrudan hem de teknik etkisi bulunmaktadır. Bu geri tepme etkisinin CO2 emisyonlarının artışı üzerinde pozitif bir etkisi olmaya devam etmesine rağmen, başlangıçta CO2 emisyonlarını arttırdıklarını ve daha sonra azalttıkları görülmüştür. Farklı enerji teknolojisi seviyelerine sahip bölgeler arasındaki en büyük farklılıklar,

enerji teknolojik ilerlemesinin CO2 emisyonları üzerindeki doğrudan ve teknik etkisinde ortaya çıkmaktadır.

Zhang vd. (2017), Çin'in 30 bölgesi için 2000-2013 yıl aralığında GMM yöntemini kullanarak çalışma hazırlamışlardır. Enerji verimliliğinin ve inovasyon kaynaklarının emisyonları azaltmak için zorunlu olduğu ifade edilmiştir. Hükümet politikaları değişkeninin emisyon azaltma üzerinde gecikmeli bir etkisi bulunmuştur.

Lin ve Zhu (2019a), çalışmada 2000-2015 döneminde Çin'de 30 bölge için Dinamik Panel Regresyon Modeli kullanılarak hazırlanan modele göre 4 sonuç elde edilmiştir. Çin'in bölgeleri arasında teknolojik yenilik düzeylerinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Yoğun CO2 emisyonlarının yenilenebilir enerji teknolojik inovasyon seviyesini yükselttiğini, yani inovasyon sürecinin iklim değişikliklerine aktif olarak yanıt verdiği gözlemlenmiştir. Devlet ve işletmeden gelen Ar-Ge yatırımları, inovasyon seviyesini yükseltmek için elverişlidir. Enerji fiyatının yenilenebilir enerji teknolojilerindeki yenilikler üzerinde önemsiz bir etkisi bulunmaktadır.

Lin ve Zhu (2019b), Çin'de 2000-2015 döneminde Doğrusal Regresyon Yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre yenilenebilir enerji teknolojik inovasyonun CO2 emisyonları üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu doğrulanmıştır. Kömürün hâkim olduğu enerji tüketim yapısının yükselmesiyle yenilenebilir enerji teknolojik inovasyonun CO2 emisyonlarını azaltma üzerindeki etkisinin azaldığı, bunun aksine yenilenebilir enerji üretiminin artan oranıyla bu etkinin arttığı görülmüştür.

Yang vd. (2019), çalışmada 2001'den 2015'e kadar Çin'in bölgesel panel verilerine dayanarak enerji fiyatı, kamu mali politikası, bilgi stokları, enerji yapısı ve çevre düzenlemesi gibi enerji teknolojik yeniliğinin itici güçleri, GMM kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen belirli sonuçlara göre; enerji fiyatının fosil enerji teknolojik inovasyonu üzerindeki etkisi yenilenebilir enerjiden daha fazladır, bu da Çin'deki enerji fiyatının optimal seviyesinden çok daha düşük olduğu ve yenilenebilir enerjinin gelişmesi anlamına gelmektedir. Enerji teknolojisinin fiyat mekanizmasının desteğine ihtiyacı bulunmaktadır. Enerji teknolojisi inovasyonunun gelişimi, büyük ölçüde hükümet politikası desteğine dayanmaktadır.

Cheng ve Yao (2021), çalışmada 2000'den 2015'e kadar 30 Çin ilinde yenilenebilir enerji teknolojisi inovasyonunun karbon yoğunluğu üzerindeki etkisini analiz etmektedir. Çalışmada, kesit bağımlılığını ve eğim heterojenliğini dikkate alan panel tahmin yöntemleri kullanılarak sonuçlar gösterilmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojisinin yenilik düzeyinde her %1'lik artış için, karbon yoğunluğunu %0.051 oranında önemli ölçüde azaltıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada yenilenebilir enerji teknolojisi inovasyonunun itici gücünü daha fazla tartışmak için politika çıkarımları sunulmaktadır.

Bai vd. (2020), 2000'den 2015'e kadar Çin il panel verilerine dayanan çalışmada gelir eşitsizliği, yenilenebilir enerji teknolojik inovasyonu ve CO2 emisyonları arasındaki ilişki üzerine bir analiz gerçekleştirmek için panel sabit etki regresyon modeli ve bir panel eşik modeli kullanılarak analiz yapılmıştır. Sonuçlar yenilenebilir enerji teknolojik inovasyonunun kişi başına CO2 emisyonlarını azaltmaya elverişli olduğunu göstermektedir. Ancak, gelir eşitsizliğindeki artışla birlikte, yenilenebilir enerji teknolojik inovasyonunun kişi başına CO2 emisyonları üzerindeki azaltıcı etkisinin engelleneceği belirtilmektedir.

Panel zaman serileri üzerine olan çalışmalarda sıklıkla kullanılan OECD ülkelerini inceleyen çalışmalar değerlendirildiğinde Ar-Ge harcamalarının emisyonlar üzerinde etkili olduğu, emisyonları azalttığı, bazı çalışmalarda EKC hipotezinin desteklendiği, bazılarında ise EKC hipotezinin varlığının doğrulanmadığı şeklinde sonuçlara ulaşıldığı dikkat çekmektedir. Bu genel değerlendirme ışığında 1974-2012 yıl aralığında Sun ve Kim (2012) tarafından yapılan çalışmada, Otoregresif panel regresyon analizi yaparak enerji ve yenilenebilir enerji için Ar-Ge'ye devlet yatırımını teşvik eden arz tarafı, talep tarafı ve kurumsal faktörleri incelenmiştir. Genel olarak sonuçlar enerji için devlet Ar-Ge bütçeleri üzerinde önemli ölçüde pozitif etkiler göstermektedir. Bununla birlikte, rafineri çıktısı, yenilenebilir enerji kaynakları için devletin Ar-Ge bütçesi üzerindeki olumsuz etkiyi göstermektedir.

Alvarez-Herranz vd. (2017a), çalışmada 17 OECD Ülkesinde 1990-2012 yıl aralığında Panel En Küçük Kareler Yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlara göre, gelir ve çevresel bozulma arasında N-şekilli bir EKC hipotezi ilişkisinin varlığını

doğrulamaktadır. Ayrıca enerji inovasyon sürecinin çevre kirliliği üzerindeki pozitif etkisini de doğrulamaktadır ve yenilenebilir enerji kaynaklarının hava kalitesini artırmaya yardımcı olduğu belirtilmektedir.

Alvarez-Herranz vd. (2017b), 28 OECD Ülkesi için 1990-2014 dönemi için yapılan çalışmada EKC hipotezini kullanarak enerji Ar-Ge iyileştirmelerin GHG emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Buna göre, enerji inovasyon önlemlerinin tam etkisine ulaşmak için zaman gerektiği, yani çevresel önlemlere uygulanan inovasyonun tüm etkisine hemen ulaşamadığını bunun yerine belirli bir sürenin geçmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Mensah vd. (2018), çalışmada 1990-2014 döneminde 28 OECD ülkesi için STIRPAT ve ARDL yöntemi kullanılarak inovasyonun çoğu OECD ülkesinde CO2 emisyonlarının azaltılmasında önemli rol oynadığı ortaya koyulmuştur. Ayrıca kişi başına GSYİH'deki iyileşmenin, çoğu OECD ekonomisinde CO2'de artışa yol açtığı, ancak bazı OECD ülkelerinde emisyonları azalttığı; bu nedenle, ekonomik EKC hipotezinin çoğu ekonomi için geçerli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Koçak ve Ulucak (2019), çalışmada 2003-2015 yıl aralığında Havuzlanmış OLS ve Sistem GMM yöntemiyle 19 OECD Ülkesi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre enerji verimliliği ve fosil enerji için Ar-Ge harcamalarının CO2 emisyonları üzerinde artan bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamaları ile CO2 emisyonları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Ganda (2019), çalışmada 25 OECD ülkesinde 2000-2014 yıl aralığında GMM yöntemi kullanılarak çalışma tamamlanmıştır. Çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin ve Ar-Ge'ye yapılan harcamanın CO2 emisyonları ile istatistiksel olarak anlamlı ve negatif ilişkiye sahip olduğuna ulaşılmıştır. Bu ülkelerdeki yenilik ve teknoloji yatırımlarının emisyonları farklı şekilde etkilediği ve hâlâ çevresel kaliteyi düşürme potansiyeline sahip olduğu sonucu elde edilmiştir. Patentlerin doğal çevre standardı spesifikasyonlarını içermesi ve araştırmacıların çevre ile ilgili donanımlı bilgiye sahip olmasının sıfır emisyon hedeflerine ulaşılabilirliği artırdığı sonucuna varılmıştır.

Sohag vd., (2019), OECD ülkelerinin 1980-2017 yıllarını kapsayan çalışmada Kesitsel otoregresif dağılmış gecikmeler (CS-ARDL) yöntemi kullanılmıştır. Analizden ekonomik büyümenin ve CO2 emisyonlarının EKC hipotezinin aksine U-şeklinde bir ilişki izlediği, analizin sanayi, imalat ve hizmet sektörlerinin GSYİH'ya önemli katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Teknolojik ilerlemenin ise enerji verimliliği yoluyla CO2 emisyonlarını azaltmada küçük bir etkisinin olduğu ancak EKC hipotezinin varlığının doğrulanamadığı açıklanmıştır.

Mensah vd. (2019), OECD ülkelerinde 1990-2015 yıl aralığında ARDL, OLS yöntemlerinden elde edilen bulgulara göre eko-patentlerin ve ticari markaların CO2 emisyonlarını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Alam ve Murad (2020), çalışmada 1970-2012, döneminde 25 OECD ülkesinde ARDL, Havuzlanmış ortalama grup (PMG), Ortalama grup (MG) ve Dinamik sabit etki (DFE) yaklaşımları, Dinamik sıradan en küçük kareler (DOLS) ve değiştirilmiş sıradan en küçük kareler (FMOLS) yöntemleri kullanılmıştır. Ekonomik büyümenin, ticaret açıklığının ve teknolojik ilerlemenin OECD ülkelerinde uzun dönemde yenilenebilir enerji kullanımını önemli ölçüde etkilediği ortaya koyulmuştur.

Chen ve Lei (2018) belirlenen 30 ülke için yapılan çalışmada 1980-2014 döneminde teknolojik yeniliğin, nispeten daha yüksek CO2 emisyonu olan ülkeleri büyük ölçüde etkilediği ifade edilmiştir. Bu nedenle daha düşük maliyetlerle yenilenebilir enerji üretmek ve enerji verimliliğini artırmak için teknolojik yeniliklerin desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca değişkenlerin CO2 emisyonları üzerindeki etkilerinin heterojen olduğu gösterilmiştir.

Inglesi-Lotz (2019) Avustralya, Kanada, Almanya, Birleşik Krallık ve ABD'de 1981-2017 dönemi için hazırlanan çalışmada elde edilen bulgular beş ülkenin tümü için araştırma üzerindeki dört etkinin işaretinde genel bir eğilimi göstermektedir: enerji Ar-Ge üretkenliği, enerji Ar-Ge önceliği ve GSYİH çoğunlukla pozitif etkisi bulunurken Ar-Ge yoğunluğu negatif olarak bulunmuştur.

Dauda vd., (2019), BRICS, G-6 ve MENA ülkelerinde 1990-2016 yıl aralığında FMOLS ve DOLS yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada enerji tüketiminin tüm panel seviyelerinde CO2 emisyonlarını arttırdığı sonucu elde edilmiştir. Ancak inovasyonun, G-6'daki CO2 emisyonlarını azaltırken MENA ve BRICS ülkelerindeki emisyonları arttırdığı açıklanmıştır. EKC hipotezinin ise sadece BRICS ülkelerinde geçerli olduğuna ulaşılmıştır.

Su vd., (2020), ABD'de 1990-2017 yıl aralığında ARDL yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlara göre ihracat ve tüketime dayalı CO2 emisyonlarının negatif bir şekilde ilişkili olduğu ve teknolojik yeniliklerin CO2 emisyonlarının artmasının etkilerini azaltmaya yardımcı olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, ithalat ve GSYİH'nin, tüketime dayalı CO2 emisyonları ile pozitif olarak bağlantılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Apergis vd. (2013), Almanya, Birleşik Krallık ve Fransa'yı 1998-2011 dönemlerinde Eşik otoregresif (TAR) modeli kullanarak inceledikleri çalışmada Ar-Ge harcamalarının CO2 emisyonlarını azalttığı sonucu elde edilmiştir. Bunun nedeninin ise firmalara sağlanan teşviklerin varlığı olduğu belirtilmektedir. Sonuçlar sektör analizi, firma büyüklüğü ve AB-ETS'nin üç ülke arasında uygulanması açısından önemlidir.

Irandoost (2016), 4 İskandinav Ülkesinde 1975-2012 dönemlerinde Vektör otoregresyonu (VAR) Modeli kullanarak çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Danimarka'da yenilenebilir enerjiden emisyonlara doğru tek yönlü nedensellik Finlandiya, İsveç ve Norveç'te çift yönlü nedensellik bulunmuştur.

Jordaan vd. (2017), çalışmada 1974-2014 yıl aralığında Kanada için literatür incelemesi yapılmıştır. Enerji teknolojisi inovasyonunun bir ülkenin GHG emisyonlarını azaltma üzerindeki etkisini anlamak, mevcut sistemi karakterize etmek için sistematik bir inceleme yapılması gerekli görülmektedir. Sonuçlara göre Ar-Ge harcamalarından sermaye harcamalarına kadar olan yatırımların fosil yakıtlara yönelik olduğu ifade edilmiştir. Kanada'da temiz enerji inovasyonunu arttırmak ve

emisyona azaltımlarında başarı sağlamak için, temiz enerji yatırımcılarını çekmek için mevcut finansmanın hükümet politikalarında yer almaları gerektiği ifade edilmiştir.

Ulucak (2020), BRICS ülkeleri için 1992-2014 dönemini kapsayan çalışmada elde edilen ampirik sonuçlar, çevre ile ilgili teknolojilerin yeşil büyümeye pozitif etkisinin bulunduğunu göstermektedir. Sonuçlar ayrıca yenilenebilir enerjinin yeşil büyümeyi desteklediğini, ancak yenilenemeyen enerjinin yeşil büyümeye zararlı olduğunu doğrulamaktadır.

Bilgili vd. (2021), 2003-2018 yıl aralığında 13 gelişmiş ülke seçilerek yapılan çalışmada Panel kantil regresyon tekniğine göre ulaşılan ampirik sonuçlara göre ekonomik büyüme ile CO2 emisyonları arasında sadece daha yüksek karbon yayan ülkelerde ters U şeklinde EKC hipotezi doğrulanmıştır. Ayrıca enerji verimliliği araştırma ve geliştirmenin, fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji Ar-Ge'ye kıyasla CO2 emisyonlarını azaltmada daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Miyamoto ve Takeuchi, (2019), çalışmada Kyoto Protokolü'nün güneş ve rüzgâr enerjisi de dâhil olmak üzere yenilenebilir enerji teknolojilerinin uluslararası yayılımı üzerindeki etkisini incelemektedir. 1990'dan 2013'e kadar 133 ülkenin patent başvuru verileri kullanarak Kyoto Protokolü'nün emisyon hedefi olan ülkelere uluslararası patent başvurularını artırdığı görülmektedir. Sonuçlar, Kyoto Protokolü'nün, iklimin hafifletilmesi için katı hedeflere bağlı olan ülkelere uluslararası patent alma faaliyetlerini teşvik ettiğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar teknolojinin uluslararası yayılması için iklim değişikliği anlaşmalarının önemini desteklemektedir.

Bu bölümde teknolojik inovasyonların CO2 emisyonları üzerindeki etkileri üzerine mevcut küresel çalışmalar gösterilmektedir. Çalışmalarda iklim değişikliğini en fazla etki ettiği düşünülen CO2 emisyonlarının çevresel değişken olarak alındığı görülmektedir. Bu çalışmalarda farklı zaman dilimleri, bölgeler, ülkeler ve değişkenler kullanılarak CO2 emisyonlarının enerji üzerine yapılan teknolojik inovasyonlarla birlikte azaltılabilir olduğunu göstermektedir. Özetlenen araştırmaların bulgularına göre yeşil teknoloji ve inovasyonun CO2 emisyonlarını

azalttığı vurgulanmaktadır. İklim değişikliği ve küresel ısınma, küresel endişe yaratan ciddi çevresel sorunlar hâline gelmektedir. Birçok ülkede, CO2 emisyonunu azaltma ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için yenilenebilir enerji geliştirme planlarını yürürlüğe koyulmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojisi inovasyonunun gelişimini hızlandırmak, yenilenebilir kaynakların kullanımını teşvik etmek için en önemli önlemlerden biri olmaktadır. AB ülkelerinde “iklim değişikliği ve enerjide teknolojik inovasyonu” inceleyen güncel çalışmalar ise 4.1’de yer almaktadır.

Tablo 4.1. AB Ülkelerinde İklim Değişikliği, Enerji Tüketimi ve Enerji Teknolojik İnovasyonu İnceleyen Çalışmaların Listesi

<i>Yazarlar</i>	<i>Zaman Aralığı</i>	<i>Yöntem</i>	<i>Amaç</i>	<i>Sonuç</i>
Kocsis ve Kiss (2015)	2004-2012	Vektör Regresyon Modeli	AB ülkelerinde brüt enerji tüketiminde yenilenebilir tüketimin oranı, kişi başı GSYİH ve Ar-Ge harcamaları arasındaki potansiyel ilişkiyi incelemektir.	Sonuçlar, GSYİH’nın etkisinin daha yüksek bir Ar-Ge harcaması seviyesinde olumlu olduğunu, ancak daha düşük bir Ar-Ge harcaması seviyesinde etkinin kesin olmadığını göstermektedir.
Fernandez vd. (2018)	1990-2013	Sıradan en küçük kareler	Çalışmanın temel amacı, inovasyonun CO2 emisyonlarının azaltılması üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ampirik olarak doğrulamaktır.	Sonuçlar, Ar-Ge harcamalarının gelişmiş ülkeler için CO2 emisyonlarının azaltılmasına olumlu katkı sağladığı hipotezini desteklemektedir. Enerji tüketimindeki artışların ise emisyonlarda bir artışa neden olduğu görülmektedir.
Auci ve Travato (2018)	1997-2005	Sabit Etkiler modeli	25 AB ülkesinin en kirli sektörlerine odaklanarak ve içsellik konusunu dikkate alarak, tek bir denklem modelini (tek değişkenli model) eşzamanlı denklem sistemi (iki değişkenli model) ile karşılaştıran ayarlanmış bir EKC ilişkisi tahmin edilmiştir.	Bulgular, gelir ve CO2 emisyonları arasında negatif bir ilişkinin baskın olduğunu ve sadece EKC’nin azalan kolunun alakalı olduğunu göstermektedir. Ayrıca en kirli sektörlerin emisyonları gelir arttıkça azalmaktadır. Ar-Ge harcamalarının doğrudan etkisinin, dolaylı etki karıştırılırken kirliliği azalttığı belirtilmiştir.
Adedoyin vd. (2020)	1997-2014	Pedroni, Johansen ve Kao Eşbütünleşme Testleri ve FMOLS DOLS	Çalışmada Ar-Ge’nin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi ve ekolojik ayak izi-gelir fonksiyonunda yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ve nedensellik ilişkisi incelenmiştir.	Uzun dönemde ülkelerin Ar-Ge harcamaları ile ekolojik ayak izi arasında negatif ve anlamlı bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yenilenemeyen enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin karbon salınımını artırdığını, yenilenebilir enerji tüketiminin ise ekolojik ayak izini azalttığı belirtilmiştir. Panel nedensellik analizinde ise, ekolojik ayak izi, Ar-Ge harcamaları, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji arasında bir geri bildirim mekanizması olduğu belirtilmiştir.

Köse vd. (2020)	1997-2014	Pedroni Eşbütünleşme Testi Panel ARDL-PMG yöntemi Emirmahmutoglu ve Köse (2011) Nedensellik Testi	Çalışma, enerji tüketimini büyüme aracı olarak (yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji ayrıştırarak enerji kaynaklı büyümeyi yeniden gözden geçirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca AB ülkeleri panelinde sürdürülebilir büyümenin sağlanmasında Ar-Ge'nin rolü incelenmiştir.	Uzun dönemde yenilenebilir olmayan enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve Ar-Ge'deki %1'lik artışın, panel ülkelerinin büyümesindeki sırasıyla %0,60, %0,13 ve 0,05'lik bir artışa neden olduğu sonucuna varılmıştır. Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ve Ar-Ge'nin ülkelerin ekonomik büyümesi üzerinde nedensel etkisinin olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla, AB ülkelerinin sürdürülebilir büyüme ve iklim eylemlerine olan bağlılığının gerçekte istenen sonuca ulaşıldığı ifade edilmiştir.
Altıntaş ve Kassouri (2020)	1985-2016	Westerlund Eşbütünleşme Testi Doğrusal ve Doğrusal olmayan Panel ARDL tahmincisi Panel Nedensellik testleri	Makalede, enerji teknolojisi yeniliklerinin daha temiz enerji arzı ve karbon ayak izleri üzerindeki birincil girdisi olan hükümetin enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesinin etkisi incelenmektedir.	Enerji teknolojisi Ar-Ge'sine verilen kamu desteğindeki artışla ilişkili karbon ayak izindeki azalmanın, Avrupa'da yenilenebilir enerji dağıtımına enerji teknolojisi yeniliğinin katkısından daha belirgin olduğu bulunmuştur.
Alataş (2021)	1977-2015	AMG CCEMG MG	Teknolojik ilerlemenin çevresel etkisinin sektörler arasında farklılık gösterebileceği savunulmakta ve ulaşım sektörü için araştırma yapılmaktadır.	Çevre teknolojilerinin ulaşım sektöründen CO2 emisyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamsız ve olumlu etkiye sahip olduğu, ayrıca, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi daha fazla kirliliğe yol açarken, kentleşmenin emisyonlar üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız olduğuna ulaşılmıştır.

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 4.1'de, enerji teknolojisindeki ilerleme, enerji tüketimi ve iklim değişikliği göstergesi olarak kullanılan CO2 emisyonları arasındaki ilişkiye ilişkin bazı araştırmaları özetlemektedir. İklim değişikliğini etkileyen faktörlere ilişkin önceki çalışmalar önemli miktarda bilgi ve veri oluşturmuş olsa da daha fazla çalışma gerektiren hususlar bulunmaktadır. Araştırmamıza göre, mevcut literatür ya teknik ilerlemenin ya da enerji tüketiminin iklim değişikliği üzerindeki etkilerini analiz ederken kapsamlı bir analiz yapmak için ikisini birleştiren az sayıda çalışma bulunmaktadır. Özetle, farklı ölçüm hedefleri ve etkileyen yönler nedeniyle, çalışmalardan elde edilen sonuçlarda belirsizlik olduğu görülmektedir. Buradan yola çıkarak çalışmanın literatüre katkıları aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- I. Önceki araştırmacılar, enerji tüketimi, CO2 emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi kapsamlı bir şekilde analiz etmiş olsalar da teknolojik yeniliğin çevre-enerji-büyüme bağlantısına etkisi çalışmalara yeterince dâhil edilmemiştir. Bu nedenle çalışmamızda AB üye ülkelerinde yenilenebilir enerjiye ayrılan Ar-Ge bütçelerinin iklim değişikliği üzerindeki etkisi incelenecek ve inovasyonların emisyonların azaltımına nasıl katkıda bulunduğu değerlendirilerek literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
- II. AB ülkeleri örneğini daha geniş bir gösterge olan GHG emisyonları ve Ar-Ge bütçelerinin kullanılarak iklim değişikliği ilişkisinin incelenmesiyle literatürde belirlenen boşluğu kapatacağı düşünülmektedir.
- III. Ampirik analizde hem heterojenliği hem de yatay kesit bağımlılığını dikkate alan etkin ve güncel bir tahmin yöntemi olan AMG Tahmincisi kullanılması yönüyle de literatüre katkı sağlamaktadır.

4.2. AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerjiye Yapılan Yatırımların İklim Değişikliğine Etkisinin Ekonometrik Analizi

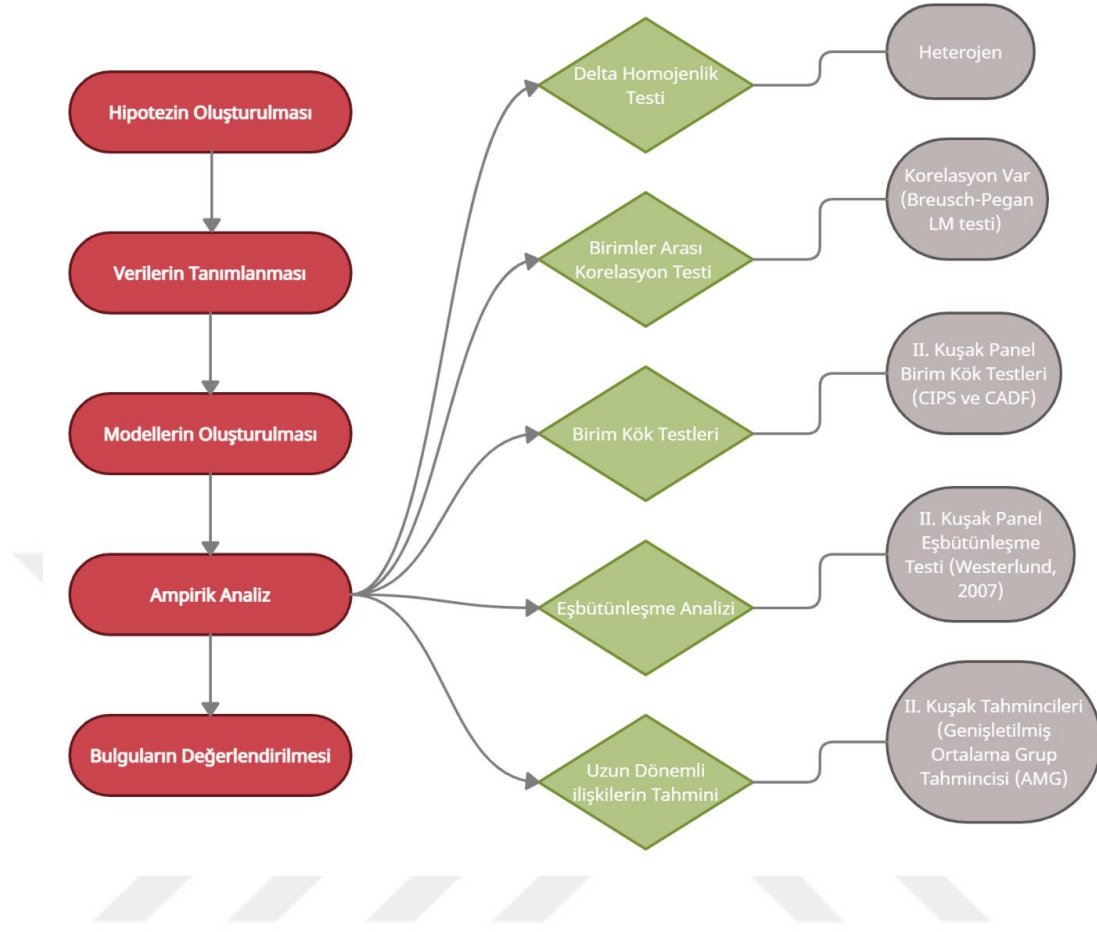
Son yıllarda ekonomik büyümenin sürdürülebilirliği çoğu dünya ekonomisi için kritik bir hedef hâline gelmektedir. Bu amaca ulaşmak için, düşük veya sıfır karbon üretim sistemine geçişi içeren GHG emisyonlarını stabilize etmek veya azaltmak gerekmektedir. Bu çerçevede inovasyon, verimli bir enerji piyasasına ulaşmada ve aynı zamanda herhangi bir ekonominin sürdürülebilir kalkınmasını sağlamada kilit bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

AB ülkeleri enerji politikalarını belirlerken topluluğun rekabet etmelerine katkıda bulunmak, enerji arz güvenliğini sağlamak ve sürdürülebilir kalkınmayla birlikte çevrenin korunmasını sağlamak amaçlarını hedeflemektedirler. Sürdürülebilir bir enerji politikası için iklim değişikliği ile mücadele AB'nin enerji politikalarını oluşturmaktadır. 23-24 Ekim 2014 tarihinde gerçekleştirilen AB Konseyi toplantısında "2030 yılına yönelik iklim ve enerji politikalarının çerçevesi" kabul edilmiştir. Bu çerçeveye göre AB'nin GHG emisyonlarını 2030 yılına kadar %40 oranında azaltması, enerji verimliliğinin %27 oranında artırılması ve yenilenebilir enerjinin toplam enerji tüketimindeki payının %27 oranında yükselmesi

amaçlanmaktadır (AB Daire Başkanlığı, 2020). Bu amaçlar göz önüne alınarak ve AB üye ülkeler üzerine literatürde iklim değişikliği ve yenilenebilir enerji yatırımları üzerine çalışmaya rastlanılmadığından dolayı verilerine ulaşılabilen ülkeler üzerinde analiz yapılacaktır.

Bu çalışmada 1990-2018 yıl aralığında AB üye ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçelerinin iklim değişikliği ilişkisine odaklanılmaktadır. Çalışmanın amacı farklı alanlardaki enerji Ar-Ge harcamalarının iklim değişikliğini azaltılmasına etkisini incelemektir. Bu amaçla, bir ekonometrik model tahmin edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının emisyonları azaltıcı etkisi göz önüne alınarak bu kaynaklar üzerinde yapılacak teknolojik ilerlemenin de emisyonları azaltıcı etkisinin olduğu düşünülmektedir. GHG emisyonları ve AB ülkelerinde gerçekleşen yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan teknolojik inovasyon hakkında literatürde yeterli çalışma bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Spesifik olarak yenilenebilir enerji teknolojisi inovasyonu kısa dönemde iklim değişikliğini etkilemezken uzun dönemde etkilemektedir. Bu nedenle çalışmada uzun dönemli ilişkinin tahmini yapılmaktadır.

Analizde kullanılacak modelde araştırmanın çerçevesi aşağıda gösterilmektedir:



Şekil 4.1. Araştırmanın Çerçevesi

4.2.1. Model, Veri Seti ve Değişkenlerin Tanımlanması

Analizde kullanılacak teknolojik düzeyi ölçmenin iki yolu vardır: İlki teknolojik seviyeyi ölçmek için Ar-Ge girdisini veya Ar-Ge personelini kullanmaktadır (Xu ve Lin, 2018). Fakat iki nedenden dolayı yukarıdaki yollardan kaçınılmaktadır. İlk olarak Ar-Ge girdisi veya Ar-Ge personeli mevcut teknolojik düzeyi doğru şekilde yansıtmamaktadır. Çünkü işletmelerin hâlâ gayri resmi Ar-Ge faaliyetleri vardır ve Ar-Ge yatırımı ile çıktı arasında tam bir doğrusal ilişki yoktur. İkinci olarak yenilenebilir enerji için Ar-Ge girdileri veya Ar-Ge personel verileri il düzeyinde mevcut değildir. Patent sayısı ile ölçülen Ar-Ge üretimi, teknolojik seviyenin iyi bir ölçüsüdür. Ancak, patent kalitesi farklı olabilmektedir, çünkü patent sayısına göre doğrudan teknolojik düzeyini ölçmede bazı eksiklikler bulunmaktadır (Lin ve Zhu, 2019). Literatürde yer alan çalışmalarda, enerji teknolojik inovasyonunu enerji verimliliği (Lin ve Xu, 2018), enerji yoğunluğu (Xu ve Lin, 2016), teknik pazarda

işlem hacmi (Song vd., 2018), kişi başına patent sayısı (Liu vd., 2015) ve toplam faktör verimliliği (Cheng vd., 2018) dâhil olmak üzere enerji teknolojik inovasyonunu ölçmek için birçok farklı ölçüm kullanılmıştır.

Teoriye ve literatüre uygun olarak iklim değişikliğinin göstergesi GHG emisyonları (GHG), kişi başına GSYİH'nın (GDP) ve fosil yakıtların tüketiminin (FOOSC), bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır:

$$GHG = f(GDP, FOOSC)$$

Buna göre fonksiyonel şekilde ifade edilen denklemin panel veri denklemi şeklinde gösterimi şu şekildedir:

$$GHG_{it} = \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 FOOSC_{it} + \rho_i + \varepsilon_{it}$$

burada i ülkeleri, t ise zamanı, ε_{it} hata terimlerini, ρ_i ise Yenilenebilir Enerji RD&D Ülke Bütçesini (RERD) ve Toplam Enerji Teknolojisi RD&D bütçesini (TOTRD) ifade eden değişkenleri simgeleyen 2 farklı modeli ifade etmektedir. AB, 27 üye ülkeyi (Avusturya, Almanya, Bulgaristan, Belçika, Çekya, Danimarka, Estonya, Fransa, Finlandiya, Güney Kıbrıs Rum Yönetimi, Hollanda, Hırvatistan, İrlanda, İsveç, İtalya, İspanya, Letonya, Lüksemburg, Litvanya, Malta, Macaristan, Portekiz, Polonya, Romanya, Slovenya, Slovakya, Yunanistan) içermektedir. Fakat bu ülkelere ait veriler eksik olduğundan dolayı dengesiz panel şeklinde olmaktadır. Bundan dolayı verileri eksiksiz olan 9 AB üyesi ülke belirlenip dengeli panele dönüştürülerek analizler yapılmıştır. Çalışmanın modelinde yer alan tüm değişkenler logaritmik şekilde analizde kullanılmıştır. Çalışmada 1990-2018 yıl aralığında AB üye ülkelerinden verilerine ulaşılabilen ülkeler (Avusturya, Almanya, Danimarka, Fransa, Finlandiya, İtalya, İsveç, Hollanda ve İspanya) için iki model kullanılarak analizler yapılacaktır. Buna göre çalışmada kullanılacak değişkenler:

Tablo 4.2. Analizlerde Kullanılacak Değişkenlerin Tanımlanması

<i>Değişkenler</i>	<i>Tanımlar</i>	<i>Birimi</i>	<i>Kaynak</i>	<i>Beklenen Etki</i>
PGHG	Kişi Başı GHG Emisyonları	Total emissions including LULUCF (Tonnes of CO2 equivalent, Thousands)	OECD İstatistikleri Veri Tabanı	
PGDP	Kişi başına GSYİH	per capita (constant 2010 US\$)	Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI)	Pozitif
PFOSC	Kişi Başı Fosil Yakıt Tüketimi	Terawat-hours	Our World In Data	Pozitif
PRERD	Kişi Başı Yenilenebilir Enerji RD&D Bütçesi	Total RD&D spending in Million USD (2019 prices and exchange rates)	IEA Enerji Ar-Ge Veri Tabanı- Teknolojisi Bütçeleri	Negatif
PTOTRD	Kişi Başı Toplam Enerji Teknolojisi RD&D bütçesi	Total RD&D spending in Million USD (2019 prices and exchange rates)	IEA Enerji Ar-Ge Veri Tabanı- Teknolojisi Bütçeleri	Negatif

Not: Tüm değişkenler ülke grubu nüfuslarına bölünerek kişi başı olarak modellerde kullanılmıştır. Tablo yazar tarafından hazırlanmıştır.

İklim değişikliği ile yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar için kullanılacak PRERD ve PTOTRD değişkenleriyle birlikte 2 farklı model kurulacak ve yorumlanacaktır. Buna göre fonksiyonel şekilde ifade edilen denklemin panel veri denklemi şeklinde gösterimi şu şekildedir:

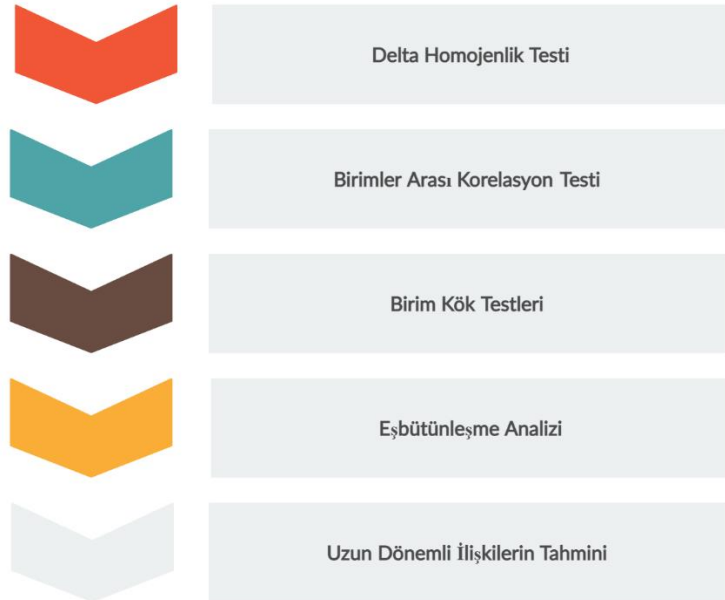
$$\text{Model 1: } \log PGHG_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \log PGDP_{it} + \beta_2 \log PFOSC_{it} + \beta_5 \log PRERD_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$\text{Model 2: } \log PGHG_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \log GDP_{it} + \beta_2 \log PFOSC_{it} + \beta_5 \log PTOTRD_{it} + \varepsilon_{it}$$

4.2.2. Araştırmanın Metodolojisi

Ekonometrik analizlerde zaman serisi verisi, yatay kesit veri ve panel veri olmak üzere üç çeşit veri türü bulunmaktadır. Bunlar; değişkenlerin değerlerinin gün, ay, mevsim, yıl gibi zaman birimlerine göre değişimini içeren zaman serisi verisi, zamanın belli bir noktasında, farklı birimlerden toplanan yatay kesit veri ve yatay kesit gözlemlerin, belli bir dönemde bir araya getirilmesi olarak tanımlanan panel

veridir. Panel veri, N Sayıda birim ve her bir birime karşılık gelen T sayıda gözlemden oluşmaktadır. Ekonometrik analizlerde, yatay kesit ve zaman serisi verilerinin boyutlarını yetersizliği 1950’li yıllardan itibaren panel veri kullanımını gündeme getirmiş yapılan ilk uygulamalı çalışmalar ise daha çok 1990’lı yıllardan itibaren başlamıştır. İlk başta daha çok birim boyutunun zaman boyutundan fazla olduğu mikro panel verilerle başlayan çalışmalara daha sonraları zaman boyutunun birim boyutunu aştığı makro panel çalışmalar eklenince literatür zenginleşmiştir. Panel veriler kullanılarak oluşturulan panel veri modelleri, birim ve zaman boyutunun büyüklüğüne ve modelin yapılan birtakım varsayımları sağlayıp sağlamama durumuna göre çeşitli yöntemlerle tahmin edilmektedir Panel veri analizinde, parametrelerin homojen/heterojen olmasına ve kalıntılarda birimler arası korelasyon olup olmamasına göre testler ve tahmin yöntemleri çok geniş olarak sunulmaktadır (Tatoğlu Yerdelen, 2018). Çalışmada panel veri analizinin bu avantajları göz önünde bulundurularak panel veri analiz tekniği kullanılmıştır. Analizde hangi tahmin yöntemi ve testin kullanılmasının uygun olup olmadığının belirlenmesi için öncelikle heterojenlik ve birimler arası yatay kesit bağımlılığının sınanması gerekmektedir. Bu doğrultuda çalışmada kullanılan testler şu şekilde sıralanmaktadır:



Çalışmanın bu bölümünde çalışmada kullanılan ekonometrik teorilere, analizlerden elde edilen sonuçlara ve sonuçların yorumlanmasına değinilecektir.

4.2.2.1. Delta Homojenlik Testi

Panel veri analizlerinde öncelikle değişkenlerin homojen olup olmadıkları incelenmelidir. Değişkenlerin homojen ya da heterojen olması, uygulanacak olan birim kök ve koentegrasyon testlerinin biçimini değiştirmektedir. Çalışmada, Delta testi yardımıyla değişkenlerin homojenliği araştırılmıştır. Eğitim homojenliği sıfır hipotezini ($H_0: \beta_i = \beta$) tüm i için - heterojenlik hipotezine karşı ($i \neq j$ için çift yönlü eğimlerin sıfır olmayan bir kesri için $H_1: \beta_i \neq \beta_j$) test etmenin en bilinen yolu şudur: standart F testini uygulamak. F testi, kesit boyutunun (N) nispeten küçük ve panelin zaman boyutunun (T) büyük olduğu durumlarda geçerlidir. Açıklayıcı değişkenler kesinlikle dışsaldır. Swamy (1970), F testinde varsayımını gevşeterek uygun bir havuzlanmış tahminciden bireysel eğitim tahminlerinin dağılımı üzerinde eğitim homojenliği testini geliştirmiştir. Bununla birlikte hem F hem de Swamy testi, N 'nin T 'ye göre küçük olduğu panel veri modellerini gerektirmektedir. Pesaran ve Yamagata (2008), büyük panellerde eğitim homojenliğini test etmek için Swamy testinin ($\tilde{\Delta}$ testi olarak adlandırılan) standartlaştırılmış bir versiyonunu önermiştir. $\tilde{\Delta}$ testi, hata terimleri normal olarak dağıtıldığında N ve T 'nin herhangi bir kısıtlama olmaksızın $(N, T) \rightarrow \infty$ olduğunda geçerlidir. $\tilde{\Delta}$ test yaklaşımında, ilk adım Swamy testinin aşağıdaki değiştirilmiş versiyonunu hesaplamaktır:

$$\tilde{S} = \sum_{i=1}^N (\hat{\beta}_i - \tilde{\beta}_{WFE})' \frac{x_i' M_T x_i}{\tilde{\sigma}_i^2} (\hat{\beta}_i - \tilde{\beta}_{WFE})$$

burada $\hat{\beta}_i$ havuzlanmış OLS tahmincisidir, $\tilde{\beta}_{WFE}$ ağırlıklı sabit etkili havuzlanmış tahmin edicidir, M_T bir matrisidir, $\tilde{\sigma}_i^2$ tahmincidir. Standartlaştırılmış dağılım istatistiği şu şekilde geliştirilmektedir:

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - k}{\sqrt{2k}} \right)$$

$(N, T) \rightarrow \infty$ koşuluyla $\sqrt{N}/T \rightarrow \infty$ ve hata terimleri normal dağıldığı sürece sıfır hipotezi altında, $\tilde{\Delta}$ testi asimptotik standart normal dağılıma sahiptir. $\tilde{\Delta}$ testinin küçük örnek

özellikleri, aşağıdaki sapma ayarlı versiyon kullanılarak normal dağılımlı hatalar altında düzeltilmiş delta test istatistiğini vermektedir (Inglesi-Lotz vd., 2015).

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{S} - E\tilde{z}_{it}}{\sqrt{\text{var}(\tilde{z}_{it})}} \right)$$

Delta testi için hipotezler ise şu şekilde oluşturulmaktadır:

H0: Eğim katsayısı homojendir.

H1: Eğim katsayısı homojen değildir.

Elde edilen test istatistiklerinin olasılık değeri, %1'den küçük ise H0 hipotezi reddedilmekte ve eğim katsayılarının heterojen olduğu kabul edilmektedir. Yukarıda tanımlanan eşitlikler yardımıyla hesaplanan Delta homojenlik testi sınaması sonuçları Tabloda gösterilmektedir:

Tablo 4.3. Delta Testi Sonuçları

Test	Test İstatistiği	Prob
<i>Model 1 (PRERD)</i>		
$\tilde{\Delta}$	13.664	0.000***
$\tilde{\Delta}_{adj}$	15.020	0.000***
<i>Model 2 (PTOTRD)</i>		
$\tilde{\Delta}$	13.652	0.000***
$\tilde{\Delta}_{adj}$	15.007	0.000***

Not: *** %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tabloda yer alan sonuçlara göre tahminlenen olasılık değerinin %1 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre H0 hipotezi reddedilmekte ve parametrelerin heterojen olduğu kabul edilmektedir. Bu durumda eşbütünleşme testlerinden heterojen olanların sonuçlarına güvenmek ve heterojen paneller için önerilen tahmin yöntemlerini kullanmak uygun olmaktadır.

4.2.2.2. Birimler Arası Korelasyon Testi

Hata teriminde birimler arası korelasyon varsa birinci kuşak eşbütünleşme testleri ve tahmin yöntemleri bu korelasyonu dikkate almadıkları için zayıf kalmakta, bu nedenle yapılacak tahmin yöntemlerinden hangilerinin kullanılması gerektiğinin belirlenmesi aşamasında öncelikle birimler arası korelasyonun test edilmesi gerekmektedir. Çalışmada panelin zaman boyutu yatay kesit boyutundan büyük ($N < T$) olduğundan dolayı Breusch-Pagan (1980) tarafından geliştirilen LM testiyle yatay kesitin varlığını incelenmektedir. Birimler arası korelasyonu sınamaya yarayan bu test, her bir birim için kurulan eşbütünleşme ya da hata düzeltme modelinin kalıntıları arasında korelasyon olup olmadığını sınamak için kullanılmaktadır. Temel hipotez (Tatoğlu, 2018:237-238):

$$H_0: \text{cov}(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{jt}) = \rho_{ij} = 0 \quad (\text{tüm } t\text{'ler için } i \neq j)$$

iken LM test istatistiği,

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2$$

olarak hesaplanmaktadır. Burada $\hat{\rho}_{ij}^2$: i ve j. Kalıntılarının (i. ve j. Birimlerin kalıntıları arasındaki) korelasyon katsayısıdır;

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T e_{it} e_{jt}}{(\sum_{t=1}^T e_{it}^2)^{1/2} (\sum_{t=1}^T e_{jt}^2)^{1/2}}$$

e_{it} , her birimde uygun yöntemle tahmin edilen kalıntılardır. Breusch-Pagan LM test istatistiği, $N(N-1)/2$ serbestlik derecesi ile X^2 dağılmaktadır. Birimler arası korelasyon test sonuçları Tablo 4.4'te gösterilmektedir:

Tablo 4.4. Birimler Arası Korelasyon Testi Sonuçları

Test		<i>Model 1</i>	<i>Model 2</i>	<i>PGDP</i>	<i>PFOSC</i>	<i>PRERD</i>	<i>PTOTRD</i>
LM (Breusch and Pagan (1980))		68.04 (0.001)***	57.36 (0.013)**	402.6 (0.000)***	188.1 (0.000)***	198.6 (0.000)***	193.1 (0.000)***
LM_{adj} (Pesaran, Ullah and Yamagata (2008))		9.055 (0.000)	5.637 (0.000)	127.4 (0.000)	52.89 (0.000)	56.76 (0.000)	55.15 (0.000)
LM CD (Pesaran (2004))		1.422 (0.155)	1.106 (0.268)	15.98 (0.000)	7.844 (0.000)	11.03 (0.000)	11.64 (0.000)

Not: Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini ifade etmektedir. *** %1, ** %5 ve * %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tabloda görülen üç testten $N < T$ koşulunu sağladığından dolayı ilk test olan Breusch Pagan LM testi dikkate alınmaktadır. Temel hipotezin H_0 : birimler arası korelasyonu olmadığı, H_A : birimler arası korelasyon olduğu şeklindedir. Buna göre Breusch Pagan LM testinin sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilmiş, birimler arası korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.2.2.3. Panel Birim Kök Testleri

Panel veri modellerinde zaman boyutu bulunduğundan dolayı durağanlık analizi yapılması gerekmektedir. Serilerin durağanlığını kontrol etmek için literatürde bazı testler yer almaktadır. Panel birim kök testleri birinci ve ikinci kuşak birim kök testleri olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır. Birinci kuşak testler birimler arası korelasyon olmadığını varsaymakta iken ikinci kuşak testlerin temel özelliği birimler arasında korelasyon olmadığını varsaymasıdır. Bu çalışmada da yapılan birimler arası korelasyon testinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda birimler arasında korelasyon olduğu sonucuna varıldığından ikinci kuşak panel birim kök testlerinin kullanılması gerektiğine ulaşılmıştır.

İkinci kuşak panel birim kök testlerini kendi aralarında üç grupta⁶ incelenmektedir. Birinci grupta, birinci kuşak testlerin çeşitli dönüşümlerle birimler arası korelasyonu dikkate alacak şekilde düzeltilmesi yer almaktadır. Bu dönüşümler birimler arası

⁶ Bu gruplandırma testlerin süreçlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için Tatoğlu Yerdelen (2018) "Panel Zaman Serileri Analizi: Stata Uygulamalı" kitabında yazar tarafından oluşturulmuştur.

korelasyonu azaltmakta fakat bazı korelasyon tiplerini tamamen yok etmemektedir. Bu nedenle literatürde bu versiyonları çok fazla kullanılmamakta alternatif testler daha fazla ilgi görmektedir. İkinci grupta çok değişkenli genişletilmiş Dickey Fuller (MADF, Taylor ve Sarno, (1998)), O'Connell (1998), görünürde ilişkisiz regresyon genişletilmiş Dickey Fuller (SURADF, Mc-Nown ve Wallace, (2002)) ve Chang (2002, 2004) testleri gibi görünürde ilişkisiz regresyon (SUR) tipi sistem tahminlerine dayanan panel birim kök testleri yer almaktadır. Üçüncü grupta ise birimler arası korelasyon ortak faktörler yardımıyla modellenmektedir. Phillips ve Sul (2003), Moon ve Perron (2004), Bai ve Ng (PANIC, 2004, 2010), Breitung ve Das (2006), Pesaran (CIPS, 2007), Hadri ve Kurozumi (yatay kesit genişletilmiş KPSS, 2012) tarafından üretilen testler örnek olarak verilebilmektedir (Tatoğlu Yerdelen, 2018:67). Bu çalışmada da literatürde sıklıkla kullanılan panel birim kök testlerinden serilere uygun olan CADF ve CIPS Panel Birim Kök Testi kullanılacaktır.

Pesaran (2007), yatay kesit genişletilmiş Dickey Fuller (CADF) regresyon modelindeki ρ_i 'nin En Küçük Kareler tahmininin t oranına bağlı olarak birim kök hipotezinin test etmiştir. CADF regresyonu,

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \rho_i Y_{it-1} + d_0 \bar{Y}_{t-1} + d_1 \bar{Y}_t + \varepsilon_{it}$$

şeklinde tanımlanabilmektedir. Doğruluğu sınamak için hipotezler:

$H_0: \rho_i = 0$ (tüm i 'leri için)

$H_1: \rho_i < 0$ ($i = 1, 2, \dots, N_i$) ve $\rho_i = 0$ ($i = N_{i+1}, N_{i+2}, \dots, N$)

Pesaran (2007), Y_{it} 'nin yatay kesit ortalaması, \bar{Y}_t ve gecikmeli değerlerini $\bar{Y}_{t-1}, \bar{Y}_{t-2}, \dots$ araç değişken olarak kullanmıştır (Tatoğlu, 2018). IPS testinin yatay kesit genişletilmiş türü olarak düşünülebilecek CIPS istatistiği CADF istatistiğinin ortalamasıdır ve,

$$CIPS(N, T) = t - \bar{bar} = \frac{1}{N \sum_{i=1}^N t_i} (N, T)$$

ya da,

$$CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^N CADF_i$$

şeklindedir (Pesaran, 2007). CADF panel birim kök testini uygulamamız sonucunda 9 AB üyesi ülke için ayrı ayrı çıkan t-istatistikleri ve panel sonuç veren CIPS test istatistiği değerleri tabloda gösterilmektedir.

Tablo 4.5. CADF Birim Kök Test Sonuçları (Düzy Değerler)

Ülkeler	Değişkenler				
	Sabitli				
	PGHG	PGDP	PFOSC	PRERD	PTOTRD
Avusturya	-3.856 (3)**	-2.762(2)	-3.009 (2)*	-2.618 (3)	-1.938 (3)
Danimarka	-1.807 (3)	-3.093(2)*	-2.423 (2)	-2.408 (2)	-3.549(2)**
Finlandiya	-1.587 (3)	-3.629(2)**	-3.227 (2)**	-1.802 (2)	-3.076 (3)*
Fransa	-3.228 (2)*	-1.237(2)	-1.539 (2)	-2.567(2)	-1.841 (3)
Almanya	-2.281 (3)	-0.544(2)	-3.065 (3)*	-4.152(2)***	-3.358 (3)**
İtalya	-3.184 (2)*	-2.736(3)	-2.990 (2)	-2.281(3)	-2.498 (3)
Hollanda	-1.659 (2)	0.576(2)	-2.773(2)	-2.808(2)	-1.139 (2)
İspanya	-1.609 (2)	-0.199(2)	-2.548(2)	-2.893(2)	-3.189 (3)*
İsveç	-3.749 (2)**	-3.312(3)*	-2.752(2)	-1.729(3)	-2.171(3)
<i>CIPS İstatistiği</i>	-2.551**	-1.882	-2.434**	-2.584***	-2.529**
Ülkeler	Değişkenler				
	Sabitli + Trendli				
	PGHG	PGDP	PFOSC	PRERD	PTOTRD
Avusturya	-3.500 (3)*	-2.73 (2)	-3.638 (2)*	-3.401(3)	-2.662(3)
Danimarka	-0.883(2)	-3.25 (2)	-3.127 (2)	-2.338 (2)	-3.384(2)
Finlandiya	-2.592(2)	-3.55 (2)*	-3.338 (2)	-1.834(2)	-3.909(3)**
Fransa	-3.149(2)	-0.767 (2)	-1.603 (2)	-3.898(2)**	-2.381(2)
Almanya	-2.021(3)	-0.890 (2)	-3.479 (3)	-4.063(2)**	-4.211(3)**
İtalya	-3.223(2)	-3.18 (3)	-2.904 (2)	-2.700(3)	-7.838(2)***
Hollanda	-2.640(2)	-1.92 (2)	-3.452 (2)	-2.819(2)	-2.142(2)
İspanya	-3.644(2)	-1.86 (2)	-2.644 (2)	-3.340(2)	-3.544(3)*
İsveç	-3.650(2)*	-3.32 (3)	-3.268 (2)	-1.668(3)	-1.961(3)
<i>CIPS İstatistiği</i>	-2.811*	-2.39	-3.050**	-2.896**	-3.559***

Not: Maksimum gecikme uzunluğu 2 olarak alınmıştır. Parantez içerisinde gösterilen optimal gecikme uzunlukları (p) Schwarz bilgi kriterine göre seçilmiştir. CADF testi için kritik değerler Pesaran (2007), sabitli model için %1 (***), %5 (**) ve %10 (*) anlamlılık düzeylerinde kritik değerler sırasıyla -4.11, -3,36 ve -2,97 olarak Tablo 1b'den, Sabit+trendli model için -4.67, -3,87 ve -3,49 olarak tablo 1c'den elde edilmiştir. CIPS testi için kritik değerler Pesaran (2007), sabitli model için %1 (***), %5 (**) ve %10 (*) anlamlılık düzeylerinde sırasıyla -2.57, -2,33 ve -2,21 Tablo 2b'den, Sabit +trendli model için -3.10, -2,86 ve -2,73 olarak tablo 2c'den elde edilmiştir.

Uygulama sonucu ulaşılan sonuçlar değerlendirildiğinde %1 anlamlılık düzeyinde sabitli modelde hesaplanan test istatistiği Almanya (PRERD değişkeninde) dışındaki diğer ülkelerde tüm değişkenlerde Pesaran (2007) tablo 1b kritik değerlerinden mutlak değerce küçük olduğundan dolayı durağan olmadığına, birim köklü olduğuna karar verilmiştir. Sabitli model için panel sonuç veren CIPS test istatistiği sonuçlarına göre %1 anlamlılık düzeyinde PRERD hariç diğer değişkenlerde Pesaran (2007) tablo 2b kritik değerlerinden küçük olduğundan dolayı durağan olmadığı sonucuna varılmıştır. Sabitli+trendli model incelendiğinde hesaplanan test istatistikleri tüm ülkelerde Pesaran (2007) tablo 1c değerlerinden mutlak değerce küçüktür ve durağan değildir. Sabitli+trendli modelde panel sonuç veren CIPS test istatistiğinde PTOTRD değişkeni dışındaki diğer değişkenlerde hesaplanan test istatistiği Pesaran (2007) tablo 2b kritik değerlerinden küçük olması sebebiyle durağan olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda düzeyde durağan olmayan değişkenlerin birinci farkları alınarak durağanlıkları sınanmıştır.

Tablo 4.6. CADF Birim Kök Test Sonuçları (Birinci Farklar $I(1)$)

Ülkeler	Değişkenler				
	Sabitli				
	Δ PGHG	Δ PGDP	Δ PFOSC	Δ PRERD	Δ PTOTRD
Avusturya	-5.012(2)***	-4.039(2)**	-4.500(2)***	-5.561(2)***	-3.984(2)**
Danimarka	-3.145(2)*	-5.772 (3)***	-3.976(2)**	-4.541(2)***	-4.357(2)***
Finlandiya	-5.139(3)***	-5.305(3)***	-7.065(3)***	-4.065(2)**	-5.533(2)***
Fransa	-4.666(2)***	-4.294(2)***	-4.777(2)***	-5.358(2)***	-4.010(2)**
Almanya	-3.346(3)**	-3.287(2)*	-4.295(3)***	-4.664(2)***	-5.565(3)***
İtalya	-5.953(2)***	-8.052 (3)***	-4.956(2)***	-4.351(2)***	-13.316(2)***
Hollanda	-4.181(2)***	-3.727(2)**	-5.100(2)***	-4.269(2)***	-4.780(2)***
İspanya	-4.929(2)***	-4.253(2)***	-7.132(2)***	-4.818(2)***	-4.570(2)***
İsveç	-4.963(2)***	-4.511(3)***	-6.652(3)***	-4.746(2)***	-4.522(2)***
CIPS	-4.437***	-4.804***	-5.384***	-4.708***	-5.626***
<i>İstatistiği</i>					
Ülkeler	Değişkenler				
	Sabitli + Trendli				
	Δ PGHG	Δ PGDP	Δ PFOSC	Δ PRERD	Δ PTOTRD
Avusturya	-3.825(3)*	-3.945 (2)**	-4.376(2)**	-5.449(2)***	-6.325(3)***
Danimarka	-3.872 (2)**	-5.700 (3)***	-3.896(2)**	-4.503(2)**	-4.270(2)**
Finlandiya	-5.136 (3)***	-5.003 (3)***	-7.471(3)***	-4.240(2)**	-5.388(2)***
Fransa	-4.528(2)**	-4.383 (2)**	-4.705(2)***	-5.019(2)***	-3.911(2)**
Almanya	-3.822 (3)*	-3.877 (2) **	-4.238(3)**	-4.595(2)**	-5.395(3)***
İtalya	-5.990(2)***	-8.088(3) ***	-4.869(2)***	-4.409(2)**	-13.066(2) ***
Hollanda	-4.034(2)**	-3.882 (2)**	-4.990(2)***	-4.160(2)**	-4.715(2)***
İspanya	-4.825(2)***	-4.141 (2)**	-7.046(2)***	-4.694(2)***	-4.412(2)**
İsveç	-4.738(2)***	-4.396 (3)**	-6.988(3)***	-4.625(2)**	-4.507(2)**

CIPS	-4.250***	-4.743***	-5.398***	-4.633***	-5.777***
İstatistiği					

Not: Maksimum gecikme uzunluğu 2 olarak alınmıştır. Δ , değişkenlerin birinci farkını ifade etmektedir. Parantez içerisinde gösterilen optimal gecikme uzunlukları (p) Schwarz bilgi kriterine göre seçilmiştir. CADF testi için kritik değerler Pesaran (2007), sabitli model için %1 (***) , %5 (**) ve %10 (*) anlamlılık düzeylerinde kritik değerler sırasıyla -4.11, -3,36 ve -2,97 olarak Tablo 1b'den, Sabit+trendli model için -4.67, -3,87 ve -3,49 olarak tablo 1c'den elde edilmiştir. CIPS testi için kritik değerler Pesaran (2007), sabitli model için %1 (***) , %5 (**) ve %10 (*) anlamlılık düzeylerinde sırasıyla -2.57, -2,33 ve -2,21 Tablo 2b'den, Sabit +Trendli model için -3.10, -2,86 ve -2,73 olarak tablo 2c'den elde edilmiştir.

Tabloda ülkelerin birinci farkları alınmış Δ PGHG, Δ PGDP, Δ PFOSC, Δ PRERD ve Δ PTOTRD değişkenlerinin sabitli ve sabitli+trendli modeller için CADF birim kök test istatistikleri görünmektedir. Sabitli ve sabit+trendli modellerde tüm değişkenlerin hesaplanan değerleri tablo kritik değerinden büyük olduğundan dolayı durağan olduğuna karar verilmiştir. Panelin geneli için sonuçları gösteren CIPS birim kök testi sonuçlarına göre sabitli ve sabit+trendli modellerde tüm değişkenlerde hesaplanan kritik değerler Pesaran (2007) tablo 2b ve 2c de yer alan tablo değerlerinden mutlak değerce büyük olduğu için durağan oldukları tespit edilmiştir. Genel olarak sonuçlara bakıldığında düzey değerlerinde incelediğimiz sabitli ve sabitli+trendli modellerde H_0 hipotezini reddeden tek tip sonuç elde edilememiştir. Fakat birinci farkları alındığında H_0 hipotezini güçlü bir şekilde reddedilerek serilerin durağanlaştığı görülmüştür.

4.2.2.4. Eşbütünleşme Analizi

Serilerin durağanlığı incelendikten sonra, elde edilen bilgiler doğrultusunda uygulanacak olan koentegrasyon testine karar verilmektedir. Panel koentegrasyon testlerinin varsayımları yapılırken değişkenlerin durağanlık dereceleri, uygulanacak olan testin türünü değiştirmektedir. Analize konu olan seriler hem heterojen hem de yatay kesit bağımlılığı içermektedir; bu nedenle çalışmada Westerlund ECM panel eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Westerlund (2007) hata düzeltme modeline dayalı dört panel eşbütünleşme testi geliştirmiştir. Bu testlerin ikisi grup ortalama istatistikleri (Ga, Gt), diğer ikisi ise panel istatistikleri (Pa, Pt) olarak adlandırılmaktadır. Westerlund'ın geliştirdiği bu test, paneli oluşturan serilerin aynı derecede ve birinci farkta $I(1)$ durağan olduğu varsayımına dayanmaktadır (Westerlund, 2007). Westerlund (2007) tarafından geliştirilen panel koentegrasyon testi, standart normal dağılım kritik değeri ile karşılaştırılırken yapılan varsayım

paneli oluşturan yatay kesitler arası bağımsızlıktır. Westerlund (2007) yatay kesit bağımlılığını dikkate almak için hesaplanan test istatistiklerinin Chang (2004)'de önerilen “bootstrap” dağılım kritik değerler ile karşılaştırılmasını önermektedir (Westerlund, 2007).

Çalışmada değişkenler heterojen ve birimler arası korelasyon olduğundan “bootstrap” değerleri grup ortalama istatistikleri dikkate alınmıştır.

H0: Eşbütünleşme yoktur.

HA: Eşbütünleşme vardır.

Şeklinde kurulan hipotezlere göre elde edilen sonuçlar Tablo 4.7’de yer almaktadır:

Tablo 4.7. Westerlund (2007) ECM Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları

	Test İstatistikleri	bootstrap p-value
Model 1 (PRERD)		
Gt	-3.654	0.000***
Ga	-14.861	0.000***
Pt	-12.604	0.200
Pa	-14.773	0.190
Model 2 (PTOTRD)		
Gt	-4.091	0.010**
Ga	-16.408	0.000***
Pt	-12.406	0.250
Pa	-14.442	0.180

Not: *** %1, ** %5 ve * %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tabloda yer alan sonuçlara göre paneli oluşturan yatay kesit birimleri arasında H0: Eşbütünleşme yoktur şeklinde olan hipotez reddedilmekte ve HA hipotezi kabul edilmektedir. Paneli oluşturan bütün yatay kesit birimleri arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır.

4.2.2.5. Uzun Dönemli İlişkilerin Tahmini: Panel Hata Düzeltme Modeli

Değişkenler düzeyde durağan değil ve eşbütünleşik iseler hem heterojenlik varsayımı yapılmakta hem de birimler arası korelasyon bulunuyorsa kurulacak olan hata düzeltme modelinin tahmininde Pesaran (2006) tarafından önerilen “Ortak

korelasyonlu Etkiler (Common Correlated Effects-CCE)” tahmincisi kullanılabilir. Bu tahminde verilen panel hata düzeltme modeline ortak faktörler olarak değişkenlerin yatay kesit ortalamalarını ilave ederek heterojen panel regresyon modeli oluşturulmaktadır (Pesaran, 2006):

$$\gamma_{it} = \alpha'_i d_t + \beta'_i x_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$\varepsilon_{it} = \gamma'_i f_t + \varepsilon_{it}$$

$$x_{it} = A'_i d_t + \tau'_i f_t + v_{it}$$

burada d mevsimsellik, f ise gözlemlenemeyen ortak etkileri, ε_{it} (d_t, x_{it})’den bağımsız olarak dağıtıldığı varsayılan hataları ifade etmektedir. Birim kökler ve deterministik eğilimler, d_t veya f_t ’deki bir veya daha fazla ortak etkinin birim kök ve deterministik eğilimlere sahip olmasına izin verilerek x_{it} ve y_{it} ’ye düşünülebilir. Birimler bazında tahmin edilen CCE tahminlerinin birimlere göre ortalaması alınarak “Ortak Korelasyonlu Etkiler Ortalama Grup Tahmincisi (Common Correlated Effects Mean Group estimator-CCEMG)” elde edilebilmektedir.

Genişletilmiş ortalama grup tahmincisi (Augmented Mean Group Estimator-AMG) Eberhardt ve Teal (2010) tarafından, Pesaran (2006) Ortak korelasyonlu Etkiler Ortalama Grup Tahmincileri (CCE/CCEMG) yöntemine alternatif olarak geliştirilmiştir. CCEMG yöntemi, AMG yöntemiyle benzer nitelikler taşımakla birlikte CCEMG yönteminden ayrıldığı nokta yatay kesit bağımlılığını “Ortak Dinamik Süreç (common dynamic process)” yöntemiyle içsel bir şekilde analize dâhil edilebilmektedir. Ayrıca AMG tahmincisi serilerin birim kök içerip içermemesi ve eş bütünleşik olup olmamasına bakılmaksızın etkin sonuçlar vermektedir (Eberhardt ve Teal, 2010). Bu tahmin yöntemi Eberhardt ve Teal (2010) tarafından toplam faktör verimliliğini hesaplayabilmek için kullanılmıştır. AMG tahmincisi hem yatay kesit bağımlılığını dikkate alan etkin ve güncel bir tahmin yöntemi olmaktadır. Yazarlar AMG prosedürü üç adımda uygulamaktadır:

1. Zaman kuklaları ile güçlendirilmiş bir havuzlanmış regresyon modeli, birinci fark OLS ile tahmin edilmekte ve (farklı) zaman kuklaları üzerindeki

katsayılar toplanmaktadır. Bunlar, gözlemlenemeyen toplam faktör verimliliğinin zaman içindeki gelişiminin tahmini bir grup ortalamasını temsil etmektedir. Buna “ortak dinamik süreç” denir.

2. Daha sonra tahmini toplam faktör verimliliği süreci ile regresyon modeli genişletilmektedir.

3. CCE veya CCEMG tahmin edicilerinde olduğu gibi, model parametrelerinin panel boyunca ortalaması alınmaktadır.

Eberhardt ve Teal (2010) tarafından AMG tahmincisiyle toplam faktör verimliliğinin aşağıda yer alan denklemlerle hesaplandığı gösterilmektedir:

($i=1$ için N , $t=1$ için T , $m=1$ için k) olmak zere;

$$\begin{aligned} y_{it} &= \beta_i' x_{it} + \mu_{it} & \mu_{it} &= \alpha_i + \theta_{it}' f_t + \varepsilon_{it} \\ x_{mit} &= \pi_{mi} + \delta_{mi}' g_{mt} + \rho_{1mi} f_{1mt} + \dots + \rho_{nmi} f_{nmt} + v_{mit} \\ f_t &= \varphi' f_{t-1} + \epsilon_t & \text{ve} & \quad g_t = \kappa' g_{t-1} + \epsilon_t \end{aligned}$$

burada, α_i toplam faktör verimliliğini (TFP), x_{it} gözlemlenebilen ortak değişken (emek ve sermaye stokunu içeren) vektörünü, β_i ülkeler arasında sabit kabul edilen teknoloji parametresini, g_t ve f_t gözlemlenemeyen ortak faktörleri (durağan olmayan faktörlerin potansiyelini içeren) ve θ_i ise ülkelere (kesitlere) ait faktör yüklerini (country specific factor loadings) ifade etmektedir (Eberhardt ve Teal, 2010).

Bond ve Eberhardt (2009) ile Eberhardt ve Teal (2010) tarafından üretilen AMG tahmincisinde monte karlo simülasyonu kullanılarak iki aşamada test edilmiştir. Katsayıların elde edilmesi için kullanılan iki aşamanın denklemleri şu şekilde gösterilmektedir:

$$\begin{aligned} \text{Aşama 1:} \quad \Delta y_{it} &= b' \Delta x_{it} + \sum_{t=2}^T c_t \Delta D_t + \varepsilon_{it} & \rightarrow \hat{c}_t &= \hat{\mu}_t \\ \text{Aşama 2:} \quad y_{it} &= \alpha_i + b_i' x_{it} + c_i t + d_i \hat{\mu}_t + \varepsilon_{it} & \hat{b}_{AMG} &= \\ & & N^{-1} \sum_i \hat{b}_i & \end{aligned}$$

İlk aşamada durağan olmayan ve gözlemlenemeyen değişkenlerin sonuçlarda sapma olamaması için OLS modeli birinci farklarda kurulmaktadır. Daha sonra hata

düzeltilme modeli T-1 tane zaman kukla değişkeni eklenerek birinci farklar yöntemi ile tahmin edilmektedir. İkinci aşamada ise elde edilen kukla katsayıları yatay kesit bağımlılıklarını içeren bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır. Daha sonra her bir yatay kesit için ayrı ayrı tahmin edilen denklemlerin ortalaması alınarak AMG tahmin katsayıları elde edilmektedir.

Heterojenliği, birimler arası korelasyon ve eşbütünleşme ilişkisinin varlığı saptanmış olan ampirik modele ait katsayı tahmini için “Genişletilmiş Ortalama Grup (Augmented Mean Group Estimator-AMG)” tahmincisi kullanılarak sonuçlar Tablo 4.8’de gösterilmektedir:

Tablo 4.8. AMG Testi Sonuçları

Değişkenler	Model 1 (Aug, trend, imp)	Model 2 (Aug, trend, imp)
logPGDP	0.7169 (0.000)***	0.7642 (0.000)***
logPFOSC	1.0353 (0.000)***	1.0157 (0.000)***
logPRERD	-0.0126 (0.032)**	
logPTOTRD		-0.0418 (0.072)*
constant	-1.6190 (0.477)	-2.6376 (0.189)

Notlar: Olasılık değerleri parantez içinde sunulmuştur. *** %1, ** %5 ve * %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tahmin sonuçları Model 1 ve Model 2 için “aug, trend ve imp” özeline göre elde edilen sonuçlara göre yorumlanacaktır. Heterojenlik ve birimler arası korelasyon problemlerini dikkate alan AMG tahmin yöntemi, her iki model için uygulanmış ve bu uygulamalardan elde edilen sonuçlara göre Model 1 ve Model 2 de katsayıların beklenen doğrultuda ve istatistiksel olarak da olarak %1 seviyesinde anlamlı olduğu görülmektedir. Model 1 ve Model 2’de sonuçlar incelendiğinde GHG emisyonları ile kişi başına GSYİH ve kişi başına düşen fosil enerji tüketimi arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Buna göre ekonomik büyüme ve fosil yakıtların kullanımı GHG emisyonlarını uzun dönemde arttırmaktadır. Model 1’de sonuçlar GHG emisyonları ve kişi başı yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçesi arasında negatif ve anlamlı bir ilişkinin olduğunu, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların emisyonları azalttığını göstermektedir. Çalışmamız, yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçesinde yaşanacak

%1'lik artışın GHG emisyonlarını %0,012 azalışa neden olacağı 9 AB ülkesinde Ar-Ge harcamalarına daha fazla yatırım yapılmasını desteklemektedir. Model 2'de ise GHG emisyonları ve kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesi arasında da istatistiki olarak negatif ve anlamlı ilişki bulunmaktadır. Toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesinde gerçekleşecek %1'lik artışla GHG emisyonlarında %0,041'lik bir azalma olacaktır. Enerji verimliliği, fosil yakıtlar, yenilenebilir, nükleer, hidrojen ve yakıt hücreleri, diğer güç ve depolama teknolojileri ve diğer teknolojiler /araştırmalara yapılan Ar-Ge bütçelerinin toplamını oluşturan PTOTRD değişkeni için elde edilen sonuç yenilenebilir enerji kaynaklarının her birine yapılacak olan inovatif yatırımların çevre kirliliğine sebep olan emisyonları azaltmada etkili olacağını göstermektedir.

Artık (residual) birimler arası korelasyonun varlığını gösteren Tablo 4.9'de H0 hipotezi reddedilerek, korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 4.9. AMG Artık (Residual) Birimler Arası Korelasyon Testi Sonuçları

Test	Test İstatistiği	Prob
Model 1 (PRERD)		
LM (Breusch and Pagan (1980))	555.2	0.000***
LM adj (Pesaran, Ullah and Yamagata (2008))	183.8	0.000
LM CD (Pesaran (2004))	19.56	0.000
Model 2 (PTOTRD)		
LM (Breusch and Pagan (1980))	554.1	0.000***
LM adj (Pesaran, Ullah and Yamagata (2008))	183.4	0.000
LM CD (Pesaran (2004))	19.56	0.000

Not: *** %1, ** %5 ve * %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Yatay kesit bağımlılığı bulgularımız ışığında, artıklarda yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci kuşak birim kök testleri Pesaran'ın (2007) CADF ve CIPS birim kök testi uygulanarak Tablo 4.10'daki sonuçlar elde edilmektedir:

Tablo 4.10. AMG Artık (Resitale) Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Sabitli		Sabitli+trendli	
	CADF	CIPS	CADF	CIPS
<i>Model 1 (PRERD)</i>	-3.504***	-3.611***	-3.513***	-3.557***
<i>Model 2 (TOTRD)</i>	-3.638***	-3.708***	-3.667***	-3.652***

Not: CADF ve CIPS testi için kritik değerler, sabitli model için %1 (***) , %5 (**) ve %10 (*) anlamlılık düzeylerinde sırasıyla -2,57, -2,33 ve -2,21 olarak, Sabit+trendli model için -3,10, -2,86 ve -2,73 olarak elde edilmiştir.

Artıklar açısından, birim kök testleri sonuçları incelendiğinde her bir spesifikasyonun durağan artıklar verdiğini ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra AMG Tahmincisi kullanılarak elde edilen ülke bazında tahmin sonuçları Model 1 ve Model 2 için Tablo 4.11’de gösterilmektedir.

Tablo 4.11 AMG Testi Ülke Bazında Sonuçlar

Değişkenler	Model 1	Model 2
<i>Avusturya</i>		
<i>logPGDP</i>	0.875 (0.108)	0.813 (0.114)
<i>logPFOSC</i>	1.020 (0.000)***	1.015 (0.000)***
<i>logPRERD</i>	-0.012 (0.727)	-
<i>logPTOTRD</i>	-	-0.021 (0.661)
<i>Danimarka</i>		
<i>logPGDP</i>	1.168 (0.000)***	1.242 (0.000)***
<i>logPFOSC</i>	0.551 (0.000)***	0.527 (0.000)***
<i>logPRERD</i>	-0.027 (0.200)	-
<i>logPTOTRD</i>	-	-0.032 (0.138)
<i>Finlandiya</i>		
<i>logPGDP</i>	0.230 (0.562)	0.260 (0.502)
<i>logPFOSC</i>	1.256 (0.001)***	1.175 (0.000)***
<i>logPRERD</i>	-0.031 (0.635)	-
<i>logPTOTRD</i>	-	-0.084 (0.243)
<i>Fransa</i>		
<i>logPGDP</i>	0.856 (0.020)**	0.894 (0.007)***
<i>logPFOSC</i>	0.808 (0.000)***	0.838 (0.000)***
<i>logPRERD</i>	-0.003	-

	(0.762)	
<i>logPTOTRD</i>	-	-0.054 (0.118)
Almanya		
<i>logPGDP</i>	0.463 (0.313)	0.349 (0.450)
<i>logPFOSC</i>	1.189 (0.002)***	1.396 (0.000)***
<i>logPRERD</i>	-0.042 (0.056)**	-
<i>logPTOTRD</i>	-	-0.049 (0.051)**
İtalya		
<i>logPGDP</i>	0.664 (0.213)	0.847 (0.066)*
<i>logPFOSC</i>	0.941 (0.001)***	.933 (0.000)***
<i>logPRERD</i>	0.010 (0.673)	-
<i>logPTOTRD</i>	-	0.061 (0.014)**
Hollanda		
<i>logPGDP</i>	0.806 (0.000)***	0.826 (0.000)***
<i>logPFOSC</i>	0.292 (0.017)**	0.303 (0.013)**
<i>logPRERD</i>	-0.005 (0.729)	-
<i>logPTOTRD</i>	-	-0.004 (0.819)
İspanya		
<i>logPGDP</i>	0.561 (0.020)**	0.542 (0.026)**
<i>logPFOSC</i>	0.961 (0.000)***	0.982 (0.000)***
<i>logPRERD</i>	-0.000 (0.977)	-
<i>logPTOTRD</i>	-	-0.000 (0.979)
İsveç		
<i>logPGDP</i>	0.826 (0.332)	1.101 0.170
<i>logPFOSC</i>	2.295 (0.000)***	1.967 (0.000)***
<i>logPRERD</i>	-0.013 (0.846)	-
<i>logPTOTRD</i>	-	-0.0192 (0.138)

Not: Parantez içindeki değerler *** %1, ** %5 ve * %10 olarak anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Ülke bazında Model 1 ve Model 2 için sonuçlar incelendiğinde GHG emisyonları ile kişi başına düşen fosil enerji tüketimi arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir.

Danimarka, Fransa, Hollanda ve İspanya’da GHG emisyonları ile kişi başına GSYİH arasında anlamlı bir ilişki olduğu, Avusturya, Finlandiya, Almanya, İtalya ve İsveç’te ise anlamsız bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Model 1’de sonuçlar GHG emisyonları ve kişi başı yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçesi arasında Almanya hariç diğer ülkelerde negatif fakat anlamsız, Almanya’da negatif ve anlamlıdır.

Model 2’de ise GHG emisyonları ve kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesi arasında da (İtalya ve Almanya hariç) diğer ülkelerde negatif ve anlamsızdır.

Son olarak çalışmanın Model 1 ve Model 2’de panelin geneli için elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, çalışmanın hipotezi doğrulanmaktadır. Analizde kullanılan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı kanıtlanmaktadır. Ayrıca çalışmamız AB ülkeleri için Adedoyin vd. (2020) tarafından yayımlanmış olan çalışmanın bulgularını desteklemektedir. Ayrıca çalışmamız, Su ve Monaiba’nın (2017) çalışmalarında ulaştıkları “iklim değişikliği teknolojileri ile GHG emisyonları arasında güçlü bir ilişkinin olduğu, yüksek emisyon değerlerine sahip ülkelerin daha fazla iklimle ilgili teknolojiler geliştirmesi” şeklindeki çıkarımlarıyla da desteklenmektedir.

4.2.3. Ampirik Bulguların Değerlendirilmesi ve Çıkarımlar

Çalışmada modellerde kullanılan değişkenler üzerinde verilerine ulaşılabilen AB üye ülkeler için iklim değişikliği değişkeni için kullanılan GHG emisyonu bağımlı değişken olacak şekilde 2 farklı ekonometrik model kurulmuştur. Çalışmanın analizleri Stata 14.2 ve Gauss 10 programı kullanılarak yapılmış ve analizde kullanılacak değişkenlerin tamamının logaritmik değerleri alınarak analize dâhil edilmiştir. Bu kısımda AB üye ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik ayrılan Ar-Ge bütçelerinin iklim değişikliğine etkisinin ekonometrik analizi için kurulan modeller, yapılan testler ve elde edilen analiz sonuçlarının genel ve ülkelere göre değerlendirilmesi açıklanacaktır.

Bu çalışmada, panel kesitler sırasıyla Avusturya, Almanya, Danimarka, Fransa, Finlandiya, İtalya, İsveç, Hollanda ve İspanya’dır. Bu ülke grubu içindeki Avusturya,

Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya ve İsveç ekonomik gelişme düzeyleri ve yenilenebilir Ar-Ge'sine fazla yatırım yapmışlardır.

Avusturya için Model 1 ve Model 2'nin sonuçları incelendiğinde sadece GHG emisyonları ile kişi başına fosil enerji tüketiminin pozitif ve anlamlı olduğu; kişi başına GSYİH ile pozitif ve anlamsız, kişi başı yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçesi ile kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesiyle negatif ve anlamsız bir ilişkinin olduğu görülmektedir. 2014 yılından beri Avusturya'da emisyonlarda artışın önemli bir nedeni binalarda ve ulaşım sektörlerindeki nihai enerji tüketimindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Ülkenin Ar-Ge stratejisi 2017'den beri uygulamaya yönelik projelere odaklanmakta ve araştırmacılara yenilik süreçlerinde teşviklerde bulunmaktadır. Avusturya'nın 2030 hedeflerinde Ar-Ge stratejisi önemli bir parça olmaktadır. Avusturya'nın 2030 yılına kadar %100 yenilenebilir elektrik arzı hedefi bulunmaktadır. Bu hedefini yerine getirmek tüm teknolojilerinde yenilenebilir elektrikte yaklaşık olarak 22-27 terawatt (TWh) saat net bir artış elde etmesi gerekmektedir. (Avusturya Enerji Raporu, 2020).

Danimarka'da Model 1 ve Model 2 için sonuçlar değerlendirildiğinde GHG emisyonları ile kişi başına fosil enerji tüketimi ve kişi başına GSYİH pozitif ve anlamlı olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre fosil kaynakların tüketimi ve ekonomik büyümenin uzun dönemde emisyonları arttırdığı yorumu yapılabilmektedir. Danimarka 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarından ülkenin toplam enerji tüketiminin en az yarısını karşılamayı hedeflemektedir. Ülke 2050 yılına kadar da sıfır emisyon hedeflemekte ve 2030 yılına kadar tüm kömürle elde edilen enerjiyi aşamalı olarak durdurma taahhüdünde bulunmaktadır. Ayrıca, bölgesel ısıtmanın %90'ı 2030 yılına kadar fosil olmayan kaynaklardan sağlanması ve benzinli/dizel otomobil satışını da bitirmeyi hedeflemektedir. Model 1 ve Model 2'de GHG emisyonlarıyla kişi başı yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçesi ile kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesiyle negatif ve anlamsız olduğu görülmektedir. Yatırımlarda uzun dönemde %1'lik bir artış olduğunda GHG emisyonlarının yaklaşık %0.03 azalacağı şeklinde yorumlanmaktadır. Açıkça tanımlanmış iddialı hedefler aracılığıyla Danimarka, enerji sisteminin yapısını bütünsel ve entegre olarak tamamen güvenilir olacak şekilde değiştirmektedir.

Danimarka Enerji Modelinin önemli bir yönü, tek tek bileşenlere ve kavramlara odaklanmak yerine sektörler ve sistemler arasında sinerji oluşturan etkileşimlere odaklanmaktır. İstikrarlı siyasi ve düzenleyici çerçevelerle birleşen kamu-özel sektör iş birliği, enerji kavramlarında önemli yenilikleri ve atılımları teşvik etmektedir. Danimarka Enerji Modeli üç katlı bir temele sahiptir: Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve elektrifikasyon dâhil sistem entegrasyonu/geliştirme. Danimarka Enerji Modeli, yenilenebilir enerji ve enerji verimli teknolojinin yanı sıra enerji bilincini artırmaya ve tüketici davranışını değiştirmeye odaklanmaktadır. Enerji Ar-Ge Programı, özel şirketleri ve üniversiteleri yeni enerji teknolojileri geliştirmeleri için desteklemektedir. Enerji Ar-Ge Programı, yenilenebilir enerji teknolojileri, enerji verimliliği teknolojileri, yakıt hücreleri ve hidrojen gibi dönüşüm teknolojileri, depolama dâhil enerji sistemlerinin entegrasyonu, petrol ve gazın geri kazanılması ve CO₂'nin depolanması için daha verimli yöntemler gibi enerji teknolojilerini geniş çapta desteklemektedir (Danimarka Enerji Ajansı, 2020).

Finlandiya, 2035 yılı sıfır emisyon hedefiyle ekonomisinin fosil enerji kaynaklarından arındırılmasını hızlandırmaktadır. Ülkede, nükleer, hidro ve biyo enerjinin büyük payları sayesinde çoğunlukla elektrik üretiminde ilerleme kaydedilmiştir. Model 1 ve Model 2'de ki sonuçlar incelendiğinde fosil yakıt tüketiminin emisyonları pozitif ve anlamlı etkilediği, fosil yakıt kullanımının son yıllarda büyük ölçüde azaldığı fakat henüz istenilen hedefe ulaşmadığı görülmektedir. Soğuk iklim, uzun mesafeler ve enerji yoğun endüstriler, ülkenin karbon nötr enerjiye geçişini zorlaştırmaktadır. Ulaştırma ve sanayi, Finlandiya'nın ulusal iklim hedeflerini gerçekleştirmesinde kilit sektörlerdir. Tablo 4.11'de yer alan diğer sonuçlara göre kişi başı yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçesi ile kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesiyle negatif bir ilişkinin varlığı saptanmıştır. Buna göre yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımlarda %1'lik artış gerçekleştiğinde %0.03 ve %0.08 oranlarında emisyonlarda azalma yaşanacaktır. Uzun dönemli planlarla birlikte yani 2035 iklim tarafsızlığı hedefi ile enerji piyasalarında güçlü dönüşümler ve teknolojik gelişmeler gerçekleştirilecektir. Finlandiya, enerji Ar-Ge yatırımlarına yönelik kamu ve özel harcamalarda önde gelen IEA ülkeleri arasında yer almaktadır. Özellikle biyo dizelden üretilen ikinci nesil biyo yakıtlarda dünya lideridir. Ayrıca Finlandiya kış fırtınalarının oluşumu ve

gücü için potansiyel sonuçları olan hızlı iklim değışiklikleriyle karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle elektrik dağıtım şebekelerinin dayanıklılığını güçlendirmek için önlemler alınarak yatırımlar yapılmaktadır (Finlandiya 2018 Raporu).

Fransa ABD'den sonra en büyük ikinci nükleer filosu sayesinde çok düşük karbonlu salınımı olan elektrik üretimine sahiptir. 2050 yılı sıfır emisyon hedefini yasallaştırarak düşük karbon stratejisi yürütmektedir. Ayrıca Fransa, kömür santrallerini kapatmayı planlamaktadır. Enerji yatırımları için uzun dönemli hedefi bulunmakta; düşük karbon ayak izini korumak, verimlilik, yenilenebilir enerjide gelişmiş sistemlere yönelik yatırımları yapılması planlanmaktadır. Tablo 4.11'de yer alan sonuçlara göre büyüme ve fosil yakıt tüketiminde yaşanacak artışların GHG emisyonlarını pozitif ve anlamlı olarak etkilediği, enerji Ar-Ge'lerinin ise negatif etkilediği görülmektedir. Bu da enerji yeniliklerine yönelik Ar-Ge harcamalarının emisyonları azaltarak çevresel kaliteyi iyileştirmede faydalı olduğunu ifade etmektedir. Uzun dönemde gerçekleştirilecek yatırım hedefleri ile emisyonların azalacağı düşünülmektedir. Hedefler, inovasyon aktörlerine kaynak sağlamayı, yeni bilgiler geliştirmelerine, laboratuvarlardan pazara yeni ürünler getirmelerine yardımcı olmayı, şeffaf yönetim ve işbirlikçi projeleri teşvik ederek sosyo-politik desteği teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Fransa'nın yenilenebilir kaynaklardaki Ar-Ge, 2019'daki toplam enerji Ar-Ge bütçesinin %13'ünü oluşturmaktadır (Fransa, 2020 Raporu).

Yaklaşık on yıldır yürürlükte olan Almanya'nın enerji politikası "Energiewende", ülkenin enerji sistemini daha verimli hâle getirmek ve enerjiyi yenilenebilir kaynaklardan tedarik etmek için büyük bir plandır. Ülkede emisyonların düşmesi konusunda ilerlemeye rağmen büyük ölçüde sektörler arasındaki eşit olmayan ilerleme nedeniyle, kısa vadeli emisyon azaltma hedeflerini karşılamakta zorlanmaktadır. Hükümet geri kalmış sektörlerde emisyon azaltımlarını gerçekleştirmek için çabalamaktadır. Yakın zamanda kabul edilen ulaşım ve ısıtma sektörlerinde karbon fiyatını içeren bir iklim eylem planı, bu yönde atılmış önemli bir adımı temsil etmektedir. Almanya, enerji geçişinin iddialı hedeflerine ulaşılmasında teknolojinin rolünün yanı sıra Alman endüstrisinin rekabet gücünü korumada inovasyonun rolünün farkındadır. Bu nedenle, enerji Ar-Ge'si

Energiewende'nin önemli bir bileşenidir. Hükümetin en son Ar-Ge stratejisi, Enerji Dönüşümü için İnovasyon başlıklı 7. Enerji Araştırma Programında yer almaktadır. Program Eylül 2018'de kabul edilmiş ve Ar-Ge finansmanı için ana yönergeleri ortaya koymaktadır. Yenilikçi teknolojiler için küresel olarak ihracat potansiyeli, uluslararası iş birlikleri için alanların seçiminde büyük önem taşımaktadır. Buna en iyi örnek olan Almanya, hidrojen ve güneş enerjisi dönüşüm teknolojisi alanında lider bir rol üstlenmektedir. Yeni enerji Ar-Ge politikası nedeniyle Almanya, beş yıllık bir süre içinde Ar-Ge harcamalarını ikiye katlama taahhüdünü yerine getirme yolunda ilerlemektedir. Almanya'nın enerji Ar-Ge politikası, enerji geçişini hızlandırmanın yanı sıra Almanya ve Avrupa'daki sanayi bölgelerini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle, iklim dostu teknolojiler için ihracat potansiyeli, finansman önceliklerinin belirlenmesinde ve uluslararası iş birliği konularının seçilmesinde büyük önem taşımaktadır. Model 1 ve Model 2'de yer alan sonuçlarda Almanya'da yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların sıfır emisyon hedefini gerçekleştirmede rol aldığını kanıtlanmaktadır. Sonuçlar GHG emisyonları ile kişi başı yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçesi ile kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesiyle negatif ve anlamlı bir ilişkinin olduğu dikkat çekmektedir (Almanya 2019 Raporu).

İtalya ulusal enerji ve iklim planına göre, 2030 yılına kadar yenilenebilir kaynaklarında toplam enerji tüketiminde %30, elektrik üretiminde ise %55'e ulaşmayı hedeflemektedir. İtalya, enerji politikasının geliştirilmesi ve uygulanmasında güçlü ilerleme kaydetmiştir. En önemli gelişme, kapsamlı bir uzun dönemli enerji stratejisinin geliştirilmesi ve uygulanması olmuştur. 2013 yılında Ulusal Enerji Stratejisinin yayınlanmasıyla, enerji sektörü için orta ve uzun dönemli hedefler belirlenmiştir. Bunlardan bazıları; enerji maliyetlerini azaltmak, çevresel hedefleri karşılamak, enerji arz güvenliğini güçlendirmek ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi teşvik etmek gibi. İtalya, yenilenebilir enerji sektöründe önemli bir büyüme sağlamış ve değişken yenilenebilir üretimi entegre etmede başarılı olmuştur. Model 2'de yer alan sonuca göre GHG emisyonları ile kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesi arasında negatif ve anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Buna göre ülkenin kamu ve özel araştırma merkezlerinin gelecekteki Ar-Ge programlarına daha geniş ve daha etkin katılımının önünün açılması

desteklenmelidir. Uzun dönemli hedeflerin gerçekleşmesiyle yenilenebilir enerjilere ayrılacak bütçenin de artacağı ve böylece hedeflenen oranlara ulaşılabileceği yorumu yapılabilmektedir (İtalya 2019 Raporu).

Hollanda, güçlü ekonomik büyümeyi ve enerji güvenliğini destekleyen karbonsuz bir ekonomiye geçişi hedeflemektedir. Bu geçişi sağlamak için hükümetin enerji ve iklim politikası, GHG emisyonlarını 2030'a kadar %49 ve 2050'ye kadar %95 azaltmaktır. Hollanda, sıfır CO2 emisyonu hedefinde kayda değer ilerleme kaydetmiştir. Artan enerji verimliliği sayesinde, enerji talebi ekonomik büyümeden ayrışma belirtileri göstermektedir. Buna ek olarak yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin payı 2008-2019 dönemleri arasında ikiye katlanmıştır. Bununla birlikte, Hollanda büyük ölçüde fosil yakıtlara bağımlı olmaya devam etmektedir. Bu durum Tablo 4.11'de yer alan sonuçlarda da görülmektedir. İtalya karbondan arındırılması zor olan emisyon salınımı yoğun olan endüstrilere sahiptir ve büyük ölçüde fosil yakıtlara bağımlıdır. 2008'den 2018'e kadar, fosil yakıtların TPES içindeki payı %92'den %90'a çok az bir düşüş göstermiştir. Sonuç olarak ekonomik büyümede yakın zamanda yaşanan bir artış, emisyon azaltımlarını durmasına neden olmuştur. Tüm sektörlerde emisyonların azaltılmasına yönelik yapılan araştırma ve inovasyon için yeni bir çerçeve, 13 Çok Yıllı Görev Odaklı Yenilik Programını tanımlayan IKIA kapsamında uygulanmaktadır. Buna göre emisyonları azaltmanın en önemli araçlarından biri, yenilenebilir enerji projelerine rekabetçi ihaleleri kullanan Sürdürülebilir Enerji Üretimini Teşviki (SDE+) destek programı sağlamaktadır (Hollanda 2020 Raporu).

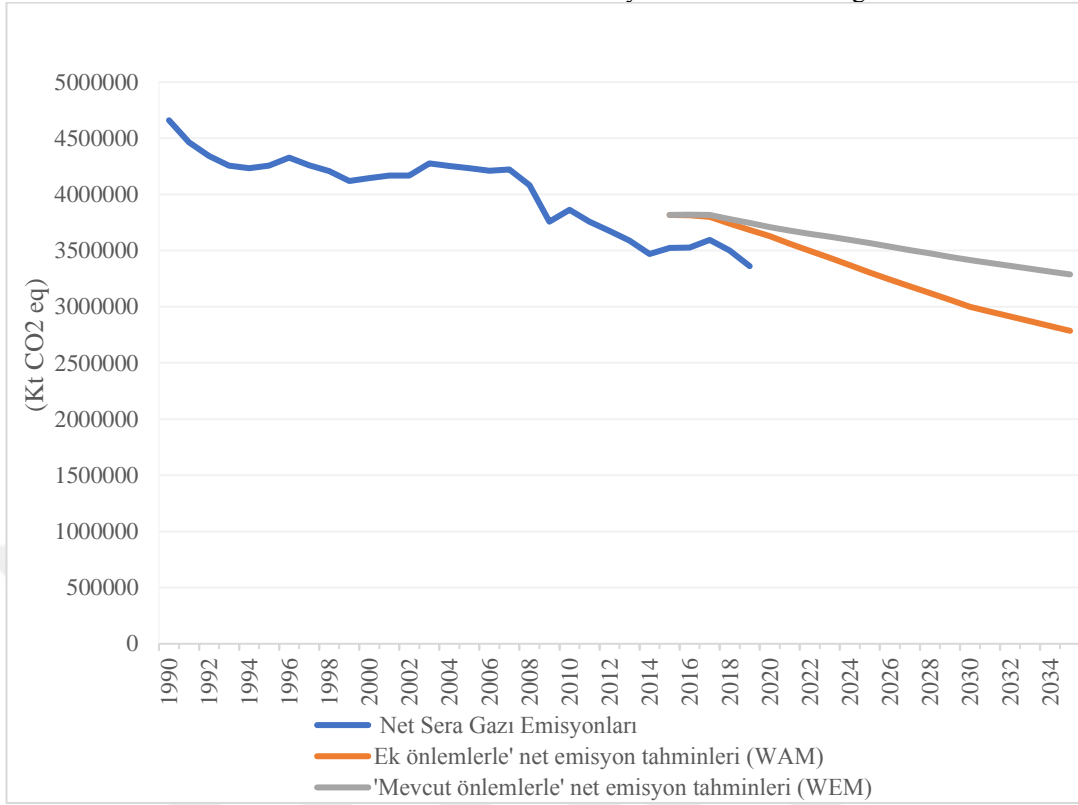
İspanya, elektrik ve gaz sektörlerinde uzun süredir devam eden tarife açıkları sorununu çözmüş ve tüm kömür madenlerini kapatarak iklim değişikliğini gündeme getirerek hedeflerini AB hedefleri ile uyumlu hâle getirmektedir. Bunu yaparken enerji dönüşümünü, enerji ve iklim değişikliği politikalarının ön planına yerleştirmektedir. Elektrik sektöründe karbondan arındırma ve yenilenebilir enerjinin payını artırma konusunda ilerlemesine rağmen toplam enerji tüketiminde büyük ölçüde fosil yakıtlar bulunmaktadır (özellikle ulaştırma ve sanayi sektörlerinde). İspanya'nın 2050 hedeflerinde elektrik karışımında %100 yenilenebilir enerji ve toplam enerji karışımında %97 yenilenebilir enerji kullanımı bulunmaktadır. Bu

nedenle, yenilenebilir enerjinin, özellikle güneş ve rüzgâr enerjisinin gelişmesine odaklanmaktadır. Bunu, iş olanakları sağlayan, ekonomiyi canlandıran, rekabet gücünü artıran, enerji güvenliğini sağlayan ve Ar-Ge yatırımlarını desteleyen bir araç olarak görmektedir. İspanya'nın genel enerji stratejisi, "önce verimlilik" ilkesine dayanmaktadır. Tüm sektörlerde, İspanya'nın enerjiye geçiş hedefleri büyük ölçüde tüketimin azaltılmasına bağlıdır. Ülkenin sanayi ve ısıtma sektörlerinde yenilenebilir enerji kullanımına teşvik etme planı vardır (İspanya 2021 Raporu).

İsveç, düşük karbonlu bir topluma giden küresel bir liderdir ve 2030 yılına kadar GHG emisyonlarını %59 oranında azaltmayı ve 2045 yılına kadar net sıfır karbon ekonomisine sahip olmayı hedeflemektedir. İsveç, karbon fiyatlandırmasını uygulamaya koyan ve en yüksek karbon fiyatına sahip olan ilk ülkedir. Bu durumun karbonsuzlaştırmayı teşvik etmede etkili olduğu kanıtlanmıştır. Son yıllarda ülke, 2040 yılına kadar elektrik üretiminde %100 yenilenebilir enerji hedefi de dahil olmak üzere iddialı uzun dönemli ve ara hedeflere sahip bir enerji ve iklim çerçevesi benimsemektedir. İsveç'in enerji politikaları, emisyonları etkin bir şekilde azaltmak amacıyla teknolojidenden bağımsız önlemleri ve piyasa mekanizmalarını tercih etmektedir. Özellikle karbon vergilendirmesi, karbonsuzlaştırmanın etkili bir itici gücü olmuştur. İsveç, yüksek çevre vergilerinin sürdürülebilir ekonomik büyüme ile birleştirilebileceğini göstermiştir (İsveç 2019 Raporu).

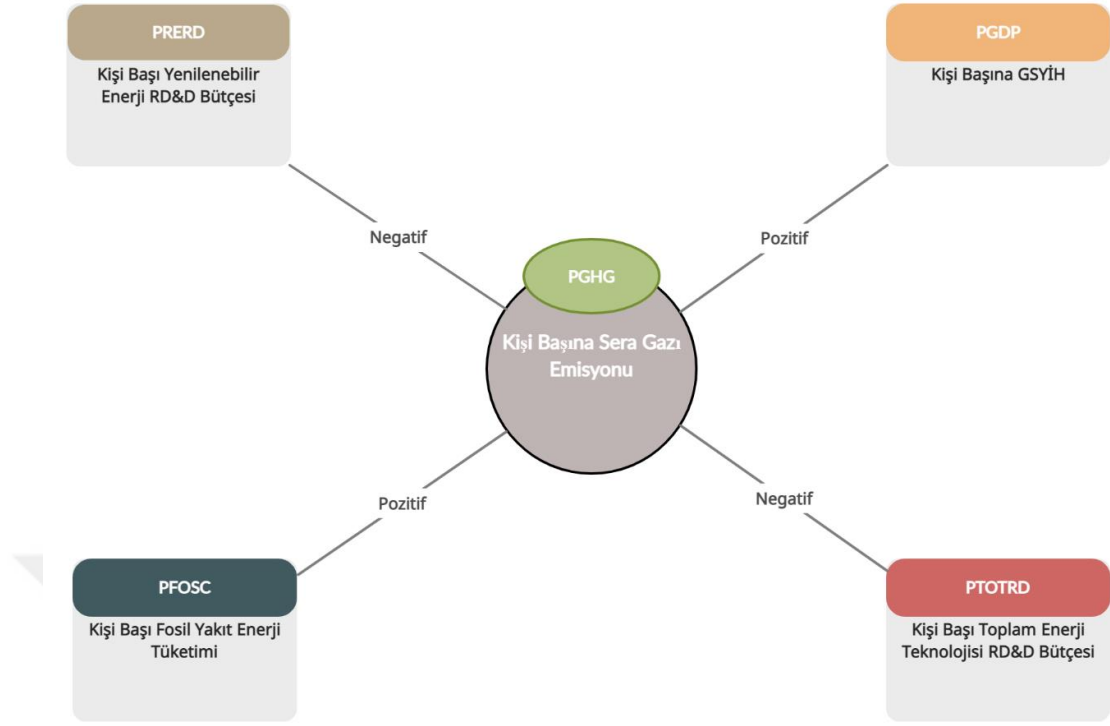
Grafik 4.1'de AB üye ülkelerinde GHG emisyonlarının tarihsel olarak eğilimleri ve gelecek yıllardaki tahminleri gösterilmektedir.

Grafik 4.1. AB-27 Ülkelerinde GHG Emisyonlarının Tarihsel Eğilimleri



Kaynak: EEA, 2022.

Genel olarak elde edilen sonuçlar, analizde kullanılan 9 AB üyesi ülkelerdeki Ar-Ge bütçelerinin GHG emisyonlarını negatif etkilediği ve çevresel kaliteyi yükseltme potansiyeline sahip olduğunu doğrulamaktadır. Buna göre çalışmada yapılan ekonometrik analizin sonuçları şekilde gösterilmektedir:



Şekil 4.2. Değişkenlerin İklim Değişkenine Etkisi

Seçili 9 AB üyesi ülkede kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçelerinin ve kişi başına yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçelerinin katsayılarının negatif olduğu, iklim değişikliğini doğrudan etkilediği görülmektedir. Modellerde kullanılan kontrol değişkenleri de iklim değişikliği ile ilişkileri hakkında önemli bulgular ortaya koymuştur. Ekonomik büyüme değişkeni ve kişi başına fosil yakıt enerji tüketiminin iklim değişikliğini pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Fosil yakıtların tüketiminin ülkelerin GHG emisyonlarını artırması ülkelerin iklim değişikliği hedeflerine ulaşmalarını engelleyebilmektedir. Bu nedenle fosil enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları Ar-Ge'si çevresel sürdürülebilirlik için önemli role sahiptir. Enerji sektöründe araştırma ve gelişmeyi desteklemek ve çevresel yıkımları azaltmak için özellikle yüksek emisyon değerlerine sahip ülkelerde enerji verimliliği için ayrılan araştırma ve geliştirme bütçelerine daha fazla önem verilmelidir. Ayrıca yenilenebilir enerji temelli araştırma ve geliştirme projelerinin çevresel etkilerine odaklanmak önemlidir (Bilgili vd., 2021).

Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede fosil bağımlı bir enerji yapısından temiz ve alternatif bir enerji yapısına geçiş, gelişen enerji teknolojileri ve enerji

yenilikleri ile mümkün olmaktadır. AB ülkeleri de enerji teknolojilerinin geliştirilmesi için önemli çabalar sarf etmektedir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda AB ülkelerinde;

- Öncelikle yenilenebilir enerjiler konusunda Ar-Ge yapmak isteyen kuruluşlara krediler ve vergi teşvikleri sağlamalıdır.
- Yenilenebilir enerjiler üzerine yapılan projelerdeki risklerden korunmak için kamu ve özel sektör iş birliğiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlar teşvik edilmelidir.
- Ülkeler doğrudan yabancı yatırımlar için uygun bir ekonomik ortam sağlamalıdır. Çünkü bu tür yatırımlar ideal bir teknoloji transferi yöntemidir.
- Kısa dönemde, Ar-Ge yatırım maliyetlerini azaltmak için devlet tarafından vergi avantajları ve destekler sağlanabilir. Sübvansiyonlar, Ar-Ge temelli ürünlerin üretimini ve ihracatını destekleyebilir.
- Yenilenebilir enerji Ar-Ge'sinin verimliliğini artırmak için yeni enerjilerin ve düşük karbonlu teknolojilerin geliştirilmesine elverişli bir kurumsal ortam oluşturulabilir.
- Ülkelerin teknolojik gelişme yoluyla GHG emisyonlarını azaltmaya teşvik etmek için emisyon kısıtlamaları ve CO2 emisyon ticareti gibi çevre politikaları belirlenirken ulusal farklılıklar dikkate alınmalıdır.
- Fosil yakıtların tüketiminin ülkelerin GHG emisyonlarını artırması GHG emisyonlarını azaltmaya yönelik teknolojilerin araştırılması ve geliştirilmesine odaklanması gerektiğini göstermektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada AB ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik ayrılan Ar-Ge bütçelerinin iklim değişikliği ilişkisine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla verilerine ulaşılabilen 9 AB üye ülkeleri üzerinde 1990-2018 yıl aralığında panel veri analizi yapılmıştır. Teoriye ve literatüre uygun olarak iklim değişikliğinin göstergesi olan GHG emisyonları (GHG) ile kişi başına GSYİH (GDP), fosil yakıtların tüketimi (FOOSC), Yenilenebilir Enerji RD&D Ülke Bütçesi (RERD) ve Toplam Enerji Teknolojileri RD&D bütçesi (TOTRD) değişkenleriyle birlikte 2 farklı model kurulmuş ve yorumlanmıştır. Öncelikle Delta homojenlik testi yardımıyla değişkenlerin homojenliği araştırılmış ve panel veri setini oluşturan değişkenlerin katsayılarının heterojen olduğu sonucu elde edilmiştir. Daha sonra yapılacak tahmin yöntemlerinden hangilerinin kullanılması gerektiğinin belirlenmesi aşamasında panelin zaman boyutu yatay kesit boyutundan büyük ($N < T$) olduğundan Breusch-Pagan (1980) tarafından geliştirilen LM testiyle yatay kesitin varlığı incelenmiştir. Buna göre Breusch Pagan LM testinin sonuçlarına göre, birimler arası korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu testten elde edilen sonuçlar doğrultusunda birimler arasında korelasyon olduğu sonucuna varıldığından ikinci kuşak panel birim kök testlerinden literatürde sıklıkla kullanılan CADF ve CIPS Panel Birim Kök Testleri kullanılarak serilerin durağanlıkları incelenmiştir. Bu testlerin sonucu doğrultusunda düzeyde durağan olmayan değişkenlerin birinci farkları alınarak durağan hâle getirilmiştir. Serilerin durağanlığı incelendikten sonra, elde edilen bilgiler doğrultusunda serilerin hem heterojen hem de birimler arasında korelasyon olmasından dolayı Westerlund ECM panel eşbütünleşme testi kullanılmış ve paneli oluşturan bütün yatay kesit birimleri arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur. Son olarak heterojenliği, birimler arası korelasyonu ve eşbütünleşme ilişkisinin varlığı saptanmış olan ampirik modele ait katsayı tahmini için “Genişletilmiş Ortalama Grup (Augmented Mean Group Estimator-AMG)” tahmincisi kullanılarak uzun dönemli ilişkinin tahmin sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların beklenildiği gibi kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçelerinin ve kişi başına yenilenebilir enerji

kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçelerinin katsayılarının negatif ve anlamlı olduğu, iklim değişikliğini doğrudan etkilediği görülmektedir. Çalışmamız, Model 1’de elde edilen sonuçlara göre yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçesinde yaşanacak %1’lik artışın GHG emisyonlarını %0,012 azalışa neden olacağı 9 AB ülkesinde Ar-Ge harcamalarına daha fazla yatırım yapılmasını desteklemektedir. Model 2’de ise elde edilen sonuçlar doğrultusunda toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesinde gerçekleşecek %1’lik artışla GHG emisyonlarında %0,041’lik bir azalma olacağı görülmektedir. Modeller de kullanılan kontrol değişkenleri ekonomik büyüme ve kişi başına fosil yakıt enerji tüketiminin iklim değişikliğini anlamlı pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Ülke bazında Model 1 ve Model 2 için sonuçlar incelendiğinde GHG emisyonları ile kişi başına düşen fosil enerji tüketimi arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Danimarka, Fransa, Hollanda ve İspanya’da GHG emisyonları ile kişi başına GSYİH arasında anlamlı bir ilişki olduğu, Avusturya, Finlandiya, Almanya, İtalya ve İsveç’te ise anlamsız bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Model 1’de sonuçlar GHG emisyonları ve kişi başı yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan Ar-Ge bütçesi arasında Almanya hariç diğer ülkelerde negatif fakat anlamsız, Almanya’da negatif ve anlamlıdır. Model 2’de ise GHG emisyonları ve kişi başı toplam enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesi arasında da (İtalya ve Almanya hariç) diğer ülkelerde negatif ve anlamsızdır. Son olarak çalışmanın Model 1 ve Model 2’de panelin geneli için elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, çalışmanın hipotezinin doğrulandığı, analizde kullanılan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı ve yenilenebilir enerjiye ayrılan Ar-Ge bütçelerinin iklim değişikliği üzerinde etkili olduğu kanıtlanmaktadır. Ayrıca çalışmamız AB ülkeleri için Adedoyin vd. (2020) tarafından yayımlanmış olan çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir. Su ve Monaiba’nın (2017) çalışmalarında ulaştıkları “iklim değişikliği teknolojileri ile GHG emisyonları arasında güçlü bir ilişkinin olduğu, yüksek emisyon değerlerine sahip ülkelerin daha fazla iklimle ilgili teknolojiler geliştirmesi” şeklindeki çıkarımlarıyla da çalışmamız desteklenmektedir.

AB ülkeleri, enerji kaynaklarında yenilenebilir enerji tüketiminin payını genişleterek sürdürülebilir bir ekonomi ve daha temiz bir çevre elde etmeye yönelik politikalar geliştirmelidir. Ayrıca küresel iklim değişikliği ele alınırken teknoloji geliştirme konusunda iş birliğini teşvik etmek özellikle önemlidir. Yenilenebilir enerji

tüketiminin iklim değişikliği üzerindeki pozitif etkisi, sürdürülebilir ekonomik gelişme için yenilenebilir enerji Ar-Ge bütçelerinin önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle enerji verimliliğinde Ar-Ge’de kamu ve özel sektör ortaklığını geliştirmeye yönelik politikaların güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu, çevre kalitesinden ödün vermeden sürdürülebilir ekonomik büyüme elde etmek için politika yapıcılarının yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırması gerektiğini göstermektedir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş için uygun bir çözüm olarak Ar-Ge yatırımlarının yaygınlaşması konusunda küresel farkındalığın artması gerekmektedir. AB üye ülkeleri Ar-Ge yoluyla yenilenebilir enerji üretimini teşvik etmek için uygulanabilir planlar tasarlayıp geliştirerek yenilenebilir enerjinin payını artırabilirler. 2030 Avrupa enerji tüketiminin %32’sinin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi hedefine ulaşmak için, elektrik üretimi için sürekli olarak yenilenebilir kaynakların kullanılması teşvik edilmelidir. Ulaşım, ısıtma ve soğutma amaçları için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının önemli ölçüde artırılması gerekmektedir. Uzun dönemli katsayı tahminleri doğrultusunda Ar-Ge bütçelerinin GHG emisyonlarını azalttığı görülmektedir. Bu nedenle AB ülke hükümetlerinin enerji sektörü Ar-Ge faaliyetlerine sağladıkları finansmanı artırmaları gerekmektedir.

EEA’nın, “Avrupa’da Eğilimler ve Öngörüler 2021” raporuna göre AB’nin, GHG emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %20 azaltma, yenilenebilir enerji kullanımının payını %20’ye çıkarma ve enerji verimliliğini %20 artırma şeklindeki üç 2020 iklim ve enerji hedefine ulaştığını tahmin etmektedir. 2020’de 27 AB Üye Devletindeki (AB-27) GHG emisyonlarının 1990 seviyelerinin %31 altına ve net emisyonların ise 1990 seviyelerinin %34 altına düştüğü görülmüştür. Bu, 2020’ye kadar hedeflenen %20’lik azalmanın önemli bir fazlasını oluşturmaktadır. Genel GHG emisyonu açısından ilerleme olumlu olmakla birlikte en dikkate değer emisyon azaltımları, büyük tesisleri ve özellikle enerji sektörünü içeren AB-ETS kapsamındaki sektörlerde olmuştur. 2020’de, COVID-19 pandemisinin bir sonucu olarak ekonomik faaliyetteki azalma nedeniyle, AB-27’deki sabit AB-ETS GHG emisyonları, bu süreçte yaklaşık %12 azalma göstermiştir.

Bulgularımız, teknolojik yeniliğin iklim değişikliğindeki rolünü daha iyi anlamak için faydalı bir adım olabilir, ancak daha yapılması gereken birçok şey bulunmaktadır. İlk olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan inovasyonları ölçmek için daha fazla göstergeye ihtiyaç duyulmaktadır. İlişkiyi Ar-Ge bütçelerini kullanarak ölçmemize rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların yerleşik olan ya da yerleşik olmayan patent sayıları, Ar-Ge personeli gibi birçok yönü bulunmaktadır. İkinci olarak bundan sonraki çalışmalarda modeller optimize edilip geliştirilebilir. Üçüncüsü ise çalışmada verilerine ulaşılabilen 9 AB üyesi ülke dikkate alınmıştır. Gelecekteki çalışmalar ülke grubunu genişletebilirler. Son olarak bu çalışmanın, literatürde AB ülkelerinde yenilenebilir enerji Ar-Ge bütçeleri ile GHG emisyonları arasındaki uzun dönemli ilişki konusunu ele alması nedeniyle yapılacak diğer çalışmalara bu yönüyle katkıda bulunacağı beklenmektedir. Ayrıca ülke bazında elde edilen bulgular ışığında, analiz yapılan ülkelerin gelişmiş merkez Avrupa ülkeleri olmasına rağmen ulaşılan sonuçların etkin ve tutarlı olmadığı, (Model 1; Almanya hariç , Model 2; İtalya ve Almanya hariç), bunun yıl aralığının küçük olmasından kaynaklandığı ve çevresel önlemler için yapılan Ar-Ge'nin etkisini hemen gösteremeyeceği, tam etkili olması için belirli bir sürenin geçmesi gerektiği düşünülmektedir. Bundan dolayı yapılacak çalışmalar farklı yöntemler ile bu ülkeleri ayrıca ele alarak literatüre katkı sağlayabilirler.

KAYNAKÇA

- Akadiri, S. S., Alola, A. A., Akadiri, A. C., & Alola, U. V. (2019). Renewable energy consumption in EU-28 countries: Policy toward pollution mitigation and economic sustainability. *Energy Policy*, (132), 803-810.
- Adedoyin, F. F., Alola, A. A., & Bekun, F. V. (2020). An assessment of environmental sustainability corridor: The role of economic expansion and research and development in EU countries. *Science of the Total Environment*, (713), 136726.
- Adeyeye, K., Ljumba, N., & Colton, J. (2020). Exploring the environmental and economic impacts of wind energy: a cost-benefit perspective. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(8), 718-731.
- Akçakaya, A., Sümer, U. M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., & Eskioğlu, O. (2015). Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği.
- Alam, M., & Murad, M. (2020). The impacts of economic growth, trade openness and technological progress on renewable energy use in organization for economic co-operation and development countries. *Renewable Energy*, (145), 382-390.
- Alam, Q. (2013). Climate Change, Agricultural Productivity and Economic Growth in India: The Bounds Test Analysis. *International Journal of Applied*, 2(11), 1-14.
- Alataş, S. (2012). Do environmental technologies help to reduce transport sector CO₂ emissions? Evidence from the EU15 countries. *Research in Transportation Economics*, 101047.

- Altıntaş, H., & Kassouri, Y. (2020). The impact of energy technology innovations on cleaner energy supply and carbon footprints in Europe: A linear versus nonlinear approach. *Journal of Cleaner Production*, (276), 124140.
- Álvarez-Herránz, A., Balsalobre, D., Cantos, J. M., & Shahbaz, M. (2017b). Energy Innovations-GHG Emissions Nexus: Fresh Empirical Evidence from OECD Countries. *Energy Policy*, (101), 90-100.
- Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., & Cantos, J. M. (2017a). Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels. *Energy Policy*, (105), 386-397.
- Antics, M., & Sanner, B. (2007). Status of Geothermal Energy Use and Resources in Europe. *Proceedings European Geothermal Congress 2007*, Unterhaching, Germany, 30 May-1 June.
- Apergis, N., Eleftheriou, S., & Payne, J. E. (2013). The relationship between international financial reporting standards, carbon emissions, and R&D expenditures: Evidence from European manufacturing firms. *Ecological Economics*, (88), 57-66.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, (58), 277-297.
- Asif, M., & Muneer, T. (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1388-1413,
- Attiaoui, I., Toumi, H., Ammouri, B., & Gargouri, I. (2017). Causality links among renewable energy consumption, CO2 emissions, and economic growth in Africa: evidence from a panel ARDL-PMG approach. *Environment Science Pollution Research*, (24), 13036–13048.
- Auci, S., & Trovato, G. (2018). The environmental Kuznets curve within European countries and sectors: greenhouse emission, production function and technology. *Economia Politica*, (35), 895–915.

- Aydın, F. F. (2010). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 35, 317-340.
- Bai, C., Feng, C., Yan, H., Yi, X., Chen, Z., & Wei., W. (2020). Will income inequality influence the abatement effect of renewable energy technological innovation on carbon dioxide emissions?. *Journal of Environmental Management*, 264, 110482.
- Bagher, A. M., Vahid, M., Mohsen, M., & Parvin, D. (2015). Hydroelectric Energy Advantages and Disadvantages. *American Journal of Energy Science*, 2(2), 17-20.
- Bauer, A., & Menrad, K. (2019). Standing up for the Paris Agreement: Do global climate targets influence individuals' greenhouse gas emissions? *Environmental Science & Policy*, (99), 72-79.
- Bayraç, N. H., & Çildir, M. (2017). AB Yenilenebilir Enerji Politikalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, ICMEB17 Özel Sayısı*, 13, 201-212.
- Bernard , A., & Vielle , M. (1997). An Appraisal of The French Nuclear Program with Respect to The Kyoto Protocol Through a World: Dynamic General Equilibrium Model. *International Energy Markets, Competition and Policy*, 88, 2-24.
- Bilgili, F., Nathaniel, S. P., Kuşkaya , S., & Kassouri , Y. (2021). Environmental pollution and energy research and development: an Environmental Kuznets Curve model through quantile simulation approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 1-16.
- Blackburne, E. F., & Frank, M. W. (2007). Estimation of nonstationary heterogeneous panels. *The Stata Journal*, 7(2), 197-208.
- Brodny, J., & Tutak , M. (2021). The analysis of similarities between the European Union countries in terms of the level and structure of the emissions of selected gases and air pollutants into the atmosphere. *Journal of Cleaner Production*, (279).

- Burniaux, J. M., & Martins, J. O. (2012). Carbon Leaka-Ges: A General Equilibrium Vie. *Economic Theory*, 49, 473-495.
- Chaoying, H. (1999). The high temperature and its impact on electricity supply system in Beijing in 1997's summer. *Meteorological Monthly*, 25, 20-24.
- Chen, W., & Lei, Y. (2018). The impacts of renewable energy and technological innovation on environment-energy-growth nexus: New evidence from a panel quantile regression. *Renewable Energy*, (123), 1-14.
- Chen, Y., & Huang , C. (2000). The impact of climate change on energy demand. *Acta Geographica Sinica*, 55, 11-19.
- Cheng , Z., Li, L., & Liu, J. (2018). Industrial structure, technical progress and carbon intensity in China's provinces. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, (81), 2935-2946.
- Cheng, Y., & Yao, X. (2021). Carbon intensity reduction assessment of renewable energy technology innovation in China: A panel data model with cross-section dependence and slope heterogeneity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110157.
- Çoban, S., & Topcu, M. (2013). The nexus between financial development and energy consumption in the EU: A dynamic panel data analysis. *Elsevier*, (39), 81-88.
- Dauda, L., Long, X., Mensah , C. N., & Salman , M. (2019). The effects of economic growth and innovation on CO2 emissions in different regions. *Environmental Science and Pollution Research*, (26), 15028–15038.
- Demir, A. (2009). Küresel İklim Değişikliğinin Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Kaynakları Üzerine Etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, (1), 37-54.
- Dolar , M., Vidrih , B., Kajfez-bogataj , L., & Medved, S. (2010). Predicted changes in energy demands for heating and cooling due to climate change. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35, 100-106.

- Dolarin , M., Vidrih , B., Kajfez-bogataj , L., & Medved, S. (2010). *Predicted changes in energy demands for heating and cooling due to climate change* (Cilt 35). Physics and Chemistry of the Earth.
- Eberhardt, M., and F. Teal. 2010. Productivity analysis in global manufacturing production. Discussion Paper 515, Department of Economics, University of Oxford.
- Fernandez, Y., Lopez, M. F., & Blanco, B. (2018). Innovation for sustainability: The impact of R&D spending on CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, (172), 3459-3467.
- Ganda , F. (2019). The impact of innovation and technology investments on carbonemissions in selected organisation for economic Co-operation anddevelopment countries. *Journal of Cleaner Production*, (217), 469-483.
- Ganda, F. (2019). The impact of innovation and technology investments on carbon emissions in selected organisation for economic Co-operation and development countries. *Journal of Cleaner Production*, (217), 469-483.
- Giovanni, F. (2003). An Empirical Reassessment of the Relationship Between Finance and Growth. *IMF Working Paper*, 22.
- Gu, W., Zhao, X., Yan, X., Wang , C., & Li, Q. (2019). Energy technological progress, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, (236), 117-666.
- Güner, E. D., & Turan, E. S. (2017). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Küresel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3, 48-55.
- Güney, T. (2021). Solar energy and sustainable development: evidence from 35 countries. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-8.
- Halıcıoğlu, F. (2009). An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey. *Energy Policy*, 37, 1156-1164.

- Horbach, J., & Rammer, C. (2018). Energy transition in Germany and regional spillovers: The diffusion of renewable energy in firms. *Energy Policy*, 121, 404-414.
- Huaisui, Q., Shunquan, Y., Jiulin, S., & Zehui, L. (2004). Relationships between energy consumption and climate change in China. *Journal of Geographical Sciences*, 14, 87-93.
- Inglesi-Lotz, R. (2019). Energy research and R&D indicators: An LMDI decomposition analysis for the IEA Big 5 in energy research. *Energy Policy*, (133), 110940.
- Inglesi-Lotz, R., Chang, T., & Gupta, R. (2015). Causality between research output and economic growth in BRICS. *Quality & Quantity*, 49, 167-176.
- Irاندoust, M. (2016). The renewable energy-growth nexus with carbon emissions and technological innovation: evidence from the Nordic countries. *Ecological Indicators*, (69), 118-125.
- Jakučionytė-Skodienė, M., & Liobikienė, G. (2021). Climate change concern, personal responsibility and actions related to climate change mitigation in EU countries: Cross-cultural analysis. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125189.
- Jordaan, S. M., Rabago, E. R., McLeary, R., Reidy, L., Nazari, J., & Herremans, I. M. (2017). The role of energy technology innovation in reducing greenhouse gas emissions: A case study of Canada. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (78), 1397-1409.
- Kaygusuz, K., yüksek, Ö., & Sarı, A. (2007). Renewable Energy Sources in the European Union: Markets and Capacity. *Energy sources*, 2(1), 19-29.
- Kasman, A., & Duman, Y. S. (2014). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis. *Economic Modelling*, (44), 97-103.
- Kaya, M. (2016). *Petrolün Kısa Tarihi, Petrol Gerçekleri ve Türkiye*. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO).

- Kocsis, I., & Kiss, J. T. (2015). Renewable Energy Consumption, R&D and GDP in European Union Countries. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(11), 2825-2830.
- Koçak , E., & Ulucak , Ş. Z. (2019). The effect of energy R&D expenditures on CO2 emission reduction:estimation of the STIRPAT model for OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 14328–14338.
- Köse, N., Bekun, F. V., & Alola, A. A. (2020). Criticality of sustainable research and development-led growth in EU: the role of renewable and non-renewable energy. *Environmental Science and Pollution Research*, (27), 12683–12691.
- Kumbaroğlu , G., & Madlener, R. (2003). Energy and Climate Policy Analysis with the Hybrid Bottom-Up Computable General Equilibrium Model SCREEN: The Case of the Swiss CO2 Act. *Annals of Operations Research*, 121, 181-203.
- Kumbaroğlu, G., Madlener, R., & Demirel, M. (2008). A Real Options Evaluation Model for The Diffusion Prospects of New Renewable Power Generation Technologies. *Energy Economics*, 30, 1882-1908.
- Lee, C. C., & Chiu, Y. B. (2011). Electricity demand elasticities and temperature: Evidence from panel smooth transition regression with instrumental variable approach. *Energy Economics*, 33, 896-902.
- Levin , A., Lin, C., & Chu , C. J. (2002). Unit root tests in panel data:asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, (108), 1-24.
- Lin, B., & Xu, B. (2018). Factors affecting CO2 emissions in China's agriculture sector: a quantile regression. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, (94), 15-27.
- Lin, B., & Zhu, J. (2019a). The role of renewable energy technological innovation on climate change: Empirical evidence from China. *Science of The Total Environment*, (659), 1505-1512.
- Lin, B., & Zhu, J. (2019b). Determinants of renewable energy technological innovation in China under CO2 emissions constraint. *Journal of Environmental Management*, (247), 662-671.

- Liu, W., McKibbin, W. J., Morris, A. C., & Wilcoxon, P. J. (2020). Global economic and environmental outcomes of the Paris Agreement. *Energy Economics*, (90), 104838.
- Liu, Y., Zhou, Y., & Wu, W. (2015). Assessing the impact of population, income and technology on energy consumption and industrial pollutant emissions in China. *Applied Energy*, (155), 904-917.
- Mahmoudi, M. R., Heydari, M. H., Qasem, S. N., Mosavi, A., & Band, S. S. (2020). Principal component analysis to study the relations between the spread rates of COVID-19 in high risks countries. *Alexandria Engineering Journal*.
- Martinaitis, V., Bieksa, D., & Miseviciute, V. (2010). Degree-days for the exergy analysis of buildings. *Energy and Buildings*, 42.
- McGilligan, C., Natarajan, S., & Nikolopoulou, M. (2011). Adaptive comfort degree-days: a metric to compare adaptive comfort standards and estimate changes in energy consumption for future UK climates. *Energy and Buildings*, 3, 2767-2778.
- Mensah, C. N., Long, X., Boamah, K. B., Bediako, I. A., Dauda, L., & Salman, M. (2018). The effect of innovation on CO₂ emissions of OCED countries from 1990 to 2014. *Environmental Science and Pollution Research*, (25), 29678–29698.
- Mensah, C. N., Long, X., Dauda, L., Boamah, K. B., & Salman, M. (2019). Innovation and CO₂ emissions: the complimentary role of eco-patent and trademark in the OECD economies. *Environmental Science and Pollution Research*, (26), 22878–22891.
- Miyamoto, M., & Takeuchi, K. (2019). Climate agreement and technology diffusion: Impact of the Kyoto Protocol on international patent applications for renewable energy technologies. *Energy Policy*, 129, 1331-1338.
- Moral-Carcedo, J., & Vicéns-Otero, J. (2005). Modelling the non-linear response of Spanish electricity demand to temperature variations (Cilt 27). *Energy Economics*.

- Mucuk, M., & Uysal, D. (2009). Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Maliye Dergisi*, 157, 105-115.
- Nematollahi, O., Hoghooghi, H., Rasti, M., & Sedaghat, A. (2016). Energy demands and renewable energy resources in the Middle East. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1172-1181.
- Özmen, T. M. (2009). Sera Gazı, Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi (TMH)*, (453), 42-46.
- Papiez, M., Śmiech, S., & Frodyma, K. (2019). Effects of renewable energy sector development on electricity consumption – Growth nexus in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, 109276.
- Pata, U. K. (2018). The influence of coal and noncarbohydrate energy consumption on CO2 emissions: Revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey. *Energy*, 160, 1115-1123.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1997). Estimating long-run relationships in dynamic heterogeneous panels. *DAE Working Papers Amalgamated Series 9721*.
- Pesaran, M. H., & Smith, R. P. (1995). Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, (68), 79-113.
- Pesaran, M. H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, (74), 967–1012.
- Pesaran, M. H. (2006). A Simple Panel Unit Root Test In The Presence Of Cross-Section Dependence. *Journal Of Applied Econometrics*, (22), 265–312.
- Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test In The Presence Of Cross-section Dependence. *Journal Of Applied Econometrics*, 22, 265-312.
- Popp, D. (2019). Environmental Policy and Innovation: A Decade of Research. *NBER Working Paper*, No: 25631.
- Radmehr, R., Henneberry, S. R., & Shayanmehr, S. (2021). Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth Nexus: A Simultaneity Spatial Modeling Analysis of EU Countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 13-27.

- Ren, Z., Wang, X., & Che, D. (2013). Climate Change Impacts on Housing Energy Consumption and its Adaptation Pathways. *Mitigating Climate Change*, 207-221.
- Say, N. P., & Yücel, M. (2006). Energy Consumption and CO2 Emission in Turkey: Empirical Analysis and Future Projection Based on Economic Growth. *Energy Policy*, 34, 3786-3870.
- Sebri, M., & Ben-Salha, O. (2014). On the Causal Dynamics Between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Trade Openness: Fresh Evidence from BRICS Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 14-23.
- Silva, P. P., Cerqueira, P. A., & Ogbe, W. (2018). Determinants of renewable energy growth in Sub-Saharan Africa: Evidence from panel ARDL. *Energy*, 156, 45-54.
- Singh, P., Gupta, H., Gupta, S. K., & Dwivedi, V. (2011). Conventional and Non-Conventional Energy Resources of India: Present and Future. *National Conference On Emerging trends in Mechanical Engineering, At Faculty of Engineering & Technology, RBS College Bichpuri, Agra*, 70-76.
- Shahbaz, M., Tiwari, A. K., & Nasir, M. (2013). The Effects Of financial Development, Economic Growth, Coal Consumption and Trade Openness on CO2 Emissions in South Africa. *Energy Policy*, 61, 1452-1459.
- Sohag, K., Kalugina, O., & Samargandi, N. (2019). Re-visiting environmental Kuznets curve: role of scale, composite, and technology factors in OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, (26), 27726–27737.
- Song, M., Chen, Y., & An, Q. (2018). Spatial econometric analysis of factors influencing regional energy efficiency in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 13745-13759.
- Su, H. N., & Moaniba, I. M. (2017). Does innovation respond to climate change? Empirical evidence from patents and greenhouse gas emissions. *Technological Forecasting & Social Change*, 122:49–62.

- Su, C. W., Naqvi, B., Shao, X.-F., Li, J. P., & Jiao, Z. (2020). Trade and technological innovation: The catalysts for climate change and way forward for COP21. *Journal of Environmental Management*, (269), 110774.
- Sun, I., & Kim, S. Y. (2017). Energy R&D towards Sustainability: A Panel Analysis of Government Budget for Energy R&D in OECD Countries (1974–2012). *Sustainability*, (9), 617.
- Tatoğlu Yerdelen, F. (2018). Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı. 4. Baskı.
- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar,nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, (1), 26-37.
- Ucal, M., An, N., & Kurnaz, L. (2017). İklim Değişikliği Sürecinde Ekonomideki Yeni Kavramlar ve Yaklaşımlar. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19, 373-402.
- Ulucak , R. (2020). How do environmental technologies affect green growth? Evidence from BRICS economies. *Science of The Total Environment*, (712), 136504.
- Vardar , A., Kurtulmuş , F., & Darga , A. (2011). Local indications of climate changes in Turkey: Bursa as a case example (Cilt 106). *Climatic Change*.
- Vural , Ç. (2018). Küreel İklim Değişikliği ve Güvenlik. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 57-85.
- Vonsée, B., Crijns-Graus, W., & Liu, W. (2019). Energy technology dependence: A value chain analysis of geothermal power in the EU. *Energy*, (178), 435-478.
- Wang, H., & Chen, Q. (2014). Impact of climate change heating and cooling energy use in buildings in the United States. *Energy and Buildings*, 82, 428-436.
- Wang, Z., Bui, Q., & Zhang, B. (2020). The relationship between biomass energy consumption and human development: Empirical evidence from BRICS countries. *Energy*, 194, 116906.
- Wasti, S., A., & Waqar, S. (2020). An empirical investigation between CO2 emission, energy consumption, trade liberalization and economic growth: A case of Kuwait. *Journal of Building Engineering*, 28(21), 101104.

- Weart, S. R. (2003). *The Discovery of Global Warming*. Cambridge, Harvard University Press.
- Westerlund, J. (2007). Testing for Error Correction in Panel Data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, (69), 709-748.
- Xu , B., & Lin , B. (2016). A quantile regression analysis of China's provincial CO2 emissions: where does the difference lie? *Energy Policy*, 98, 328-342.
- Xu, B., & Lin, B. (2018). Investigating the role of high-tech industry in reducing China's CO2 emissions: A regional perspective. *Journal of Cleaner Production*, (177), 169-177.
- Yan , Z., & Chen , Y. (1994). Assessing of climatic impact on electricity demand in Nanchang. *Meteorological Monthly*, 20, 44-46.
- Yang , F., Cheng , Y., & Yao, X. (2019). Influencing factors of energy technical innovation in China: Evidence from fossil energy and renewable energy. *Journal of Cleaner Production*, 232, 57-66.
- Yapraklı , S., & Bayramoğlu , T. (2017). Türkiye'de Enerji Kullanımı ve İklim Değişikliği: 1990-2030 Dönemine İlişkin Tanımsal Bir Uygulama. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19, 430-453.
- Yin, J., Zheng, M., & Chen, J. (2015). The effects of environmental regulation and technical progress on CO2 Kuznets curve: An evidence from China. *Energy Policy*, (77), 97-108.
- Zhang , L., Chen, L., & Wang, M. (2000). The relationship between the electricity supply and weather. *Meteorological Monthly*, 26, 27-31.
- Zhang , X., & Wang , Y. (2002). Relation and prediction between the electricity consumption and weather conditions of summer in Beijing. *Meteorological Monthly*, 28, 17-20.
- Zhang, J. Y., Peng, Y. L., Ma, C. Q., & Shen, B. (2017). Can environmental innovation facilitate carbon emissions reduction? Evidence from China. *Energy Policy*, (100), 18-28.

- Zhang, Q. (1997). The impact of continuous warm winters on the heating in the northern China. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 39-41.
- Zhou , Z. (2000). Winter temperature change and heating in China (Cilt 11). *Journal of Applied Meteorology*.
- Avrupa Enerji Ajansı (EEA), (2020). (Erişim tarihi: 15.11.2020)
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, (BMİDÇS) (1992). (Erişim tarihi: 17.11.2020).
- BP Dünya Enerjisinin İstatistiksel Değerlendirmesi (Haziran, 2019) (Erişim Tarihi: 17.11.2020)
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı . <https://iklim.csb.gov.tr/viyana-sozlesmesi-i-4399> adresinden alındı (28.06.2021).
- Dışişleri Bakanlığı, AB Daire Başkanlığı (2020). (Erişim Tarihi:22.11.2020)
- Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI) (2020). (Erişim tarihi: 22.11.2020).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2021). (Erişim Tarihi:22.11.2020)
- European Commission. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/climate-action-and-green-deal_en adresinden alındı (Erişim Tarihi:28.12.2021).
- Eurostat. Avrupa İstatistikleri (2021). (Erişim Tarihi: 29.12.2021).
- GHG Emissions Of All World Countries Report, (2021). (Erişim Tarihi: 10.12.2021).
- IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları: Almanya 2019 Raporu, (Erişim Tarihi: 31.12.2021).
- IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları: Avusturya 2020 Raporu (Erişim Tarihi: 31.12.2021).
- IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları: Danimarka 2017 Raporu (Erişim Tarihi: 02.01.2022).
- IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları: Finlandiya 2018, Raporu (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları: Fransa 2020, Raporu (Erişim Tarihi: 02.01.2022).

IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları: Hollanda 2020, Raporu (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları: İspanya 2021(Erişim Tarihi: 31.12.2021).

IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları: İsveç 2019 Raporu (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları: İtalya 2019 İncelemesi (Erişim Tarihi: 31.12.2021).

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2021).(Erişim Tarihi: 20.12.2021)

Our World in Data. <https://ourworldindata.org/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 22.11.2020).

Solar Energy Industries Association (SEIA), (2021). (Erişim Tarihi: 20.12.2021)

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), (2022) Energy Policies of IEA Countries. https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-policies-of-iea_countries_19900082 (Erişim tarihi: 02.01.2021)

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), (2007). (Erişim tarihi: 22.11.2020)

Yeşil Mutabakat Eylem Planı, (2021) (Erişim Tarihi: 15.12.2021)