



**İSKENDERUN TEKNİK**  
ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK  
LİSANS  
TEZİ**

**TÜRKİYE'NİN PARIS İKLİM  
ANLAŞMASI DÂHİLİNDEKİ  
YÜKÜMLÜLÜKLERİ VE İKLİM  
DEĞİŞİKLİĞİNİN BU  
YÜKÜMLÜLÜKLER  
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

**Cansev GENÇ**

**SU ÜRÜNLERİ  
ANABİLİM DALI**

**TEMMUZ 2021**



**TÜRKİYE’NİN PARIS İKLİM ANLAŞMASI DÂHİLİNDEKİ  
YÜKÜMLÜLÜKLERİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BU  
YÜKÜMLÜLÜKLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

**Cansev GENÇ**

**YÜKSEK LİSANS**

**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2021**

Cansev GENÇ tarafından hazırlanan “TÜRKİYE’NİN PARİS İKLİM ANLAŞMASI DÂHİLİNDEKİ YÜKÜMLÜLÜKLERİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BU YÜKÜMLÜLÜKLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Abdulla SAKALLI

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....  
.....

**Başkan:** Doç. Dr. Abdulla SAKALLI

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....  
.....

**Üye:** Prof. Dr. Sefa Ayhan DEMİRHAN

Deniz Teknolojileri Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....  
.....

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Ömer Eren

Tarımda Enerji Sistemleri Anabilim Dalı, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....  
.....

Tez Savunma Tarihi: 06/07/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Yükseköğretim Kuruluna gönderilen kopya ile tarafından Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne verilen basılı ve/veya elektronik kopyaların birebir aynı olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Cansev GENÇ

06/07/2021

# TÜRKİYE’NİN PARIS İKLİM ANLAŞMASI DÂHİLİNDEKİ YÜKÜMLÜLÜKLERİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BU YÜKÜMLÜLÜKLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Cansev GENÇ

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2021

## ÖZET

Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanılması, ormansızlaşma, yanlış arazi kullanımı ve sanayi atıkları ile atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimleri, Sanayi Devrimi’nden beri hızla artmakta ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu artış yirmi birinci yüzyılda küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununu ortaya çıkarmıştır. Bu sorunlara neden olan sera gazı emisyonlarının daha çok insan faaliyetlerinden kaynaklandığı ve bununla birlikte sanayi, tarım, hayvancılık, enerji gibi sektörlerin de neden olduğu bilinmektedir.

Küresel ısınma ve iklim değişikliğine ilişkin uluslararası alanda birçok anlaşma ve müzakereler yapılarak bu probleme yönelik çözüm arayışlarına gidilmiştir. Bu çözüm arayışlarından Paris Anlaşması ile yerküre sıcaklığının 1,5 °C ile sınırlandırılması hedeflenmektedir. Türkiye’nin yapılan iklim anlaşması ile katkı belgesinde vermiş olduğu %21’lik azaltım taahhüdünü 2030 yılına kadar yerine getirerek, 2 °C’lik sıcaklık hedefine ulaşması gerekmektedir. Tez kapsamında iklim değişikliği sorunu, etkileri, uluslararası, ulusal ve yerel ölçekte iklim değişikliği azaltım politika ve stratejileri, vb. konularda inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır.

1990-2018 yılları arasında Türkiye İstatistik Kurumu’nun Çevre ve Enerji istatistiklerinden salınan sera gazları emisyon verileri ve ERA5 Reanalysis’den alınan sıcaklık verileri ile regresyon analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) ve F gazının sıcaklığı artırdığı sonucuna varılmıştır. IPCC’nin belirlediği sera gazı emisyonu olasılıklarını temsil eden RCP 2.6 ve RCP 4.5 senaryolarını kullanarak 2019-2050 yılları arasındaki Potsdam Enstitüsü’nden alınan küresel sera gazı emisyon verileri ile CORDEX’ten alınan aynı senaryolar dâhilinde ve aynı yıllar arasındaki Türkiye sıcaklık verileri ile de regresyon analizi yapılmıştır. Bağımsız değişkenlerimiz olan sera gazlarının, bağımlı değişkenimiz sıcaklığa nasıl etki ettiği ve 21. Taraflar Konferansı’nda (COP21) yapılan 2015 Paris Anlaşması doğrultusunda Türkiye’nin sunduğu taahhütler ve uygulanabilirliği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler : İklim değişikliği, Paris Anlaşması, yenilenebilir enerji, sera gazları, COP21, RCP 2.6, RCP 4.5.

Sayfa Adedi : 115

Danışman : Doç. Dr. Abdulla SAKALLI

# THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE TURKEY'S OBLIGATIONS OWED THE PARIS CLIMATE AGREEMENT

(M. Sc. Thesis)

Cansev GENÇ

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY  
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

July 2021

## ABSTRACT

The use of fossil fuels such as coal, petroleum and natural gas, deforestation, incorrect land use, and the accumulation of greenhouse gases released into the atmosphere with industrial wastes have been increasing rapidly since the Industrial Revolution and causing environmental pollution. This increase has revealed the problem of global warming and climate change in the twenty-first century. It is known that the greenhouse gas emission that causes these problems is mostly caused by human activities and that it is also caused by sectors such as industry, agriculture, animal husbandry and energy.

Many agreements and negotiations were made in the international arena regarding global warming and climate change, and a solution was sought for this problem. With the Paris Agreement, which is one of the search for solutions, it is aimed to limit the earth's temperature to 1.5 °C. Turkey should fulfill the commitments given to this agreement to reduce greenhouse gas emissions by 2030 in the reference scenario up to 21% and to reach the 2 °C target on a global scale. Within the scope of the thesis, the problem of climate change, its effects, climate change mitigation policies and strategies on international, national and local scale, etc. reviews and evaluations were made on the issues.

Between 1990 and 2018, regression analysis was performed with greenhouse gas emission data released from the environmental and energy statistics of the Turkish Statistical Institute and temperature data taken from ERA5 reanalysis. The analysis in conclusion, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and F gas increase the temperature. RCP 2.6 and RCP 4.5 scenarios representing the greenhouse gas emission probabilities determined by the IPCC were used. Global greenhouse gas emission data from Potsdam Institute between 2019-2050 and the same scenarios from Cordex and Turkey temperature data between the same years were also regression analysis. How greenhouse gases, which are our independent variables, affect the temperature of our dependent variable has been and 21. at the conference of the parties (COP21), Turkey's commitments and applicability in line with the 2015 Paris Agreement were discussed.

**Key Words** : Climate change, Paris Agreement, renewable energy, greenhouse gases, COP21, RCP 2.6, RCP 4.5.

**Page Number** : 115

**Supervisor** : Assoc. Prof. Dr. Abdulla SAKALLI

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam ve tez yazım süreci boyunca bilgisi ile yolumu aydınlatan ve tecrübelerini benden esirgemeyen, sabırla ve anlayışla çalışmama yön veren, tez danışman hocam Sayın Doç. Dr. Abdulla SAKALLI' ya minnettarlığımı ve saygılarımı sunarım.

Eğitim ve öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi her konuda bana destek veren, bugünlere gelmemde büyük emeği olan anne ve babama teşekkürü borç bilirim. Çalışmam boyunca bana destek olan sevgili ablam Cansu GENÇ RUMELİ'ye ve her daim neşesi ile bana moral olan eniştem Suphi RUMELİ'ye teşekkür ederim. “Garanti BBVA Yatırım Şirketinde” Yatırım Uzmanı olarak çalışan canım kardeşim Hasan GENÇ' e, sera gazlarının sıcaklık üzerindeki etkisinin regresyon analizi modelleme çalışması yorumunda bana katkı sağladığından dolayı sevgilerimi sunarım. Çalışmam boyunca her türlü destek ve yardımlarını benden esirgemeyen, sözleriyle teşvik edip motivasyonumu sağlayan arkadaşlarıma ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.

**İÇİNDEKİLER****Sayfa**

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC).....	4
1.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS).....	4
1.3. Kyoto Protokolü.....	9
1.4. Paris Anlaşması (COP21).....	13
1.4.1. Niyet edilen ulusal katkı ile yürütülmesi öngörülen plan politikalar.....	16
1.5. Enerji Kaynakları.....	18
1.5.1. Fosil yakıtlar.....	18
1.5.2. Yenilenebilir enerji.....	23
1.6. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği.....	38
1.6.1. Küresel ısınma.....	39
1.6.2. İklim değişikliği.....	46
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>57</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>65</b>
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>70</b>
4.1. Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ).....	73
4.2. Metan (CH <sub>4</sub> ).....	74



**Sayfa**

4.3. Nitröz Oksit (N <sub>2</sub> O) .....	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	98
KAYNAKLAR .....	102



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>		<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1.	Tüm taraflar için geçerli yükümlülükler (madde 4.1).....	6
Çizelge 1.2.	Ek-I taraflarının yükümlülükleri (madde 4.2).....	6
Çizelge 1.3.	BMİDÇS ek-1 ve ek-2 ülkeleri.....	8
Çizelge 1.4.	İklim değişikliği konulu uluslararası görüşmeler sürecindeki önemli dönüm noktaları ve gelişmeler.....	11
Çizelge 1.5.	T.C. niyet edilen ulusal olarak belirlenmiş katkı beyanı.....	14
Çizelge 1.6	Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....	18
Çizelge 1.7.	Ülkelerde bulunan toplam kömür rezerv miktarları.....	20
Çizelge 1.8.	Ülkelerde bulunan toplam petrol rezerv miktarları.....	21
Çizelge 1.9.	Ülkelerde bulunan toplam doğalgaz rezerv miktarları.....	23
Çizelge 1.10.	Güneş enerjisinin bazı avantajları.....	26
Çizelge 1.11.	Güneş enerjisinin dezavantajları.....	26
Çizelge 1.12.	Rüzgâr enerjisinin avantajları.....	30
Çizelge 1.13.	Rüzgâr enerjisinin dezavantajları.....	30
Çizelge 1.14.	Jeotermal enerjisinin avantajları.....	31
Çizelge 1.15.	Jeotermal enerjisinin dezavantajları.....	32
Çizelge 1.16.	Hidroelektrik enerjisinin avantajları.....	33
Çizelge 1.17.	Hidroelektrik enerjisinin dezavantajları.....	33
Çizelge 1.18.	Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimi ve metan oranı.	35
Çizelge 1.19.	Biyokütle enerjisinin avantajları.....	36
Çizelge 1.20.	Biyokütle enerjisinin dezavantajları.....	36
Çizelge 1.21.	Hidrojen enerjisinin avantajları.....	37
Çizelge 1.22.	Hidrojen enerjisinin dezavantajları.....	37
Çizelge 1.23.	Dalga enerjisinin avantajları.....	38
Çizelge 1.24.	Dalga enerjisinin dezavantajları.....	38

<b>Çizelge</b>		<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.25.	CO <sub>2</sub> sera gazı emisyonları (1990-2019).....	44
Çizelge 1.26.	Atmosferdeki sera gazı birikimini artıran insan etkileri.....	47
Çizelge 1.27.	1990-2019 yıllarındaki kırsal nüfus.....	48
Çizelge 3.1.	Sıcaklık ve sera gazı emisyonları (CO <sub>2</sub> eşdeğeri) (1990-2018).....	65
Çizelge 3.2.	RCP 2.6 Sıcaklık ve sera gazı emisyonları (CO <sub>2</sub> eşdeğeri) (2019-2050).	66
Çizelge 3.3.	RCP 4.5 Sıcaklık ve sera gazı emisyonları (CO <sub>2</sub> eşdeğeri) (2019-2050).	68
Çizelge 4.1.	1990-2018 sıcaklık ve sera gazlarının analizi.....	72
Çizelge 4.2.	1990-2018 yılları arasında CO <sub>2</sub> ve sıcaklık analizi.....	73
Çizelge 4.3	1990-2018 yılları arasında CH <sub>4</sub> ve sıcaklık analizi .....	74
Çizelge 4.4.	1990-2018 yılları arasında N <sub>2</sub> O ve sıcaklık analizi .....	75
Çizelge 4.5.	RCP 2.6 2019-2050 sıcaklık ve sera gazlarının analizi.....	77
Çizelge 4.6.	RCP 2.6 2019-2050 yılları arasında CO <sub>2</sub> ve sıcaklık analizi.....	78
Çizelge 4.7.	RCP 2.6 2019-2050 yılları arasında CH <sub>4</sub> ve sıcaklık analizi.....	78
Çizelge 4.8.	RCP 2.6 2019-2050 yılları arasında N <sub>2</sub> O ve sıcaklık analizi.....	79
Çizelge 4.9.	RCP 4.5 2019-2050 sıcaklık ve sera gazlarının analizi.....	82
Çizelge 4.10.	RCP 4.5 2019-2050 yılları arasında CO <sub>2</sub> ve sıcaklık analizi.....	83
Çizelge 4.11.	RCP 4.5 2019-2050 yılları arasında CH <sub>4</sub> ve sıcaklık analizi.....	83
Çizelge 4.12.	RCP 4.5 2019-2050 yılları arasında N <sub>2</sub> O ve sıcaklık analizi.....	84

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<b>Şekil</b>		<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1.	Türkiye toplam sera gazı emisyonları.....	16
Şekil 1.2.	Dünya birincil enerji tüketiminde doğalgazın payı.....	22
Şekil 1.3.	Türkiye'de yenilenebilir enerji ve atık miktarları.....	25
Şekil 1.4.	Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası.....	26
Şekil 1.5.	Türkiye rüzgâr enerji atlası.....	27
Şekil 1.6.	Türkiye'deki rüzgâr enerjisi santralleri için kümülatif kurulum.....	28
Şekil 1.7.	Bölgelere göre RES oranları.....	28
Şekil 1.8.	Türkiye yıllık ortalama rüzgâr hızı ve hâkim yönü dağılımı.....	30
Şekil 1.9.	Jeotermal enerji kapasitesi ve katkı sağlayan ülkeler.....	32
Şekil 1.10.	Yıllara göre kurulu HES sayısı.....	34
Şekil 1.11.	Biyokütle kaynaklı lisanslı elektrik üretim santralleri.....	36
Şekil 1.12.	Sera etkisinin şematik gösterimi.....	40
Şekil 1.13.	Yıllar itibarıyla sera gazı (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O) emisyonları.....	41
Şekil 1.14.	Metan emisyonu kaynakları.....	42
Şekil 1.15.	Metan emisyonu yoğunluğu.....	43
Şekil 1.16.	Toplam ve kişi başı CO <sub>2</sub> eşdeğeri.....	44
Şekil 1.17.	Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları (1990-2019).....	45
Şekil 1.18.	En zengin ormanlık alana sahip ilk beş ülke.....	49
Şekil 1.19.	Dünyada toplam enerji tüketimi (1990-2017).....	50
Şekil 1.20.	Enerji kaynaklı CO <sub>2</sub> emisyonu (1990-2017).....	51
Şekil 1.21.	Yıllık ortalama yüzey sıcaklıklarının düzleştirilmiş zamansal değişim desenleri.....	53
Şekil 1.22.	2500 yılı senaryosuna göre deniz seviyesi değişiminin Türkiye kıyılarındaki alansal etki haritası.....	54
Şekil 1.23.	Buzul erimesi ve termal genişleme sonucu deniz seviyesindeki artış.....	55
Şekil 4.1.	1990-2018 yılları arasında sıcaklık değişimi.....	70

<b>Şekil</b>		<b>Sayfa</b>
Şekil 4.2.	1990-2018 yılları arasında CO <sub>2</sub> gazının değişimi.....	70
Şekil 4.3.	1990-2018 yılları arasında CH <sub>4</sub> gazının değişimi.....	71
Şekil 4.4.	1990-2018 yılları arasında N <sub>2</sub> O gazının değişimi.....	71
Şekil 4.5.	1990-2018 yılları arasında F gazının değişimi.....	72
Şekil 4.6.	RCP 2.6 2019-2050 yılları arasında sıcaklık değişimi.....	75
Şekil 4.7.	RCP 2.6 2019-2050 yılları arasında CO <sub>2</sub> gazının değişimi.....	76
Şekil 4.8.	RCP 2.6 2019-2050 yılları arasında CH <sub>4</sub> gazının değişimi.....	76
Şekil 4.9.	RCP 2.6 2019-2050 yılları arasında N <sub>2</sub> O gazının değişimi.....	77
Şekil 4.10.	RCP 4.5 2019-2050 yılları arasında sıcaklık değişimi.....	80
Şekil 4.11.	RCP 4.5 2019-2050 yılları arasında CO <sub>2</sub> gazının değişimi.....	80
Şekil 4.12.	RCP 4.5 2019-2050 yılları arasında CH <sub>4</sub> gazının değişimi.....	81
Şekil 4.13.	RCP 4.5 2019-2050 yılları arasında N <sub>2</sub> O gazının değişimi.....	81
Şekil 4.14.	Türkiye'nin son 30 yıldaki ortalama sıcaklık dağılışı.....	85

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

\$	Amerikan doları
° C	Derece selsius
cm	Santimetre
gw	Gigawatt
gwh	Gigawattsaat
kg	Kilogram
km <sup>2</sup>	Kilometrekare
kWh/m <sup>2</sup>	1 metrekareye düşen kilowattsaat
m	Metre
m/s	1 saniyede ulaşılan metre (hız birimi metre/saniye)
m <sup>2</sup>	Metrekare
mw	Megawatt

### Kısaltmalar

1/CP. 16	XVI. Taraflar konferansı'nda alınan karar
1/CP.18	XVIII. Taraflar konferansı'nda alınan karar
2/CP.17	XVII. Taraflar konferansı'nda alınan karar
21/CP.20	XX. Taraflar konferansı'nda alınan karar
26/CP7	VII. Taraflar konferansı'nda alınan karar
AB	Avrupa birliği
ABD	Amerika birleşik devletleri
AR4	Hükümetlerarası iklim değişikliği IV. Değerlendirme raporu
AR5	Hükümetlerarası iklim değişikliği V. Değerlendirme raporu
BAU	Referans senaryo
BEPA	Biyokütle enerjisi potansiyeli atlası
BM	Birleşmiş milletler
BMİDÇS	Birleşmiş milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi
BP	British petroleum

<b>C</b>	Karbon
<b>CFC</b>	Kloroflorokarbon
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metan
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>CO<sub>2</sub>eş</b>	Karbondioksit eşdeğeri
<b>COP</b>	Taraflar Konferansı'nın ingilizce kısaltması
<b>ÇŞB</b>	T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
<b>EİE</b>	Elektrik işleri etüt idaresi
<b>EK-I</b>	BMİDÇS'ne taraf olan ülkelerin listesi
<b>EK-II</b>	BMİDÇS'nde yer alan gelişmiş ülkelerin listesi
<b>ETKB</b>	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>F</b>	İnsan yapımı kimyasallar, florlu gazlar
<b>FAR</b>	Hükümetlerarası iklim değişikliği I. değerlendirme raporu
<b>H</b>	Hidrojen
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Su buharı
<b>HES</b>	Hidroelektrik santral
<b>HFC</b>	Hidroflorokarbonlar
<b>I. Dönem</b>	Kyoto Protokolü (2008-2012) yükümlülük dönemi
<b>II. Dönem</b>	Kyoto Protokolü 2012 sonrası dönemi
<b>INC</b>	Hükümetlerarası müzakere komitesinin ingilizce kısaltması
<b>INDC</b>	Niyet edilen ulusal katkı beyanı
<b>IPCC</b>	Hükümetlerarası iklim değişikliği panelinin ingilizcesi
<b>LPG</b>	Sıvılaştırılmış petrol gazı
<b>M.Ö.</b>	Milattan önce
<b>MENA</b>	Orta Doğu ve Kuzey Afrika
<b>MT</b>	Milyon ton
<b>MTA</b>	Maden tetkik ve arama genel müdürlüğü
<b>MTEP</b>	Milyon ton eşdeğer petrol
<b>N</b>	Azot
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Nitröz oksit
<b>NF<sub>3</sub></b>	Nitröztriflorid
<b>O</b>	Oksijen
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozon
<b>OECD</b>	Ekonomik işbirliği ve kalkınma örgütü'nün ingilizcesi
<b>ÖTV</b>	Özel tüketim vergisi

<b>PEGSÜ</b>	Pazar ekonomisine geçiş sürecinde olan ülkeler
<b>PFC</b>	Perflorokarbonlar
<b>PPB</b>	Milyarda bir birime verilen isim
<b>PPM</b>	Milyonda bir birime verilen isim
<b>R<sup>2</sup></b>	R square (belirleme katsayısı)
<b>RCP</b>	Bölgesel iklim projeksiyonunun ingilizce kısaltması
<b>REPA</b>	Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyel atlası
<b>RES</b>	Rüzgâr enerji santrali
<b>S</b>	Kükürt
<b>SAR</b>	Hükümetlerarası iklim değişikliği II. Değerlendirme raporu
<b>SBI</b>	Yürütme yardımcı organı
<b>SBSTA</b>	Bilimsel ve teknolojik danışma yardımcı organı
<b>SF<sub>6</sub></b>	Sülfürhegzaflorid
<b>SGS</b>	Sera gazı salınımı
<b>TAR</b>	Hükümetlerarası iklim değişikliği III. değerlendirme raporu
<b>TEİAŞ</b>	Türkiye elektrik iletim anonim şirketi
<b>TEP</b>	Ton eşdeğer petrol
<b>TÜİK</b>	Türkiye istatistik kurumu
<b>TÜREB</b>	Türkiye rüzgâr enerjisi birliği
<b>UEA</b>	Uluslararası enerji ajansı
<b>UNDP</b>	Birleşmiş milletler kalkınma programı
<b>UNEP</b>	Birleşmiş milletler çevre programı
<b>UNFCCC</b>	Birleşmiş milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi
<b>WCC</b>	Dünya iklim konferansı
<b>WMO</b>	Dünya meteoroloji örgütü
<b>WPB</b>	Dünya nüfus dengesi (world population balance)
<b>YEKDEM</b>	Yenilenebilir enerji kaynakları destekleme mekanizması



## 1. GİRİŞ

Enerji, bir ülkenin ekonomik ve toplumsal yaşamını sürdürebilmesi için gereken (sosyal gelişiminin) en temel ve sürükleyici gereksinimlerden biridir. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanılması, ormansızlaşma, yanlış arazi kullanımı ve sanayi atıkları ile atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimleri, Sanayi Devrimi'nden beri hızla artmaktadır. Sera etkisi ve artan şehirleşme, Dünya'nın yüzey sıcaklıklarının artmasına sebep olmaktadır [1]. Bu artışlardan dolayı kömür, petrol, doğalgaz gibi kaynaklarla enerjiye yönelik gereksinim karşılanamamaktadır [2]. Bu sınırlı kaynakların (kömür, petrol, doğalgaz) kullanımı sonucunda atmosfere salınan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), kükürt (S) ve diğer gaz halindeki kirleticilere paralel olarak çevre kirliliği artış göstermeye devam etmektedir [3].

Ülkemizdeki çevre kirliliğinin bir diğer nedeni ise hayatımıza yön veren elektriğin yenilenebilir enerji (rüzgâr, güneş vb.) kaynaklarından yeterli miktarda karşılanamaması olup mevcut kirliliğin (metal, atık, vb.) artmasına sebep olmaktadır. Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar yenilenebilir enerji kullanımından oldukça yüksektir. Ayrıca fosil yakıt kullanımının sınırlı ve sürdürülebilir olmaması ülkemizde dışa bağımlılığın artmasına sebep olmaktadır. Fosil yakıtlar içinde kömür, ucuz olmasından ve çok fazla çeşitleri bakımından en fazla sera gazı emisyonlarını oluşturmaktadır [2]. Bu yüzden fosil yakıtlara alternatif olarak temiz, çevre dostu yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır. Genç ve diğerlerinin Rüzgâr Enerjisinin Gelişimi ve Türkiye'deki Kurulu Rüzgâr Enerji Santralleri ve Hatay'da Elektrik Üretimi İçin Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli başlıklı iki makalemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgâr enerjisi, kurulum gücü ve önemi ele alınmıştır.

Ülkemizde kurulu rüzgâr jeneratör sayısının fazla oluşu ve mevcut potansiyeli bakımından elverişli olması ile rüzgâr enerjisi çok önemli bir yere sahiptir. Kurulu rüzgâr enerjisi santral sayısı 99 olup toplam 3933 MW kurulu güce sahiptir [4]. 2018 yılı verilerine göre, rüzgâr santrallerinin ürettiği elektrik 17909,3 GWh/yıl'dır [5]. Türkiye'nin açık deniz rüzgâr santrallerinden elektrik üretimini gerçekleştirmesi için büyük bir potansiyele sahip olduğu gösterilmiştir. Önümüzdeki yıllarda açık deniz rüzgâr türbinlerinin sayısındaki artış ile birlikte, ülkenin enerjide yenilenebilir kaynakların göreceli payını artırması, bölgelerin

teknolojik, endüstriyel gelişimine katkıda bulunması, yenilenebilir çevre dostu kaynaklardan elektrik üretmesi ve ülkenin enerji bağımlılığını azaltması beklenmektedir. Türkiye, rüzgâr enerjisinin geliştirilmesi için uygun ve elverişli koşullara sahiptir. Bu yüzden de 2023 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etme hedefine ulaşmak için ön koşullar oluşturulmuştur [6]. Türkiye'nin yeşil enerji ile ilgili belli başlı hedefleri olduğu gibi belirli eylem planları ve strateji belgeleri de vardır. Bunlardan biri, Türkiye'de yenilenebilir enerjinin gelişimini teşvik etmek için hazırlanan Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı'dır. Bu stratejiler [7];

- RES bazlı elektrik üretiminin payını 2023 yılına kadar toplam üretimin en az %30'una çıkarmak,
- Enerji talebinin %20'sini RES'ten sağlamak,
- Hedeflenen 2023 yılına kadar teknolojik ve endüstriyel gelişime daha yüksek katkıda bulunmaktır.

Fosil yakıtların günden güne daha çok kullanılması, iklim değişikliği ve çevre için olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda ülkeler ulusal yasalara, yeşil enerji kaynaklarına ve teknolojilere dayalı enerji politikalarının geliştirilmesini teşvik etmelidir [6]. Günümüzde artan bu fosil yakıt tüketimi sera gazı birikimine yol açmış, küresel bir sorun olan iklim değişikliğine ve kalkınma sorununa neden olmuştur [8]. İklim değişikliği ile mücadele etmek için de, 2015 yılının sonuna kadar geçerliliği olan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve akabinde yapılan Kyoto Protokolü ve onun da yerine geçen yasal bağlayıcılığı olan yeni bir anlaşmaya gidilmiştir. Bu sorunun giderilmesinde ilk küresel anlaşma olan Paris Anlaşması 2015 yılının Aralık gecesinde 195 ülkenin de onayı ile kabul edilmiştir. 21. Taraflar Konferansı (COP21) aynı zamanda Paris Anlaşması dâhilinde yapılan görüşmeleri içermektedir [9]. Yani 21. Taraflar Konferansı, Paris İklim Zirvesi'nde kabul edilmiştir.

Anlaşmanın ikinci maddesindeki öncelikli amaç ve ilkeleri [8];

- Küresel ortalama sıcaklıktaki artışı 2 °C'den mümkün olduğunca aşağıya çekerek 1,5 °C ile sınırlandırmak,
- Sera gazlı düşük büyümenin gıda üretimini tehdit etmeyecek şekilde güçlendirilmesini sağlamak,
- Düşük emisyonlu uyumlu finansman akışını sağlamak,
- Bu Anlaşma'nın, hakkaniyet ilkesine ve ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesine göre uygulanmasını sağlamak [10],
- Gelişmiş ülkeler, geliştirmekte olan ülkelere finans, teknoloji ve kapasitelerinin

gelişimine imkân vermekle yükümlüdür.

Anlaşmada elde edilmesi düşünülen sıcaklık artışı sınırlamaları, ülkelerin sunmuş olduğu Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanı (INDC) belgesinde bu katkıları yerine getirip getirmeyecekleri ortaya çıkacaktır [11]. Paris Anlaşması tüm Dünya için önem arz eden, insanoğlunun gelecekte ne koşullarda yaşayacağı, insan neslinin devamlılığını tehdit eden sorunlar açısından kilit bir konuma sahiptir [12]. Fosil kaynaklı yakıtların bu hızla kullanılmaya devam edilmesi durumunda sorunların daha da büyüyeceği ve kısa bir süre içerisinde geri dönüşü mümkün olmayan bir noktaya ulaşılabileceği belirtilmektedir [13]. Yaşanan bu sıcaklık artışı devam ettikçe bundan ortalama 40-50 yıl gibi bir sürede Dünya'nın yaşanamaz bir yer olacağına 195 ülke inanmış gözükmektedir. Şu andan itibaren iklim değişiyor mu, değişirse ne olur, sera gazları tehlikeli mi? gibi soruları sormaktan vazgeçip anlaşmanın uygulanabilmesi için yola koyulmak gerekmektedir.

Tez kapsamında iklim değişikliği sorunu, etkileri, uluslararası, ulusal ve yerel ölçekte iklim değişikliği azaltım politika ve stratejileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi vb. gibi konularda inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bunun için lisansüstü çalışmalar, kitaplar, makaleler, bildiriler, uluslararası sözleşmeler ve raporlar (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli-IPCC Raporları, INDC, BMİDÇS, Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması), ulusal eylem planlarından yararlanılmıştır. 21. Taraflar Konferansı'nda (COP21) yapılan 2015 Paris Anlaşması doğrultusunda Türkiye'nin sunduğu taahhütler ve uygulanabilirliği tartışılmış, 1990-2018 yılları arasındaki sera gazlarının sıcaklık üzerindeki etkisi Türkiye İstatistik Kurumu'nun Çevre ve Enerji istatistiklerinden sera gazı emisyon verileri ve ERA5 Reanalysis'den sıcaklık verileri alınarak yorumlanmış ve çözüm önerilerine yer verilmiştir. Aynı zamanda RCP 2.6 ve RCP 4.5 senaryoları kullanılarak CORDEX'ten alınan Türkiye'nin 2019-2050 yılları arasındaki sıcaklık verileri ve Potsdam Enstitüsü'nden alınan sera gazı verileri kullanılarak sıcaklık değişim verileri elde edilmiştir. Paris Anlaşması'nda bu değişim ne kadardı? Yani Türkiye'nin verdiği taahhüt ve gelecekte olması muhtemel değişim ne kadar olacak gibi öngörüler yapılmıştır.

### **1.1. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)**

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli 1988 yılında İsviçre'nin Cenevre şehrinde Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kurulmuştur. Küresel bir sorun olan iklim değişikliği konusunda tarafsız çalışmalar yürütmek ve bilgi toplamak kuruluşun öncelikli amacıdır. IPCC'ye birçok Birleşmiş Milletler (BM) üyesi olan ülkelerden bilim insanları, hükümet temsilcileri, hükümet dışı gönüllüler ve uluslar katılım sağlamışlardır [14]. BM üyesi olan ülkeler arasında Türkiye'de yer almakta ve bağımsız olarak çalışmalarını yürütmektedir. IPCC gerektiğinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne sera gazı oranlarının tespit edilmesi ve buna göre izlenecek yolların belirlenmesi için rapor ve değerlendirmeler hazırlamaktadır. Hazırlanan bu raporlar, küresel iklim değişikliği konularına kaynak sağlamaktadır.

IPCC yaptığı çalışmalar sonucunda oluşturduğu raporlarda, her 5-7 yılda bir olmak üzere küresel iklim değişikliğindeki durumları, süreçleri, değişiklikleri içeren Değerlendirme Raporları hazırlamaktadır. Bu raporlar sırasıyla 1990 (FAR), 1996 (SAR), 2001 (TAR) ve 2007 (AR4) yılında yayınlanmıştır. 5. Değerlendirme Raporu ise (AR5) 2007 yılında hazırlanarak, 2014 yılında onaylanmıştır.

Birleşmiş Milletler Genel Kurulunun 6 Aralık 1988 tarihine ait 43/53 sayılı kararı ile iklim değişikliği konusunda kapsamlı değerlendirmeleri, sosyal, ekonomik etkileri ve olası uluslararası anlaşmaların çözüm önerilerini içeren çalışmanın hazırlanması ilk görevi olmuştur. Bu kapsamda ilk değerlendirme raporu ise 1990 yılında yayınlanarak iklim değişikliği öneminin bilimsel olarak vurgulanması sağlanmıştır. Ayrıca uluslararası iş birliklerinin gerçekleştirilmesi gerektiği de rapora eklenmiştir [15].

### **1.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)**

Dünyadaki sera gazı emisyonlarını en aza indirebilmek veya belli seviyede tutmak amacıyla 1992 Haziran ayında, Brezilya'nın Rio şehrinde toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda iklim değişikliği sorununa karşı küresel ölçekte bir reaksiyon oluşturmak üzere BMİDÇS imzaya açılmıştır. 1994 yılının Mart ayında

yürürlüğe girerek, 196 ülkenin yanı sıra Avrupa Birliği (AB)'de sözleşmeye taraf olmuştur [16]. Türkiye ise 24 Mayıs 2004 yılında 189. taraf olarak katılmıştır [17].

Sözleşmenin yürürlüğe girmesinden itibaren kanun çerçevesinde sözleşmeyi kendi yasama organlarından geçiren ve onaylayıp kabul eden devletler COP adı verilen Taraflar Konferansı'nda bir araya gelmekte ve sözleşmenin gerekliliklerini yerine getirerek iklim değişikliği ile mücadelede en hızlı en kalıcı çözümleri masaya yatırmaktadırlar [18].

Sözleşme ile atmosferde biriken sera gazlarını azaltmak, iklim sistemi üzerindeki insan kaynaklı tehlikeli etkiyi durdurmayı başarmak, ekonomik kalkınmanın sürdürülebilirliğini sağlamak, gıda güvenliğinin devamını sağlamak amaçlanmıştır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ilkeleri [17],

- Eşit temellere dayanan, ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk ilkesi (Madde 3.1),
- Yaşanan bu iklim değişikliğinden etkilenecek olan gelişme yolunda ilerleyen ülkelerin gereksinimlerinin ve özel koşullarının göz önünde bulundurulması (Madde 3.2),
- İklim değişikliğinden ortaya çıkacak olan etkilere karşı önlem alınması ve bu önlemlerin en uygun şekilde maliyetinin ve global yararının sağlanması (Madde 3.3),
- Sürdürülebilirliğe destek verilmesi ve belirlenecek olan politika ve önlemlerin ulusal kalkınma programlarına dâhil edilmesi (Madde 3.4),
- Özellikle geliştirmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkelerle ortak bir çalışma içerisinde olmasıdır (Madde 3.5).

Sözleşme Tarafların azaltım ve iklim değişikliğinin etkilerine uyuma ilişkin yükümlülüklerini tanımlamaktadır. Sözleşme, tüm Taraflar için geçerli yükümlülükler ek olarak, gelişmiş ve geliştirmekte olan ülke Tarafları için farklı yükümlülük türleri ortaya koymaktadır. Bunlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Çizelge 1.1) (Çizelge 1.2) [17]:

**Çizelge 1.1. Tüm taraflar için geçerli yükümlülükler (Madde 4.1) [17]**

Tüm taraflar, kendi ortak fakat farklılaşmış sorumluluklar dikkate alınarak,
a) İnsan kaynaklı emisyonların uzaklaştırılması için taraflar ulusal envanterlerini, 12. madde gereği geliştirecek, revize edebilecek, yayınlayacak ve Taraflar Konferansı'na sunulmak üzere hazır tutacaklardır.
b) İklim değişikliğini azaltacak önlemleri kapsayan ulusal ve bölgesel programları ve bu değişikliğe adaptasyonu kolaylaştıracak önlemleri oluşturacak, uygulayacak, yayınlayacak ve düzenli olarak güncelleştireceklerdir.
c) Tüm ilgili sektörlerde, insan kaynaklı emisyonlarını kontrol eden, azaltan teknolojilerin geliştirilmesinde, uygulanmasında ve yayılmasında iş birliği yapacaklardır.
d) Tüm sera gazı ormanlık alanların, yani yutakların korunması ve takviyesi için iş birliği ve sürdürülebilir yönetim teşvik edilecektir.
e) İklim değişikliği etkilerine uyum hazırlığında iş birliği yapacak, iklim değişikliği sonucunda ortaya çıkacak zararlı etkilerden korunması için bütünleşme planları hazırlayacak ve geliştireceklerdir.
f) İklim değişikliğinin zararlı etkilerini indirmek için, bu konudaki değerlendirmelerini sosyal, ekonomik ve çevre politikaları doğrultusunda göz önünde bulunduracaklardır.
g) İklim sistemi konusunda yaşanan mevcut belirsizlikleri anlamak ve bunları en aza indirgeyebilmek için veri belgelerinin geliştirilmesine yardımcı olacak, iş birliği yapacaklardır.
h) İklim konusundaki her türlü bilginin (hukuk, teknoloji, ekonomi, vb.) bütünüyle açık ve doğru alışverişini teşvik için iş birliği yapacaklardır.
i) İklim değişikliği konusunda her türlü bilincin oluşturulması ve hükümet dışı kuruluşların da katılımı için teşvik aynı zamanda iş birliği yapacak ve
j) Konuyla ilgili edinilen bilgileri 12. maddeye göre Taraflar Konferansı'na bildirecektir.

**Çizelge 1.2. EK-I taraflarının yükümlülükleri (Madde 4.2) [17]**

a) Taraflardan her biri, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarını sınırlandırarak ve ormanlık alanları koruyarak iklim değişikliğini azaltmak amacıyla politikalar benimseyecekler ve gerekli önlemler alacaklardır. Bu politika ve önlemler; karbondioksit ve diğer sera gazlarının insan kaynaklı emisyonlarının içinde bulunduğumuz on yıl sonunda daha önceki seviyelerine geri çekilmelerinin, insan kaynaklı emisyonların uzun vadeli eğilimlerini değiştirmelerine katkıda bulunacağı kabul edilerek ve Taraflardan her birinin, küresel çabaya eşit ve uygun katkılarda bulunacağı, özel koşulları (ekonomik alt yapı, sürdürülebilirliğe olan ihtiyaçları, teknolojik farklılıklar) ile diğer ayrı koşullar dikkate alınarak, Sözleşme'nin amacına uygun bir şekilde, gelişmiş ülkelerin insan kaynaklı emisyonların uzun süreli eğilimlerini değiştirmede öncelikli rol oynayacaklarını gösterecektir.
b) Tarafların her biri Sözleşme'nin kendisi açısından yürürlüğe girmesinden itibaren altı ay içerisinde ve daha sonra sırasıyla ve 12. madde gereğince, diğer sera gazlarının insan kaynaklı emisyonlarının tek tek veya ortak olarak 1990 seviyesine getirilmesi amacı ile denetimi yapılmayan sera gazlarının beklenen insan kaynaklı emisyonlar ve ormanlık alanlarla uzaklaştırılması konusunda detaylı bilgi vereceklerdir.

Çizelge 1.2. (Devam) EK-I taraflarının yükümlülükleri (Madde 4.2) [17]

c) Açığa çıkan sera gazı emisyonlarının ve ormanlık alanlar sayesinde uzaklaştırılmalarının yukarıdaki
(b) alt paragrafı uyarınca yapılacak hesaplamalarının, ormanlık alanlar gibi yutakların iş kapasitesi ve gazların bu değişikliğe katkıları dâhil, gerekli en iyi bilimsel bilgilere dayandırılması gerekecektir.
d) Taraflar Konferansı ilk oturumunda yukarıdaki (a) ve (b) alt paragraflarının uygunluğunu gözden geçirecektir. Bu gözden geçirme, ilgili teknik, sosyal ve ekonomik enformasyonun yanı sıra iklim değişikliği hakkındaki mevcut en iyi bilimsel enformasyon ve değerlendirme ışığında yapılacaktır.
e) Bu Taraflardan her biri: (i) Diğer Taraflarla, Sözleşme'nin amacının yerine getirilmesi için geliştirilen ilgili ekonomik ve idarî birimlerle gereken eşgüdümü sağlayacaklardır. (ii) Uygulanmaması halinde, Protokol ile denetlenmeyen insan kaynaklı gazların daha yüksek seviyelere ulaşmasına yol açan faaliyetleri teşvik edici politikaları ve uygulamaları belirleyip belirli dönemlerde gözden geçireceklerdir.
f) Taraflar Konferansı, Ek-I ve Ek-II' deki listelere gerekebilecek değişiklikleri getirmek konusunda karar almak amacıyla var olan bilgiyi, ilgili Tarafın onayıyla, 31 Aralık 1998'den önce gözden geçirecektir.
g) Ek-I' e dâhil olmayan herhangi bir Taraf onay, kabul, uygun bulma veya katılma belgesinde veya daha sonra herhangi bir zaman Depoziter'e yukarıdaki (a) veya (b) alt paragrafı ile bağlı kalmak istediğini bildirebilir.

Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesine göre, özellikle enerji ihtiyaçlarının artması ile birlikte ülkelerin sera gazı emisyonları da giderek artmıştır. Bu yüzden ülkelerin daha fazla sorumluluk almaları ve atmosferdeki zararları gazları azaltmak ya da temizlemek amacıyla daha fazla çaba göstermesi gerektiği anlayışıyla konulmuş bir maddedir. Dolayısıyla sözleşme, ülkeleri 3 gruba ayırarak sınıflandırmıştır.

**Ek-1 Ülkeleri:** Ek-1'de yer alan ülkeler, sera gazı emisyonlarını indirmek, iklim değişikliği konusunda alınan önlemleri ve bu önlemlerin aşamaları ile çözüm yöntemlerini BMİDÇS sekreteryasına iletmek ve sera gazı emisyonlarını hesaplayarak verileri açıklamakla yükümlüdür. Sözleşmeye taraf olanların sera gazı emisyonlarını azaltması için yasal bir bağlayıcılığı olmayan bir hedef koymuştur [16].

**Ek-2 Ülkeleri:** EK-1 de bulunan yükümlülüklerle ek olarak Ek-2 ülkeleri çevreye uyumlu teknolojilerin gelişmekte olan taraf ülkelere aktarılması veya erişimin sağlanması, kolaylaştırılması için gerekli adımı atmakla sorumlu kılınmıştır. Burada 23 OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) ülkesi ile birlikte AB de yer almaktadır [16].

**Ek Dışı Ülkeler:** Bu grupta, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve yutak alanlarının korunması gibi yükümlülükleri olmayan ülkeler yer almaktadır. Ancak sera gazı emisyonlarını azaltmaya, teknoloji transferi konusunda iş birliğine ve yutak alanların korunmasına teşvik edilmektedir. Ayrıca bu grupta 154 ülke yer almaktadır [16].

Ülkemiz, bir OECD üyesi olarak BMİDÇS müzakereleri altında kendine özgü bir konuma sahiptir. 2001 yılında 7. Taraflar Konferansında (COP7-Marakeş) alınan kararlar Türkiye'nin özel durumu tanınmış ve EK-II listesinden çıkarılarak EK-I listesine alınması kararlaştırılmıştır. Bu kapsamda Türkiye, Ek-I kapsamında olup da geçiş ekonomisi olmayan ve "özel şartları" Taraflar Konferansı kararlarıyla kabul edilmiş olan tek ülkedir [16, 17]. BMİDÇS'nde yer alan Ek-1 ve Ek-2 ülkeleri aşağıda listelenmiştir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. BMİDÇS EK-1 ve EK-2 Ülkeleri [17]

<b>EK-I Ülkeleri (40+AB) Sanayileşmiş Ülkeler (26+AB) +PEGSÜ (14)</b>	<b>EK II Ülkeleri (23+AB)</b>
<i>Sanayisi Gelişmiş ülkeler:</i> Almanya, ABD, AB, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Lüksemburg, Kanada, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan, Türkiye, Lichtenstein, Monaco.	<i>Sanayisi Gelişmiş ülkeler:</i> Almanya, ABD, AB, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Lüksemburg, Kanada, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan.
<b>Pazar ekonomisine geçiş sürecinde olan ülkeler (PEGSÜ):</b>	
Beyaz Rusya, Bulgaristan, Estonya, Letonya, Litvanya, Macaristan, Polonya, Romanya, Çek Cumhuriyeti, Rusya Federasyonu, Ukrayna, Slovenya, Slovakya, Hırvatistan.	



### 1.3. Kyoto Protokolü (1997)

Japonya'nın Kyoto kentinde 11 Aralık 1997'de ulusal boyutta sera gazı emisyonlarını azaltmak için zorunlu ve bağlayıcı hedefler içeren BMİDÇS'ne ek olan 3. Taraflar Konferansı (COP3) Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Bu iki sözleşme arasında önemli farklar bulunmaktadır. BMİDÇS, sanayisi gelişmiş ülkelerin karbondioksit emisyonlarını azaltma yükümlülüğü açısından bağlayıcı olmayan sorumluluğa sahipken, Kyoto ise gelişmiş ülkelere azaltım yükümlülüğü getirmekte ve anlaşmayı bu yükümlülükler doğrultusunda bağlayıcı kılmaktadır [9]. COP3 olarak bilinen Kyoto Protokolü 1997 yılında imzalanmıştır. Daha sonra Marakeş'te düzenlenen 7. Taraflar Konferansı'nda (COP7) kabul edilerek 16 Şubat 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Kyoto Protokolü'nü 191 ülke ve AB ülkeleri imzalamıştır [19].

2001 yılında 7. Taraflar Konferansında (COP7-Marakeş) alınan kararla Türkiye'nin özel durumu tanınmış ve EK-II listesinden çıkarılarak EK-I listesine alınmıştır. Bu kapsamda Türkiye, Ek-I ülkeleri içerisinde olup özel şartları kabul edilmiş olan tek ülkedir [16, 17]. Bu özel durumu nedeniyle emisyon azaltım yükümlülüğü bulunmamasının yanı sıra Türkiye'nin gelecek yıllarda küresel iklim değişikliği konusunda şimdiden önlemler alması, diğer gelişmiş ülkelerle beraber hareket etmesi, bu ülkelere sağlanması muhtemel olan yeni teknolojiyle tanışması ve bu konudaki standartlarını iyi belirlemesi gerekmektedir.

Kyoto Protokolü kapsamında Türkiye'nin çaba gösterdiği konular [20];

- Global düzeyde ekonomi alanlarında kullanılan enerji faydasının artırılması,
- Yenilenebilir enerji kaynak kullanımının yaygın hale getirilmesi ve bunlara yönelik eğitimler verilmesi, yeşil enerji kaynakları hakkında bilgilendirmeler yapılması,
- CO<sub>2</sub> emisyonu ile ilgili araştırma yapan kuruluşların mali teşvik ve gümrükten muaf tutulması,
- Genel olarak sera gazı emisyonlarının azaltılması ya da en aza indirilmesi, önlemler alınması ve maliyet konusunda teşviklerin artırılması.

Kyoto Protokolü'ne göre BMİDÇS anlaşmasındaki Ek-1 ülkeleri, insan faaliyeti sonucunda oluşan karbondioksit emisyonlarını 2008-2012 yılları arasında 1990 yılı seviyeleri baz alınarak en az %5 altına çekmek durumundadır [21]. Kyoto Protokolü'nde yer alan 1990 yılı toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının en az %55'ini karşılayan Ek-I de yer alan tarafların protokolü onaylaması ön şartı nedeniyle yürürlüğe geç girmiştir. 2005 yılında

Rusya'nın da imzalamasıyla ön şart sağlanabilmiştir [22]. Bu protokolda, toplumsal bilinç oluşturma, temiz kaynak, çevreye duyarlı teknoloji transferlerinin teşviki, iklim değişimine karşı eğitim ile daha fazla bilinçlendirme ve emisyon verilerinin kalitesinde artış gibi kararlar alınmıştır [23].

İkinci büyük anlaşma olan Kyoto Protokolü BMİDÇS'de yer alan hedef ve yükümlülüklerin şartnameye dönüşmüş hali olarak gösterilebilmektedir. BMİDÇS iklim değişikliği ile mücadelede belirli hedef ve yükümlülükler belirlemiş anlaşmaya taraf ülkelere birtakım yükümlülükler getirmiş fakat bu yükümlülükleri tam olarak belirtmediği için karışıklığa yol açmıştır. Bu durum aslında çoğu ülkenin anlaşmaya imza atmasını kolaylaştırmıştır. Ancak küresel iklim değişikliği için bağlayıcı kurallara ve anlaşmalara ihtiyaç olduğu bir gerçektir [23].

Kyoto Protokolü ile BMİDÇS arasında yükümlülük farklılığı olduğu kadar ülkelerin gelişmişlik düzey farklılıkları da dikkate alınmıştır. Kyoto Protokolü'nde, iklim değişikliği ile mücadele konusunda gelişmekte olan ülkelerin en az sorumluluğa yani yükümlülüğe tabi tutulması ve aslında bu ülkelerin iklim değişikliğindeki olumsuz sonuçlardan en çok etkilenecek ülkeler olması dikkat çeken bir husus olmuştur. Düzey farklılıklarının eşit olmaması dikkate alınarak gelişmekte olan ülkeler için sera gazı emisyonlarında herhangi bir azaltım hedefi konmamasına rağmen düzenli olarak emisyon seviyelerinin raporlanmasını ve iklim değişikliğini hafifleten uygulamaları geliştirmeyi taahhüt etmiştir. Kyoto Protokolü'nün diğer iklim sözleşmelerinden en önemli farkı; sanayisi gelişmiş Ek-I ülkelerine yönelik sera gazı azaltım hedefleri belirlemesidir [23]. İklim değişikliği konusunda atılan adımlar ve mücadele çabaları Çizelge 1.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 1.4. İklim değişikliği konulu uluslararası görüşmeler sürecindeki önemli dönüm noktaları ve gelişmeler [24]

Tarih	Konu	Gelişme-Sonuç
1988	IPCC'nin kurulması (Intergovernmental Climate Change Panel)	BM şemsiyesi altında uluslararası sözleşmelere teknik altyapı oluşturulmuştur.
1990	Birinci IPCC Değerlendirme Raporu	İkinci WCC'de de belirtilen, uluslararası bir anlaşma için çağrı yapılmıştır.
1992	Rio "Çevre ve Kalkınma" BM Konferansı	BMİDÇS imzaya açılmış; INC tarafından UNFCCC metni kabul edilmiş ve Biyoçeşitlilik Sözleşmesi imzalanmıştır (Gündem 21).
1994	BMİDÇS'nin yürürlüğe girmesi	BMİDÇS, Rio Sözleşmelerinden biridir. Rio'da yapılan Yeryüzü Zirvesi'nde kabul edilen diğer sözleşmeler BM Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi ve BM Biyoçeşitlilik Sözleşmesi'dir
1995	COP 1, Berlin, Almanya	Ülkeler, karbon gazı emisyonlarını, 1990 yılına göre, 2005 yılına kadar yüzde 20 oranında azaltma sözü vermiş ancak protokol kabul edilmediği gibi iki yıllık süreç başlatılmıştır. Bilimsel ve Teknolojik Danışma Yardımcı Organı (SBSTA) vb. yardımcı kurumlar oluşturulmuştur.
1997	Kyoto Protokolü'nün kabul edilmesi (COP 3, Kyoto, Japonya)	2012 yılı itibarıyla gelişmiş ülkeler sera gazları emisyonlarını yüzde 5 düşürme kararı almış; ABD anlaşmada yer almazken, Çin gibi gelişmekte olan ülkeler hedef belirlememiştir.
2001	IPCC'nin Üçüncü Değerlendirme Raporu (COP 7, Marakeş, Fas)	Bu tarihe kadar olan ve COP 4'teki (Buenos Aires, 1998) Buenos Aires Eylem Planı'na dayalı Bonn Metinleri kabul edilmiştir. Kyoto Protokolü'nün uygulanmasını, uyum için yeni mekanizmaların ve teknoloji transferinin detaylandırılmasını içeren Marakeş Uzlaşısı Metni kabul edilmiştir.
2005	Kyoto Protokolü'nün yürürlüğe girmesi	Tüm taraflar, uluslararası tek çerçeve metni ile küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede sorumluluk altına girmiştir.
2007	IPCC Dördüncü Değerlendirme Raporu, Bali Yol Haritasının kabul edilmesi (COP 13, Bali)	Müzakerelerin iki müzakere hattı üzerinden (Sözleşme ve Kyoto) yapılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 1.4. (Devam) İklim değişikliği konulu uluslararası görüşmeler sürecindeki önemli dönüm noktaları ve gelişmeler [24]

<b>2009</b>	Kopenhag Mutabakatı (COP 15, Kopenhag, Danimarka)	2012 sonrasını içeren dönemde yeni bir anlaşmaya yönelik bir adım atılmamış; iki müzakere hattına yönelik sonuç çıkmamış, sadece yetersiz hükümleri içeren “Kopenhag Mutabakatı” kabul edilmiştir. İki dereceden fazla sıcaklık artmaması konusundaki amaç ortaya konulmuş, ancak bunun nasıl yapılacağı açıklanmamıştır. Anlaşma taslağı, bir sonraki toplantılara kalmıştır.
<b>2010</b>	COP 16, Cancun, Meksika	“Yeşil İklim Fonu”, Teknoloji Yürütme Komitesi, İklim Teknoloji Merkezi ve Ağı kurulmasına karar verilmiştir. Yeşil Fon ile gelişmiş ülkeler tarafından gelişmekte olan ülkelere her yıl 100 milyar dolar ayrılması kararı alınmıştır.
<b>2011</b>	COP 17, Durban, Güney Afrika	Kyoto Protokolü’nün ikinci yükümlülük dönemi 1 Ocak 2013 tarihinde başlayacağı kararı alınmış, ancak ne kadar süreceği belirtilmemiştir. 2015 tarihinde imzalanıp 2020 yılında yürürlüğe girmesi beklenen uluslararası bir anlaşma taslağının hazırlanması için Geçici Çalışma Grubu oluşturulmuş ve Gayri Resmi Toplantılar (Bonn/Almanya ve Güney Kore) yapılmasına karar verilmiştir.
<b>2012</b>	COP 18, Doha, Katar	Kyoto Protokolü, 1 Ocak 2013 ile 31 Aralık 2020 tarihine kadar sekiz yıl uzatılmıştır. 2014 sonuna kadar anlaşmanın taslak metni için verilerin toplanmasına ve Mayıs 2015 öncesinde taslağın hazır hale getirilmesine karar verilmiştir. Bunun için, BM Genel Sekreteri Ban Ki-moon önderliğindeki Dünya liderleri, siyasi isteği canlandırma adına, 2014 yılında tekrar bir araya gelecektir (Doha Amendment).
<b>2013</b>	IPCC Beşinci Değerlendirme Raporu	Eylül 2013 tarihinde açıklanan raporda, küresel iklim değişikliğinin yüzde 95 oranında insan kaynaklı olduğu kabul edilmiştir. Mart 2014 tarihinde, İkinci Çalışma Grubu raporu yayımlanacaktır.
<b>2013</b>	COP 19, Varşova, Polonya	Kayıp ve zarar mekanizması ve finans konusunda bazı metinler ortaya çıkarılmıştır. Paris öncesi müzakerelere devam edileceği kararı çıkmıştır. Adaptasyon Fonu (100 milyon dolar) toplanmıştır. Ancak Yeşil İklim Fonu’nun (her yıl 100 milyar dolar) içeriği netleşmemiştir.
<b>2014</b>	COP 20, Lima, Peru	2015 anlaşması öncesinde hazır hale getirilmesi, ön planda olacaktır.
<b>2015</b>	COP 21, Paris, Fransa	Anlaşma metninin imzalanması planlanmaktadır (Paris Protokolü).
<b>2016</b>	COP 22, Marakeş, Fas	Marakeş Konferansı, Paris Anlaşması’nı üreten müzakerelerin yıllarca uygulanmasına odaklanan yeni bir safhanın başlangıcı olmuş ve konferansta Paris Anlaşması’nın uygulanması ile ilgili çeşitli kararlar alınmıştır.

Çizelge 1.4. (Devam) İklim değişikliği konulu uluslararası görüşmeler sürecindeki önemli dönüm noktaları ve gelişmeler [24]

<b>2017</b>	COP 23, Bonn, Almanya	Delegeler Paris Anlaşması kapsamında uygulama yükümlülüğü getiren tüm unsurları içeren doküman “Paris Kural Kitabı” adı altında kapsamlı çalışmayı ve Karar Metnini hazırlamıştır.
<b>2018</b>	COP 24, Katowice, Polonya	196 ülke ve AB 2015’de imzalanan Paris İklim Anlaşması’nın ana unsurlarının hayata geçirilmesi hususunda anlaşılı.
<b>2019</b>	COP 25, Santiago, Şili	2-13 Aralık 2019 tarihleri arasında Şili’nin başkenti Santiago’da bulunan The Boxing Club’da gerçekleştirilecektir.

#### 1.4. Paris Anlaşması (COP21)

Küresel iklim değişikliği sorununun çözülmesine yönelik sera gazı emisyonlarının azaltılmasında BMİDÇS ve Kyoto protokolü etkili olmamıştır. 1997 Kyoto Protokolü’nden günümüze kadar tüm ülkelerin ortak payda toplanacağı küresel bir anlaşmanın yapılması ile birlikte gelişmişlik düzey farklılıkları olan ülkeler arasında anlaşma sağlanamamıştır. Bunun sonucunda temiz bir gelecek için gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin sera gazı azaltımı konusunda ciddi adımların atılması ve bu sorumlulukları yerine getirmek için yeni anlaşmaların yapılması kararı alınarak Paris Anlaşması’na giden süreci başlatmıştır [11]. Anlaşmaya göre Kyoto Protokolü’nün 2020 yılında süresinin biteceğinden dolayı 2015 yılında 21. Taraflar Konferansı düzenlenmiş ve konferansta Paris Anlaşması onaylanarak 2016 yılında yürürlüğe girmiştir.

BMİDÇS ile Paris Anlaşması arasındaki en temel fark, Paris Anlaşması’nda tüm ülkelerin sera gazlarının azaltımına yönelik katkı sağlayacağı bir sistem oluşturmasıdır. Bu anlaşma neticesinde ülkeler gelişmiş ve gelişmekte olarak belirtilerek, tüm ülkelerin, ‘ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar’ ilkesine dayalı yükümlülük altına girmesiyle oluşturulmuştur. Ayrıca ülkelerarası ayırım da gözetenmemiştir.

Paris İklim Anlaşması’nda hedeflenen maddeler [11];

- Paris İklim Anlaşması’na göre, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ayırımı sera gazı azaltım hedefleri çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu ayırım ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesine göre değerlendirildikten sonra her ülkenin kendi kapasitesine göre azaltım yapması gereklidir. 2050 yılına kadar yükümlülüğü daha fazla olan sanayisi gelişmiş ülkelerin CO<sub>2</sub> emisyonlarını sifira kadar indirmeleri beklenmektedir.

- İklim değişikliği ile mücadele kapsamında, gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaçlarını giderebilmesi için gelişmiş ülkelerin gerekli teknoloji ve finansman kaynağını sağlaması gerekmektedir. Dolayısıyla 2020 yılına kadar gelişmekte olan ülke taraflarına gelişmiş ülke taraflarının 100 milyar dolarlık iklim finansmanı sağlaması gerekmektedir.
- Tarafların kabul ettiği taahhütler kapsamında gerçekleştirilen karbon emisyonu azaltım faaliyetleri her beş yılda bir kontrole tabi tutulacaktır.
- Paris İklim Anlaşması gelişmiş ve gelişmekte olan toplam 195 ülkeyi bir araya getirerek bu ülkeleri yükümlülük altında bırakarak hemfikir olmaları noktasında katkı sağlamıştır. Anlaşmanın amacı, 2020 ve sonrası için küresel çapta iklim değişikliğine karşı gerekli önlemlerin alınmasını ve tüm risklere karşı dayanıklılığın artırılmasıdır. Paris Anlaşması ile birlikte yerküre sıcaklığının 1,5 °C ile sınırlandırılması hedeflenmektedir. Gelişmiş ve az gelişmiş ülkelere nazaran küresel iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek olan ada ülkeleri ve en az gelişmiş yapıdaki ülkelerin bu anlaşmaya eklenmesi dünya tarihi açısından önem arz etmektedir [11]. Türkiye'nin sunmuş olduğu niyet edilen ulusal katkı beyanı Çizelge 1.5'te gösterilmektedir.

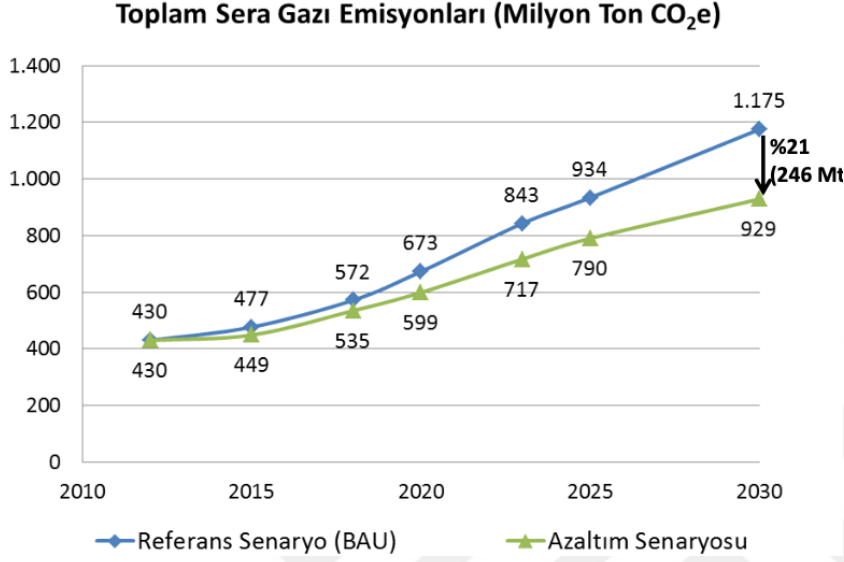
Çizelge 1.5. Türkiye Cumhuriyeti niyet edilen ulusal olarak belirlenmiş katkı beyanı [17]

<b>INDC (Katkı)</b>	Referans Senaryoya (BAU) doğrultusunda emisyonların 2030'a kadar %21 oranında azaltılması.
<b>Uygulama Dönemi (Katkı Dönemi)</b>	2021-2030
<b>Kapsam</b>	Ekonomi genelinde. Enerji, endüstriyel prosesler, tarım, arazi kullanım değişikliği, yutak alanlarını ve atık sektörlerini içermektedir.
<b>Sera Gazları</b>	Sera gazı emisyon envanterinde bulunan emisyonlar: Karbon dioksit (CO <sub>2</sub> ) Metan (CH <sub>4</sub> ) Nitröz Oksit (N <sub>2</sub> O) Hidroflorokarbonlar (HFCler) Perflorokarbonlar (PFCler) SülfürHegzaflorid (SF <sub>6</sub> ) NitrözTriflorid (NF <sub>3</sub> )
<b>Yöntemsel Yaklaşım</b>	Yöntemsel yaklaşımlar, IPCC 2006 Kılavuzu ile IPCC 2013 Kyoto Protokolü Kılavuzuna dayanmaktadır. IPCC 4. Değerlendirme Raporundaki 100 yıllık Küresel Isınma Potansiyel değerleri baz alınmıştır.
<b>Uluslararası Piyasa Mekanizmalarının Kullanımı</b>	Ülkemiz, 2030 amacına ulaşmak için, maliyeti dikkate alarak, ilgili kurallar doğrultusunda uluslararası piyasa mekanizmalarından da yararlanmayı planlamaktadır.

Çizelge 1.5. (Devam) Türkiye Cumhuriyeti niyet edilen ulusal olarak belirlenmiş katkı beyanı [17]

<p><b>Ulusal Şartların Işığında Adiliyet ve Çabaların Ölçeği</b></p>	<p>Türkiye, sürdürülebilir kalkınma sürecine devam etmek durumundadır. Hızlı bir sanayileşme ve şehirleşme süreci son 30 yıldır Türkiye’de devam etmektedir. Ülkemiz, küresel ölçekte Sanayi Devrimi’nden bu yana kümülatif emisyonların %0,7’sinden sorumludur. Enerji ithalatı önemli bir paya sahiptir. Türkiye fosil yakıt kaynaklarını kullanmak zorundadır. İklim değişikliği ile mücadele konusunda Türkiye ekonomik ve teknolojik kısıtlamalara sahiptir. Bu doküman ile sunulan ulusal katkı niyeti, iklim değişikliği ile mücadeleye yönelik tüm sektörlerde ilave plan, politika ve tedbirler içermektedir.</p>
<p><b>Ulusal Katkının, Sözleşmenin Temel Hedefine (Madde 2) Faydası</b></p>	<p>Türkiye, referans senaryoya göre taahhüt ettiği yıla kadar sera gazı emisyonlarını %21 azaltarak, 2 °C’lik sıcaklık amacına ulaşmak için düşük karbon yoğunluğu yolunda önemli bir atılım sağlamış olacaktır.</p>
<p><b>Planlama Süreci</b></p>	<p>Türkiye gelişen koşullara göre bu INDC’yi revize edebilir. Türkiye niyet ettiği ulusal katkıyı yerine getirmek için gerekli plan ve politikalara sahiptir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Onuncu Kalkınma Planı</li> <li>İklim Değişikliği Ulusal Stratejisi</li> <li>İklim Değişikliği Eylem Planı</li> <li>Sanayi Strateji Belgesi</li> <li>Enerji Verimliliği Strateji Belgesi</li> <li>Ulusal Geri Dönüşüm Stratejisi ve Eylem Planı</li> <li>Sera Gazlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması Hakkında Mevzuat</li> </ul> <p>Türkiye’nin ulusal katkısı, tüm paydaşların görüş ve önerilerini alan katılımcı bir süreçle ve analitik çalışmalar yürütülerek 1 yıl içinde hazırlanmıştır. Enerji modellemesi için TIMES-MACRO modeli kullanılmıştır.</p>
<p><b>Finansal İhtiyaçlar</b></p>	<p>Bu noktada, bahse konu INDC’nin başarı ile sağlanması için ülkemiz, 26/CP.7, 1/CP.16, 2/CP.17, 1/CP.18 ve 21/CP.20 sayılı kararlar eşliğinde, yerel kaynaklarını kullanacak ve iklim fonu içerecek şekilde finans, teknoloji ve kapasite geliştirmeye yönelik uluslararası yardımları kullanacaktır.</p>
<p><b>Ulusal Katkının, Sözleşmenin Temel Hedefine (Madde 2) Faydası</b></p>	<p>Ülkemiz bu azaltımı yerine getirerek sıcaklık amacına ulaşmış ve düşük karbon kullanımını gerçekleştirmiş olacaktır.</p>

Türkiye, referans senaryoya göre taahhüt ettiği yıla kadar sera gazı emisyonlarını %21 oranında azaltarak 2 °C'lik sıcaklık amacına ulaşmak için düşük karbon kullanımında önemli bir atılım sağlamış olacaktır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Türkiye toplam sera gazı emisyonları

#### 1.4.1. Niyet edilen ulusal katkı ile yürütülmesi öngörülen plan politikalar

##### Enerji

- Güneş enerjisinden elektrik üretiminin 2030'a kadar 10 GW'a ulaşması,
- Rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminin 2030'a kadar 16 GW'a ulaşması,
- Gerekli olan tüm hidrolik kapasitenin kullanılması,
- 2030'a kadar 1 adet nükleer santralin faaliyete geçmesi,
- Elektrik kayıp oranının %15 seviyesine düşürülmesi,
- Elektrik santrallerindeki çalışmaların iyileştirilmesi.

##### Sanayi

- Enerji yoğunluğunun azaltılması,
- Enerji verimliliğinin aktif şekilde sağlanması ve projelerin maddi olarak desteklenmesi,
- Gerekli sektörlerde atıkların kaynak olarak kullanılmasının artırılması.



### Ulaştırma

- Karayolu ulaşımının azaltılarak, demiryolu ve denizyolu kullanımının artırılması ile dengenin sağlanması,
- Toplu taşımacılığın geliştirilmesi,
- Kentlerde sürdürülebilir ulaşımın sağlanması,
- Temiz araç kullanımının artırılması,
- Hızlı demiryolu projelerinin hayata geçirilmesi,
- Ulaşımında kentlerde raylı sistem hatlarının artırılması,
- Tünellerle yakıt tasarrufu sağlanması,
- Model olarak eskimiş araçların trafikten çekilmesi,
- Verimlilik için yeşil limancılık ve yeşil havalimanı projelerinin uygulanması,
- Denizyolu için kullanılan yakıtlarda Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) alınmaması.

### Binalar ve kentsel dönüşüm

- Yeni yapılan binaların enerji sistemlerine uygun olarak inşa edilmesi,
- Binaların enerji kimlik belgesinin oluşturulması ve enerji tüketimlerinin kontrol altına alınmasının sağlanması,
- Binalarda uygulanacak olan yeşil enerji kaynak kullanımının teşvik edilmesi (kredi, vergi azaltımı, vb.),
- Yeşil binalarda enerji ihtiyacının azaltılması.

### Tarım

- Tarımda yakıt tasarrufu sağlanması,
- Mera ıslahının yapılması,
- Kontrollü gübre kullanımı ve tarımın iyileştirilmesi,
- Toprak işleme yöntemlerinin desteklenmesi.

### Atık

- Katı atıkların düzenli olarak depolanacak yerlere gönderilmesi,
- Atıkların tekrar kullanımının sağlanması,
- Atıkların maddesel geri kazanımı,
- Depo gazından metan geri kazanımının gerçekleştirilmesi,
- Endüstriyel simbiyoz yaklaşımı,
- Besi hayvancılığı ve tavuk çiftliklerinden çıkan atıkların değerlendirilmesi için gerekli çalışmaların faaliyete geçirilmesi.

## 1.5. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları temel olarak fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Kömür, doğalgaz, petrol, uranyum, toryum gibi yakıtlar doğada sınırlı olup tükenebilen fosil yakıtlardır. Yenilenebilir enerji kaynakları rüzgâr, güneş, hidrolik, biyokütle gibi sınırsız olup doğada sürekli olarak kendini yenileyebilen kaynaklardır. Bir başka sınıflandırma ise; birincil enerji kaynakları: Fosil yakıtlar, ikincil enerji kaynakları ise; elektrik, nükleer, güneş, jeotermal, rüzgâr, deniz-dalga ve biyokütle(odun, tezek, vb.) olarak yapılmaktadır (Çizelge1.6) [25, 26, 27].

Çizelge 1.6. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması [5]

<b>ENERJİ KAYNAKLARI</b>	
<b>1) Kullanışlarına Göre</b>	<b>2) Dönüştürülebilirliklerine Göre</b>
<b>A)Yenilenemez (Tükenir)</b>	<b>A) Birincil (Primer)</b>
<b>a) Fosil Kaynaklı</b>	✓ Kömür
✓ Kömür	✓ Petrol
✓ Petrol	✓ Doğalgaz
✓ Doğalgaz	✓ Nükleer
<b>b) Çekirdek Kaynaklı</b>	✓ Biyokütle
✓ Uranyum	✓ Hidrolik
✓ Toryum	✓ Güneş
<b>B)Yenilenebilir</b>	✓ Rüzgâr
✓ Hidrojen	✓ Dalga, Gel-git
✓ Güneş	<b>B)İkincil (Sekonder)</b>
✓ Biyokütle	✓ Elektrik, Benzin
✓ Rüzgâr	✓ Mazot, Motorin
✓ Jeotermal	✓ Kok, Petrokok
✓ Dalga, Gel-git	✓ Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)

### 1.5.1. Fosil yakıtlar

İklim değişikliği, enerji arzının sağlanması ve nüfus için yeterli gıdaya ulaşmak gibi etkenler modern toplumun uğraşması gereken temel sorunların başında gelmektedir. Bu bağlamda, enerji sektörü dördüncü Sanayi Devrimi döneminde (endüstri 4.0) modern dünyada önemli bir yere sahiptir. Ayrıca genel ekonomik kalkınmanın temelini oluşturmaktadır. Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektrikle çalışan cihazların sayısında artış olduğu gözlenmektedir. Yaşanacak olan bu artış, enerji ihtiyacının çok daha fazla olacağı ve elektriğin üretilmesi gerektiği anlamına gelmektedir [6].

Sanayi Devrimi ile birlikte fosil yakıt (kömür, petrol gibi) kullanımı hızlı bir artış göstermiştir. Günümüze kadar da bu fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanımı devam etmektedir. Dünya ülkelerinde ciddi tehlikelere sebep olan bu fosil yakıt kullanımı iklim değişikliğinin en büyük nedenlerinin başında gelmektedir. Bu kaynakların gereğinden fazla kullanımı hem çevreye salınan karbondioksit miktarının hem de çevresel sorunların (aşırı sıcaklık ve yağışlar, kuraklık sonucu azalan tarım faaliyeti gibi) artmasına sebep olmaktadır [28, 29]. Bu problemlerin temel sebebi; üretim ve tüketim için gerekli olan enerjinin doğada sürekli var olan güneş, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması yerine kömür, petrol gibi fosil yakıt kullanımından kaynaklanmasıdır [30, 31].

Fosil yakıtların kullanılmasıyla ortaya çıkan sera gazı emisyonları ısıyı kendi bünyesinde biriktirme özelliği ile tahmin edilenden daha fazla risk oluşturmaktadır. Özellikle sera gazları içerisinde yer alan ve insan kaynaklı olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) gibi gazlar küresel ısınmanın temel nedenleri arasında yer almaktadır [31]. Bu emisyonun kontrolsüz bir şekilde artması, ciddi sağlık sorunlarına (salgınlar, ölümcül hastalık vb.), iklim değişikliğine ve toplumsal kaygıya neden olacaktır.

### Kömür

Kömür, bitki ve hayvan kalıntılarının uzun yıllar boyunca yer altında kalmasıyla oluşan ve içerisinde yoğun miktarda (%55 ile %95) karbon bulunduran organik kökenli yakıtlardır [32]. 2017 yılında % 28'lik toplam enerjideki payı ile ülkemizdeki kullanımı açısından diğer fosil yakıtlara göre 3 kat daha fazladır. Günümüzde kömürün yaygın kullanılması ve sürdürülebilir olmamasından dolayı çok az bir ömür biçilmektedir. 2018 yılındaki verilere göre, Dünya kömür rezervlerinin büyük kısmına ABD (237,3 milyar ton) sahiptir. Rusya Federasyonu'nda 157 milyar ton, Çin'de ise 114,5 milyar ton olduğu bildirilmiştir. Diğer kömür zengini ülkeleri arasında Avustralya (76,4 milyar ton), Hindistan (60,6 milyar ton), Almanya (40,5 milyar ton), Ukrayna (33,9 milyar ton), Kazakistan (33,6 milyar ton) ve Güney Afrika Cumhuriyeti (30,2 milyar ton) gelmektedir [33].

Ülkemizde Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 2015 yılındaki araştırmalar ile miktarca fazla olan 3 adet (Karapınar-Ayrancı, Eskişehir-Alpu, Afyon-Dinar) yeni kömür sahaları rapor edilmiştir ve bu sayede rezerv artışı sağlanmıştır. Böylece Türkiye taş kömür rezerv miktarı 1 308,5 milyon ton, linyit rezervleri ise toplam 14 764,9

milyon tona ulaşmıştır [33]. Avrupa ülkelerinde toplam kömür rezervleri en fazla Almanya’da (36103 milyon ton), en az ise İngiltere’de (29 milyon ton) bulunmaktadır. Ülke bazında kömür rezervine sahip ülkeleri Almanya> Ukrayna> Polonya> Türkiye> Sırbistan> Diğer> Macaristan> Yunanistan> Çek Cumhuriyeti> Bulgaristan> İspanya> Romanya> İngiltere şeklinde sıralamak mümkündür (Çizelge 1.7).

Çizelge 1.7. Ülkelerde bulunan toplam kömür rezerv miktarları [34]

Ülkeler	Kömür Rezerv Miktarı (milyon ton)
Türkiye	11 526
Bulgaristan	2 366
Çek Cumhuriyeti	2 657
Almanya	36 103
Yunanistan	2 876
Polonya	26 479
Sırbistan	7 514
İspanya	1 187
Ukrayna	34 375
İngiltere	29
Romanya	291
Macaristan	2 909
Diğer	6 281
<b>Toplam</b>	<b>134 593</b>

### Petrol

Petrol, hidrojen (H) ile karbondan (C) oluşan eser miktarda Azot (N), Kükürt (S) ve Oksijen (O) içeren koyu renkli, yapışkan ve yanıcı bir sıvıdır. Katı, sıvı ve gaz halde bulunabilmektedir. Özellikle de ulaştırma sektöründe temel enerji kaynağı olarak petrol kullanımı en büyük paya sahip olup takiben doğalgaz ve kömür ise daha çok elektrik üretiminde kullanılmaktadır. 2016 yılında, elektrik üretimindeki kömürün kullanım oranı %39’dur. Elektrik üretimindeki petrolün payının 2040 yılına doğru %1 oranında düşüş göstereceği öngörülmektedir [35]. Sektörler arasında bakıldığında taşıma sektöründe en fazla petrol tercih edilmektedir. 2015 yılında yaklaşık 2,37 milyon ton petrol tüketilirken, 2040 yılında 2,70 milyon tona çıkacağı öngörülmektedir. Böylelikle ulaştırma sektöründe

petrol ihtiyacının %84'ünü karşılayacağı beklenmektedir. Ayrıca 2017 yılı verilerine göre, Dünya enerji talebinin %34,2'si petrolden karşılanmıştır [35].

Dünya üretilebilir petrol ve doğalgaz rezervlerinin yaklaşık %72'si, ülkemize sınırı olan komşu ülkelerde (Rusya, Irak, Suudi Arabistan gibi) yer almaktadır. Bu nedenle Türkiye, jeopolitik konumu açısından önemlidir. Ülkemizin bölge ülkelerle komşu olması, petrol ve doğalgaz rezervleri bakımından enerji zengini olan Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa'nın tüketici pazarlarında 'Enerji Koridoru' oluşturmaktadır. Ancak doğal olarak oluşan bu koridora rağmen hala ülkemiz petrol rezervleri konusunda dışa bağımlılığının önüne geçememiştir. Aynı zamanda, Türkiye yenilenemeyen enerji kaynakları bakımından sınırlı kaynaklara sahip olmasıyla birlikte %90 petrol ve %95 doğalgaz açısından dışa bağımlı bir ülke konumundadır. Ancak enerjide dışa bağımlılığı azaltarak ve yerli doğal kaynakların güvenliğini ve sürdürülebilirliğini sağlayarak bu bağımlılığın önüne geçmeyi taahhüt etmişlerdir [36, 37, 38].

Dışa bağımlı ülke konumunda olmamızın temel sebeplerinden bazılarını şu şekilde sıralamak mümkündür [39]:

- Petrol arama faaliyetlerinin sınırlı olması ve bu nedenle de yerli üretimin yetersizliği,
- Plansız büyüyen şehirlerin giderek artması ile toplu ulaşımın zorlaşması,
- Fosil yakıt içinde yer alan petrol yerine alternatif enerji kaynaklarına (yenilenebilir enerji) gereken önemin verilmemesi petrole bağımlılığı artıran nedenler arasında sayılabilir.

Çizelge 1.8. Ülkelerde bulunan toplam petrol rezerv miktarları [34].

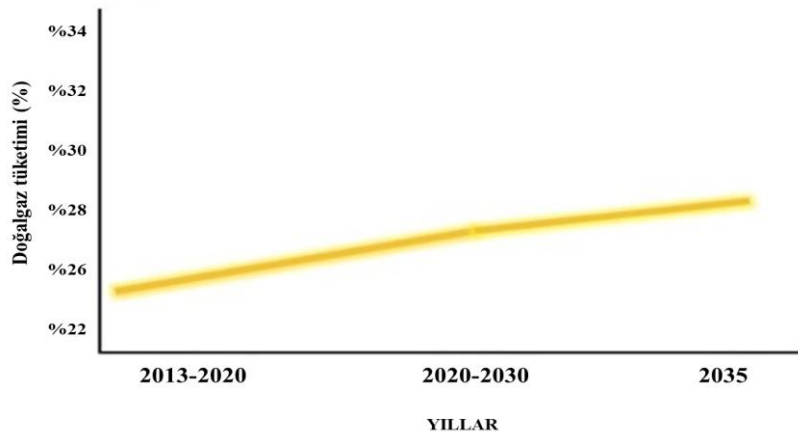
Ülkeler	Petrol Rezerv Miktarı (bin milyon ton)
Danimarka	0,1
İtalya	0,1
Norveç	1,1
Romanya	0,1
İngiltere	0,3
Diğer	0,2
<b>Toplam</b>	<b>1,9</b>

Avrupa ülkelerindeki toplam petrol rezerv miktarının 2019 yılı başında 1 milyon 900 bin ton seviyesinde olduğu, 2019 yılı içerisinde İskandinav ülkesi olan Norveç'in de petrol bakımından 1,1 bin milyon ton ile en zengin ülke olduğu görülmektedir (Çizelge 1.8).

### Doğalgaz

Doğalgaz, Dünya genelinde ve ülkemizde önem arz eden enerji kaynaklarından biridir. Havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yeryüzündeki bütün enerji kaynakları içerisinde yer alan fosil yakıtlar, (petrol, kömür, doğalgaz gibi) önemli bir paya sahiptir. Doğalgaz diğer fosil yakıtlara göre is, kül gibi yanma artıkları bırakmadığından ve kükürt bileşiği içermediği için daha temiz bir enerji kaynağıdır. Havadan daha hafif bir gaz olduğu için birikim yapmaz ve yükselerek havalandırmadan çıkar. Yakıt tankı için özel bir depolama ve stok maliyeti gerektirmez. Borularla taşınır ve her an kullanıma hazırdır. Tesis, konut vb. alanlarda kullanılan doğalgazın bakım maliyetinin düşük olması, yakma için ön hazırlık gerektirmemesi ve ek enerji gereksinimine ihtiyaç duyulmamasından dolayı en çok tercih edilen yakıt türüdür. Diğer yakıtlara göre yanma veriminin çok yüksek olmasının yanında kolayca kontrol edilebilmektedir.

Endüstri Devrimi sayesinde daha da hızlı gelişen bilim ile teknoloji, çağımızda enerjiye ve sanayiye olan ihtiyacı artırmıştır. Bu artış ile birlikte günümüzde doğalgaza olan rağbet dikkat çekici seviyelere ulaşmıştır [40]. 2014 yılında British Petrol (BP) yayınladığı raporda [41] doğalgazın 2030'lu yıllarda daha da yükselerek kullanım miktarlarındaki artışın en üst düzeylere çıkacağı belirtilmiştir. Ayrıca, Şekil 1.2'de doğalgazın 2013-2035 yılları arasında Dünya birincil enerji tüketim payının yükseleceği tahmin edilmektedir.



Şekil 1.2. Dünya birincil enerji tüketiminde doğalgazın payı [42]

Doğalgaz rezerv miktarı bakımından ilk sıralarda Norveç'in 56,8 trilyon fit küp ile en fazla rezerv miktarına sahip olduğu görülmektedir. Ülkelerin doğalgaz rezerv miktarları Norveç> Ukrayna> Hollanda> İngiltere> Diğer> Romanya> Polonya> İtalya> Danimarka> Almanya olarak sıralanmıştır (Çizelge 1.9).

Çizelge 1.9. Ülkelerde bulunan toplam doğalgaz rezerv miktarları [34]

Ülkeler	Doğalgaz Rezerv Miktarı (trilyon fit küp)
Danimarka	1
Almanya	0,9
İtalya	1,6
Hollanda	20,7
Norveç	56,8
Polonya	2,2
Romanya	3,6
Ukrayna	38,5
İngiltere	6,6
Diğer	5
<b>Toplam</b>	<b>137,1</b>

### 1.5.2. Yenilenebilir enerji

Yenilenebilir enerji, kendiliğinden artan doğal rezervleri ile çevreye sera gazı emisyonları bırakmayan ve aynı zamanda sürdürülebilir, temiz ve güvenilir enerji kaynaklarıdır [43]. Yenilenebilir enerjiyi diğer kaynaklardan ayıran en önemli özellik sürekli kendini yenileyebilir olmasıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları, geleneksel fosil yakıtların azaltılması ve enerji talebindeki sürekli artış ile daha da önemli hâle gelmektedir. Rüzgâr enerjisi, son yıllarda oldukça hızlı gelişen ve hızlı büyüyen en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu nedenle, sürekli artan tüketimi karşılamak, tüketici olan kişilere güvenilir ve kaliteli elektrik sağlamak için çözümler aranmaktadır [44]. Yenilenemeyen enerji kaynakları ise, doğada sınırlı ve geçici olan fosil kaynaklar olarak adlandırdığımız enerji kaynaklarıdır.

Sanayi Devrimi'nden itibaren kullanılan fosil yakıtların insan sağlığına ve çevreye verdikleri zararlar, yüksek maliyet, fiyatlarındaki artış ve tükenebilir olmasıyla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik araştırmalar ve talepler artış

göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında istenilen düzeye ulaşılması fosil yakıt kullanımının ve çevredeki zararlı maddelerin azalmasına katkı sağlayacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile fosil kaynak (kömür, petrol gibi) kullanımına olan bağıllık azalacak ve yerli kaynak kullanımı sonucunda ülke ekonomisine olumlu katkı sağlayacaktır [45]. Fosil yakıt kullanımına olan bağıllığımızı azaltmak için, ülkelerin enerji diplomasisinde başarılı olmaları ve ihracata olan bağımlılıklarını azaltmaları gerektiği öngörülmektedir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması, sanayiye, tüketici olan halka ve ulaşımaya yönelik birçok yasal önlemin uygulanması yoluyla yerel, ulusal kurum ve kişilerin aktif desteği ile tamamlanabilir [46,47].

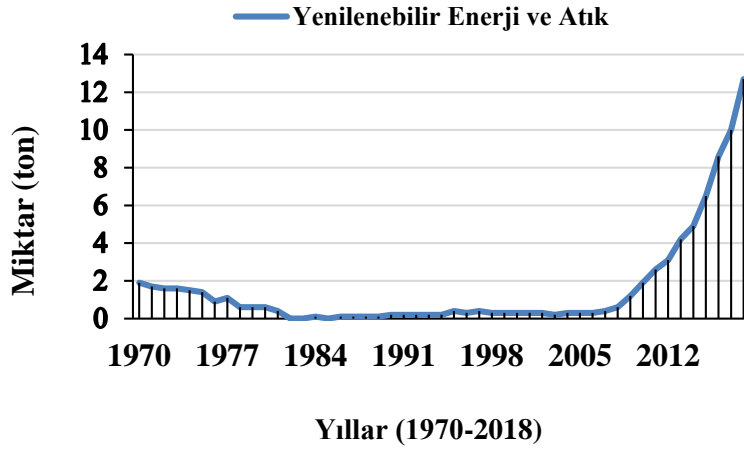
1980'li yıllardan beri fosil yakıt kullanımının yoğun bir şekilde kullanılması Dünya genelinde küresel ısınma ve iklim değişikliğinin giderek artmasına neden olmuştur [48, 49]. Bu artışlar sera etkisi sonucunda ısınmayı artıracak ve 2040 yılına kadar deniz seviyesindeki artışlar ile birlikte Dünya'nın en büyük ve en önemli birçok kentinin sular altında kalacağı öne sürülmektedir [50, 51].

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından büyük potansiyele sahip ender ülkelerden biridir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları üzerine odaklanamamasının nedenlerinden biri, yenilenemeyen enerjinin aktif olarak kullanılmasıdır. Yenilenemeyen enerji kullanımı sonucunda ortaya çıkan gazların iklim değişikliğine olan katkısı ve maliyetli oluşu gibi olumsuz etkileri tüm Dünyada görülmektedir. Bunun yanında fosil kaynaklardan petrolün 50 yıl, doğalgazın ise 200 yıl içinde tükenebilme ihtimali gibi bir durum söz konusudur. Bu sebeplerden dolayı insanoğlunun gelecek nesillere daha yaşanılabilir bir Dünya bırakması için; geleceği tehdit etmeyen, sürdürülebilir ve düşük maliyetli yenilenebilir enerji kaynak kullanımı teşviklerinin artırılması gerekmektedir.

Bu bağlamda, ülkelerin ulusal mevzuatı yenilenebilir enerji kaynaklarına ve teknolojilere dayalı enerji politikalarının geliştirilmesini teşvik etmektedir. Rüzgâr Enerjisi Santrali (RES) kullanımının artırılması Avrupa Birliği'nin (AB) enerji politikasının merkezinde yer almaktadır ve hem sera gazı emisyonlarının azaltılmasına hem de enerji arz güvenliğine ve yeni istihdam yaratılmasına katkıda bulunması beklenmektedir. Buna göre, 2014-2030 yılları arasında sera gazı emisyonlarını 1990 seviyesinin %40 altında tutmayı, yenilenebilir kaynaklardan gelen enerji payının ise en az %27 olması hedeflenmektedir. Ayrıca, rekabetçi ve güvenli bir enerji sistemi oluşturmak için bazı yeni göstergeler



hedeflemektedir [52]. Yenilenebilir enerji ve atık grafiği Şekil 1.3'te gösterilmiştir.



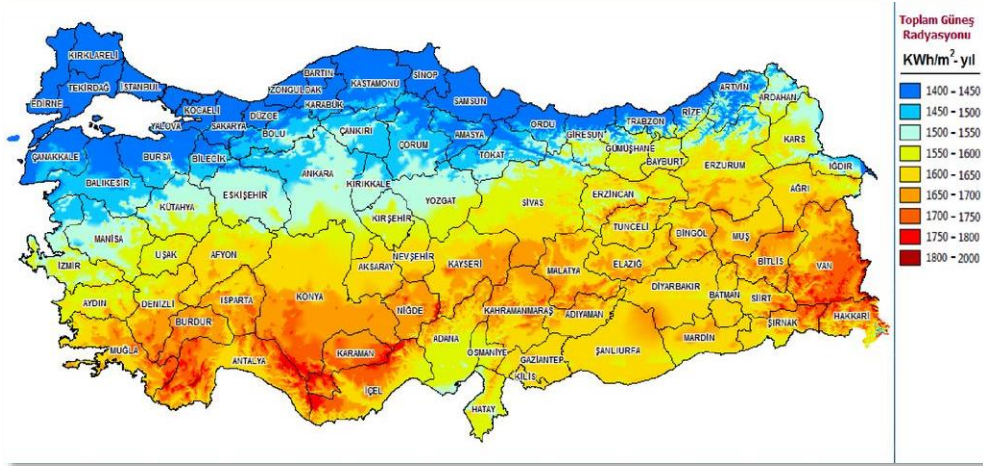
Şekil 1.3. Türkiye'de yenilenebilir enerji ve atık miktarları [53]

### Güneş enerjisi

Güneş enerjisi, çekirdekte yer alan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile (füzyon süreci) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Ülkemizdeki güneş enerjisi potansiyeli, coğrafi konumu ve iklim koşullarından dolayı diğer birçok ülkeye göre daha elverişlidir. Türkiye, yıllık güneşlenme süresinin fazla olması, coğrafi konumundan dolayı dört mevsimin yaşanması ve güneş potansiyelinin yüksek olması gibi avantajları olan bir ülkedir. Türkiye'de güneşlenme süresi en az Aralık, en fazla ise Temmuz ayındadır. Türkiye'de güneş enerjisi kullanım alanları, en fazla seraların ve binaların ısıtılması, park, bahçe ve otopark gibi alanların aydınlatılması, tarımsal ürünlerin kurutulması ve son zamanlarda ev ve iş yerlerindeki elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 1966-1982 yılları arasında yapılan ölçümlerden yararlanılarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin (EİE) çalışmasına göre;

- Ülkemizin ortalama yıllık güneşlenme süresi 2640 saat olarak hesaplanmıştır [54]. Ülkemizde güneş kaynaklı enerjinin kuzeyde 1400 kWh/m<sup>2</sup> ile başlayıp güneyde 2000 kWh/m<sup>2</sup> e kadar yükseldiği görülmektedir (Şekil 1.4).
- Ülkemizde en çok güneş ışınlarını alan bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi (1.491,2 kWh/m<sup>2</sup>) olup bu bölgeyi Akdeniz (1.452,7 kWh/m<sup>2</sup>), İç Anadolu (1.432,6 kWh/m<sup>2</sup>), Ege (1.406,6 kWh/m<sup>2</sup>), Doğu Anadolu (1.398,4 kWh/m<sup>2</sup>) ve Marmara (1.144,2 kWh/m<sup>2</sup>) bölgeleri izlemektedir (Şekil 1.4) [55].



Şekil 1.4. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası [56]

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin avantaj (Çizelge 1.10) ve dezavantajlarını (Çizelge 1.11) şu şekilde sıralamak mümkündür.

Çizelge 1.10. Güneş enerjisinin bazı avantajları [57, 58]

<b>Güneş Enerjisinin Avantajları</b>	Doğada sürekli var olan yenilenebilir enerji türüdür.
	Temiz ve çevrecidir.
	Ülkelere olan bağımlılığı ortadan kaldırır.
	İşlem ve bakım maliyeti diğer enerji kaynaklarına göre daha düşüktür
	Elektrik hattı olmayan bölgelerde kullanılabilir
	İletim hattı veya şebekeye ihtiyaç duymayıp enerji nakil sorunu oluşturmaz.

Çizelge 1.11. Güneş enerjisinin dezavantajları [59]

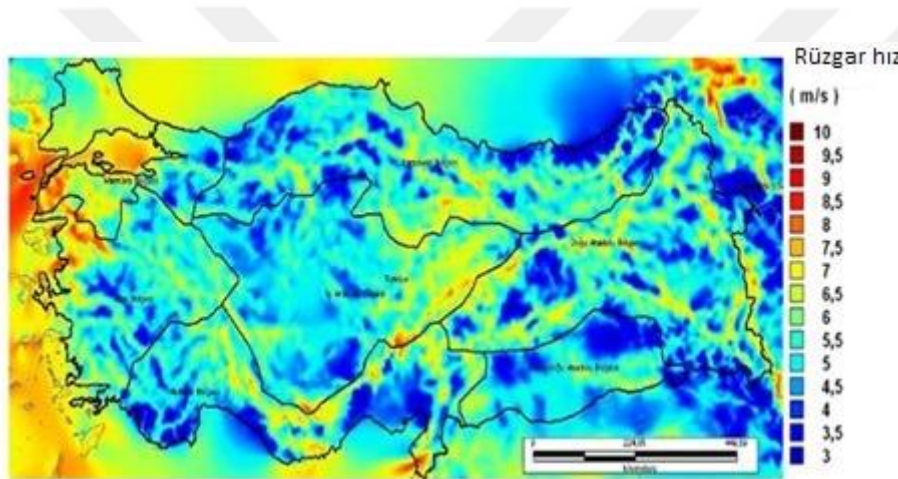
<b>Güneş Enerjisinin Dezavantajları</b>	Hava şartlarına bağlı olup kışın ve geceleri enerji üretimi çok fazla düşmektedir.
	Kurulacak tesislerin yatırım maliyeti oldukça yüksektir.
	Depolanması gerekebilir.
	Verimi düşüktür.

### Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi, çevreyi kirlenmemesi, kurulumunun daha az maliyetli olması ve elektrik enerjisine hızlı ve daha kolay dönüştürülmesi açısından tercih edilmektedir. Rüzgâr türbinleri yüksek rakımlı bölgelere kurularak daha fazla rüzgârı bu türbinler sayesinde

rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye, sonrasında elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Bu sayede yeşil enerji üretimine ciddi katkı sağlamaktadır [60].

Türkiye’de yenilenebilir enerjinin büyümesinde; Rüzgâr Enerjisi Santrali ve bölgesel kalkınmanın kullanımını artırmak için birçok stratejik belge ve eylem planı kabul edilmiştir. Bu eylem planlarından biri ise Stratejik Eylem Planı’dır. 2023 yılı için RES kurulu kapasitesinin %65’ine, rüzgâr türbininin ise %25’ine ulaşmayı hedeflemektedir [61]. Rüzgâr enerjisinin gelişmesi için uygun yerler Türkiye’nin yüksek rüzgâr potansiyeline sahip açık deniz bölgeleridir (Şekil 1.5). Bununla birlikte, kurulu kapasiteler nispeten küçüktür, ancak bu kapasitelerin önümüzdeki yıllarda artırılması beklenmektedir.

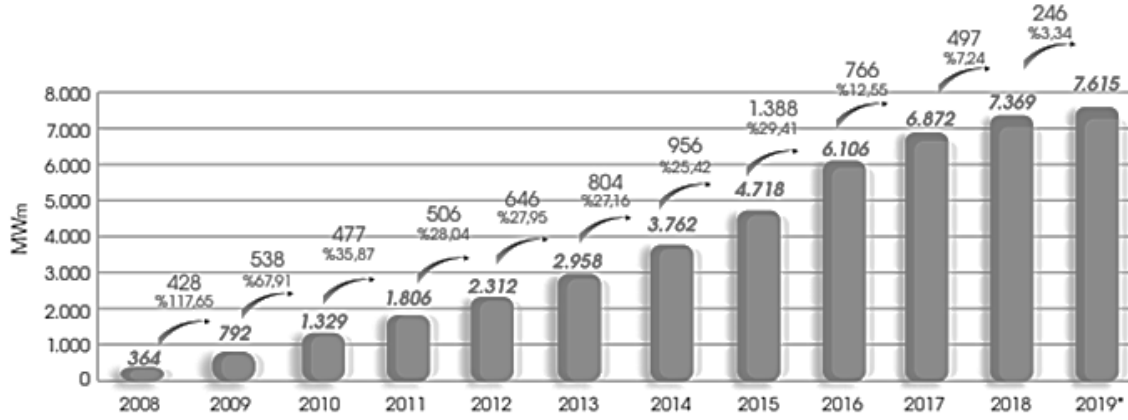


Şekil 1.5. Türkiye rüzgâr enerji atlası [62]

Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz bölgesinin yüksek rüzgâr enerji potansiyeline sahip olduğu Şekil 1.5’te gösterilmektedir. Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası’ nın (REPA) çalışmasına göre, Türkiye’de rüzgâr potansiyelinin 131756,40 MW olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 1.5) [62]. Rüzgâr enerjisi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine yönelik önlemler alınmakta ve tüm ülkelerde uygulanmaktadır. Türkiye'nin rüzgâr enerjisinde istenen başarıyı elde edebilmesi için, ulusal stratejik belgelerde belirlenen hedeflere ulaşması gerekmektedir. Bu şekilde temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı sağlanacak olup ayrıca enerji güvenliği artırılacak ve rüzgâr jeneratörlerinden elektrik üretimi için ülkenin elverişli konumu kullanılacaktır [6].

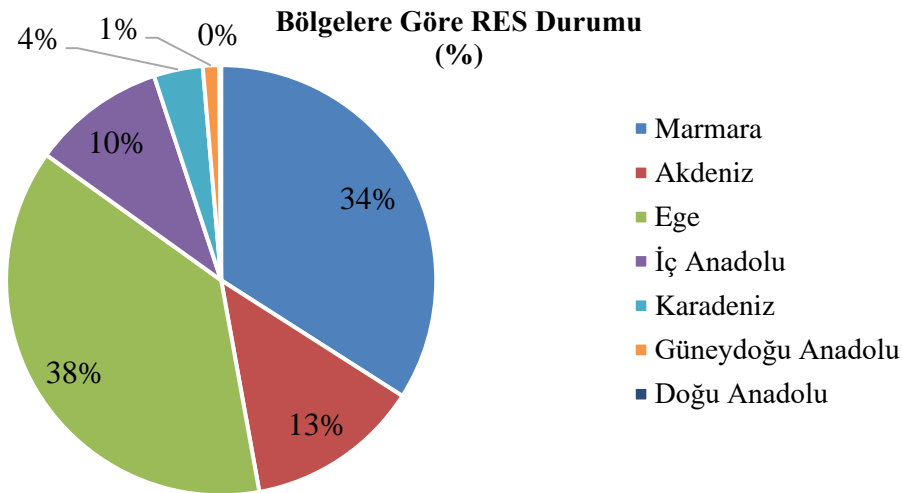
Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu’ndan alınan kümülatif kurulum grafiğine baktığımızda 2008 yılından 2019 yılına kadar artış yaşanmıştır. Bu değerlere bakacak

olursak 2008’de 364 MWm iken 2019 yılına gelindiğinde 7615 MWm’ye yükselmiş ve bizlere rüzgâr gücündeki artışı göstermiştir (Şekil 1.6) [63].



Şekil 1.6. Türkiye’deki rüzgâr enerjisi santralleri için kümülatif kurulum [63]

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynağı olan, rüzgâr potansiyeli bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu’ndan [63] alınan kümülatif kurulum grafiğine göre (Şekil 1.6), 2008 yılından 2019 yılına kadar 7251 MWm oranında artış olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin rüzgâr enerji santralleri için 2019 Temmuz ayındaki kümülatif kurulum gücü 7615 MWm olarak rapor edilmiştir. Ayrıca bu raporda, Rüzgâr enerji santrallerinden üretilen elektrik ile toplam elektrik ihtiyacının %7,40’ı karşıladığı da bildirilmiştir [63]. Türkiye Rüzgâr Enerji Santraline bölgesel bazda bakıldığında ise; Ege, Marmara, Akdeniz, İç Anadolu ve diğer bölgeler şeklinde sıralamak mümkündür (Şekil 1.7). Bununla birlikte, işletmedeki toplam RES sayısının 183, kurulu türbin sayısının 3155 ve inşa halindeki RES sayısının ise 17 olduğu bildirilmiştir [63].



Şekil 1.7. Bölgelere göre RES oranları (%)

Türkiye rüzgâr haritasına göre, Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz bölgeleri rüzgâr açısından yüksek potansiyele sahiptir (Şekil 1.8) [64]. Balıkesir, İzmir, Çanakkale, Manisa ve Hatay Türkiye'deki rüzgâr potansiyeli yüksek olan illerdir [65]. Hatay'ın yüzölçümü 5.559 km<sup>2</sup>, güney ve doğusunda Suriye yer almaktadır [66]. Türkiye'nin en güneyinde ve Akdeniz Bölgesi'nin doğusunda yer alan, Türkiye'nin Ortadoğu coğrafyasına açılan önemli kapısı konumundadır. Hatay ili toplam 3 414 000 MW kurulu güç kapasitesine sahiptir [66]. Hatay'da yer alan rüzgâr santrallerini Belen, Samandağ, Çerçikaya, Şenköy olarak sıralamak mümkündür. Toplam kurulu güç 364,5 MW'tır ve ildeki rüzgâr enerjisinin ülke ile karşılaştırıldığında nispi ağırlığı %5,62'dir [67].

Rüzgâr elektrik santrali kaynağının potansiyelinin enerji kullanımı teknik ve teknik olmayan koşullar ile sınırlıdır (finansal, yasal ve diğer koşullar). Rüzgâr enerjisi üretimi için, rüzgâr yönü ve yıllık ortalama hızı enerji potansiyelinin değerlendirildiği ölçütlerdir. Hatay ili için en uygun alanların Antakya, Samandağ ve Belen coğrafi konumları olduğu tespit edilmiştir. Bölge topraklarının büyük bir kısmı, yıllık ortalama 4 m/s'nin üzerinde bir hızda teknolojik olarak kullanılabilir rüzgâr potansiyeli alanına girmektedir [66]. Antakya ve İskenderun bölgeleri için ortalama rüzgâr hızı ve ortalama güç yoğunluğu ise sırasıyla Antakya için; 7,6 m/s, 580 W/m<sup>2</sup>, İskenderun için; 4,4 m/s, 650 W/m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Veriler, Antakya ve İskenderun bölgelerinin de rüzgâr enerjisi santrallerinin inşası için uygun olduğunu göstermektedir [68,69]. Antakya'nın rüzgâr hızı fazla olmasına rağmen İskenderun'daki ortalama güç daha fazladır. Bunun nedeni, İskenderun Körfezi'ndeki denizellik etkisi ve Yarıkkaya etkisi ile açıklanabilir.

Dünya'daki birçok meteoroloji istasyonu rüzgâr hızını ve yönünü ölçer ve 10 m yükseklikte yapılan ölçümler standart olarak kabul edilir. Rüzgâr hızı ve yönü bir anemometre ve rüzgârgülü ile ölçülebilir. Türkiye'de rüzgâr enerjisi santrali kurulabilmesi için yerden 50 m yükseklikte ve rüzgâr hızının 7,5 m/s olması gerekmektedir. Bu iki şartı sağlaması halinde metrekaşe başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabilir [70].



Şekil 1.8. Türkiye yıllık ortalama rüzgâr hızı ve hâkim yönü dağılımı [64]

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi, fosil enerji kaynaklarına göre birçok avantaja sahip olsa da bazı dezavantajları da bulunmaktadır (Çizelge 1.13). Dezavantajları olmasına rağmen doğada sürekli bulunması ve yeşil enerji kaynakları olması ile çevreye ve doğaya verilen zarar her zaman minimum düzeydedir (Çizelge 1.12).

Çizelge 1.12. Rüzgâr enerjisinin avantajları [71, 72]

<b>Rüzgâr Enerjisinin Avantajları</b>	Atık ürün bırakmaz.
	Kirleticiliğe ve sera gazı emisyonuna sahip değildir.
	Ülkelere olan bağımlılığı ortadan kaldırır.
	Yatırım maliyeti diğer enerji kaynaklarına göre daha düşüktür.
	İstihdam yaratır.
	Kurulumu basit ve bakımı kolaydır.

Çizelge 1.13. Rüzgâr enerjisinin dezavantajları [71, 72]

<b>Rüzgâr Enerjisinin Dezavantajları</b>	Türbinler büyük olduğu için geniş ve boş alan gereklidir.
	Türbinleri yüksek olduğundan kuşlar için tehdit oluşturmaktadır.
	Genelde verim düşüktür. Çalışmaları rüzgâr hızına bağlıdır.
	Yanma ve devrilme riski vardır. Gürültü kirliliği yaratır.

### Jeotermal enerji

Sıcak su kaynaklarına yakın, yerüstü ya da yer altında bulunan sıcaklığı 20 derece ve üzerinde olup sürekli artış gösteren, ayrıca suya göre fazlasıyla mineral ve bunun yanında

tuz bulunduran enerji türüne jeotermal enerji denir. Basınç altında kalan sıcak su sayesinde buhar vasıtasıyla devamlı olarak yeryüzüne taşınabilmektedir. Jeotermal enerjinin, sağlık, turizm, endüstri alanlarında (elektrik, kimyasal madde, ısıtma ve soğutma vb.) enerji kaynağı olarak kullanımı mümkündür [71].

Jeotermal enerji, ilk kez Milattan Önce (M.Ö.) Akdeniz bölgesinde çanak, çömlek, cam, tekstil, krem üretimi gibi alanlarda kullanılmıştır [73]. İtalya’da 1904 yılında German Contia tarafından ilk defa elektrik enerjisi üretilmiştir. Bu enerjinin kullanımının yaygınlaşması 20. yüzyılda başlamıştır. Jeotermal enerji, elektrik üretimi, ısıtma ve ısınma gibi birçok amaca hizmet etmekte olup fizik tedavide ve turizm bölgelerinde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sayede ülkenin turizm potansiyelindeki artışına katkı sağlamaktadır. Aydın ve Denizli illerindeki jeotermal enerji büyük bir potansiyele sahiptir. Bu bölgelerde jeotermal kaynaklar seracılık faaliyetlerinde ve turizm amaçlı çoğu zaman kullanılmaktadır [60].

Jeotermal enerjinin çeşitli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Jeotermal enerjinin avantajları ve dezavantajları Çizelge 1.14 ve 1.15’ te özetlenmiştir [5, 71].

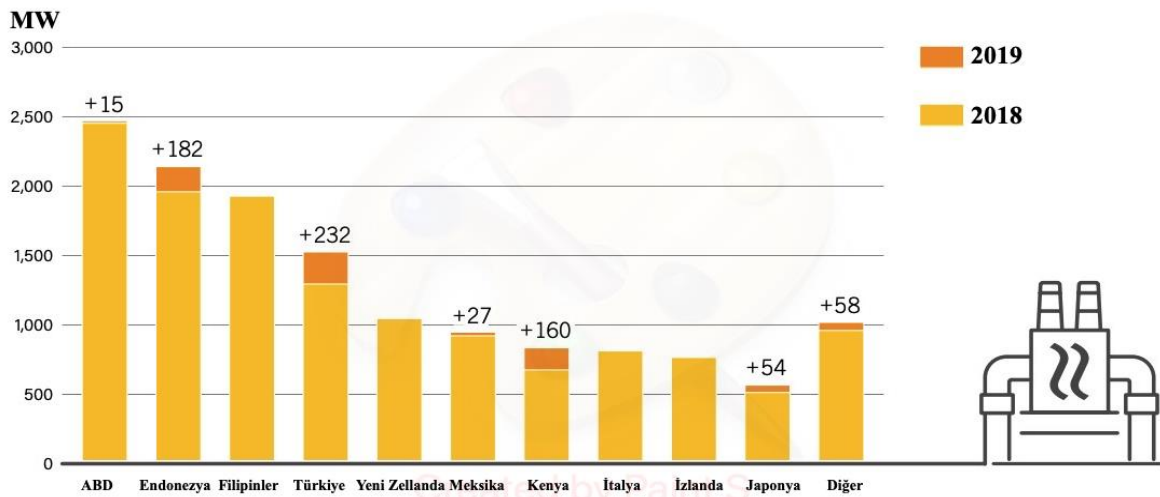
Çizelge 1.14. Jeotermal enerjinin avantajları

<b>Jeotermal Enerjinin Avantajları</b>	Faaliyete alınma süresi diğer santrallere göre daha kısadır.
	Enerji üretiminde süreklilik mümkündür.
	Diğer kaynaklara göre enerji maliyeti %50-80 daha ucuzdur.
	Çevreye olumsuz etkisi çok daha azdır.
	Dışa bağımlılığı en aza indirgeyebilir.
	Jeotermal kaynaklardan ısıtma daha kolay ve ucuzdur.
	Üretilen enerji iklim değişikliklerinden etkilenmez.
	Fosil yakıt içeren termik santrallere göre daha düşük fiyatlıdır.
	İstihdam yaratma potansiyeline sahiptir.

Çizelge 1.15. Jeotermal enerjinin dezavantajları

<b>Jeotermal Enerjinin Dezavantajları</b>	Jeotermal enerjinin kaynaklar kısmını tekrar kullanılması için gereken süre daha fazladır.
	Aşındırıcı ve kirlilik yaratıcı mineraller içermektedir.
	Re-enjeksiyon yöntemi gerekebilir.
	Ön araştırma ve hazırlık maliyetleri yüksektir.
	Enerji iletimi verimli olmayabilir.
	Santral yerleşim yerlerine yakın olmalıdır.

Dünya jeotermal enerji kurulu kapasitesi, 2018 yılından 2019 yılına ek olarak Endonezya (182 MW), Türkiye (232 MW), Kenya (160 MW), Meksika (27 MW), ABD (15 MW) ve Japonya (54 MW) en büyük katkıyı sağlayan lider ülkelerdir (Şekil 1.9) [74].



Şekil 1.9. Jeotermal enerji kapasitesi ve katkı sağlayan ülkeler

### Hidroelektrik enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan hidroelektrik (hidrolik) enerjisi, teknolojik gelişim açısından en ileri düzeyde olan ve akan suyun gücünü elektrik enerjisine dönüştüren enerji kaynağıdır. Türkiye’de yenilenebilir enerji üretimindeki en büyük pay, sudaki potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesini sağlayan hidroelektrik enerjisine aittir. Bu enerji ülkemizde kendini yenileyebilen enerji üretiminde en büyük paya sahiptir. Hidroelektrik enerjisi, uzun vadeli oluşu ve hemen her açıdan maliyetsiz oluşu ile istihdam sağlaması açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Dünya genelinde



elektrik enerjisinin yaklaşık %23'ü Hidroelektrik Santrallerinden (HES) karşılanmakta ve bu santraller için uygun coğrafi koşulların sağlanması gerekmektedir [75]. Hidrolik enerji çok fazla potansiyele sahip olmasına rağmen, yaşanan küresel ısınma ve kuraklıklar nedeniyle bu santrallerden beklenildiği kadar verim alınmamasına neden olmaktadır.

Hidroelektrik üretimi 2014-2015 yılları arasında 67,146 GWh (%65) artış gösterdiği rapor edilmiştir [76]. Şu anda Türkiye'de mevcut hidroelektrik santrali sayısı 620 olup enerji üretimi ise 26 694,92 MW değerindedir [77].

Hidroelektrik enerjisinin faaliyet alanları yeni olduğundan istihdam kapasitesine sahip bir enerji türüdür. Dışa bağımlılığı azaltmak ve tarımsal faaliyetlerde sulama sistemlerine katkı sağlaması ve verimini artırması gibi etkilere sahiptir. Hidroelektrik enerjisinin avantajları ve dezavantajları Çizelge 1.16 ve 1.17'de gösterilmiştir.

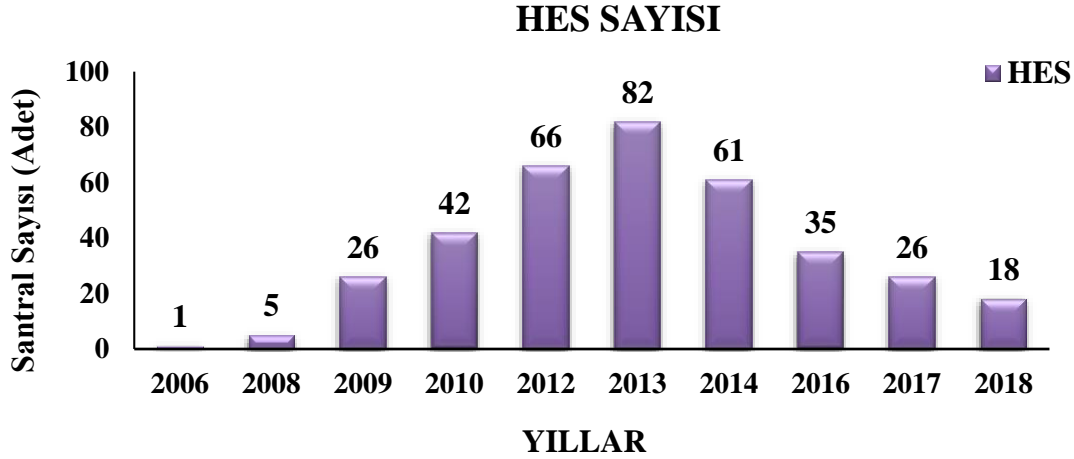
Çizelge 1.16. Hidroelektrik enerjisinin avantajları [71, 78]

<b>Hidroelektrik Enerjisinin Avantajları</b>	Yakıt gideri yoktur ve kayıpları çok azdır.
	Verimi sürekli ve birim enerji maliyeti düşüktür.
	Bakım giderleri azdır ve az sayıda eleman gerektirir.
	Enerji depolama ve iletim işlemleri kolaydır.
	Çevreye ve insan sağlığına zararı yoktur.
	Yapısı basit ve sağlamdır.
	Yüksek enerji sağlamanın yanı sıra tehlike anında devre dışı bırakılması kolaydır.

Çizelge 1.17. Hidroelektrik enerjisinin dezavantajları [57, 79]

<b>Hidroelektrik Enerjisinin Dezavantajları</b>	Kurulum süresi uzundur ve maliyetlidir.
	Doğal afet durumunda yerli halka sorunlar teşkil eder.
	Enerji artışı yağış miktarına bağlıdır.
	Barajların su tutması sonucu elektrik ihtiyacına göre salınan su sebebiyle tarımsal üretimde azalmalar yaşanmaktadır ve suyun tutulmasına bağlı olarak da iklim farklılıkları oluşmaktadır.
	Suda yaşayan canlıların geçiş ve göç hareketlerini etkilemekte ve su ekosistemini bozmaktadır.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizmasından (YEKDEM) yararlanan hidroelektrik enerji santral sayısı 2011 yılında 4 adet ve 2019 yılında ise 41 tanesi depolamalı HES olup toplamda 463'e ulaşmıştır (Şekil 1.10) [80].



Şekil 1.10. Yıllara göre kurulu HES sayısı

### Biyokütle enerjisi

Biyokütle, içeriğinde karbonun yanı sıra Hidrojen (H), Oksijen (O), Azot (N) ve ağır metaller içeren atomlardır. Bu aynı zamanda bir organik karbon olarak da adlandırılmaktadır. Temelde, karbonhidrat bileşikleri bulunduğu bitkisel veya hayvansal kökenli maddeler biyokütle enerji kaynağını oluşturmaktadır. Bu kaynaklardan elde edilen enerjiye ise biyokütle enerjisi denir. Biyokütle enerjisinin öncelikli kullanım alanları elektrik, ısı ve ulaşımdır. Bunlara ek olarak mobilya, kâğıt, yalıtım maddesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır [81]. Bu materyaller işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlarına dönüştürülebilir. Dönüşme neticesinde yan ürünler de (biyodizel, biyoetanol, gübre vb.) açığa çıkar. Yakıt olarak kullanılan atıklar, biyogaz oranı ve metan oranı Çizelge 1.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.18. Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimi ve metan oranı [82]

<b>KAYNAK</b>	<b>BİYOĞAZ VERİMİ (l/kg)</b>	<b>METAN ORANI (hacim %)</b>
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanatlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday Samanı	200-300	50-60
Çavdar Samanı	200-300	59
Arpa Samanı	290-310	59
Mısır Sapları ve Atıkları	380-460	59
Keten ve Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze Atıkları	330-360	Değişken
Ziraat Atıkları	310-430	60-70
Yer Fıstığı Kabuğu	365	-
Dökülmüş Ağaç Yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık Su Çamuru	310-800	65-80

Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası'ndan (BEPA) alınan verilere göre toplam biyokütle atık potansiyelinin ortalama 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olduğu rapor edilmiş olup 1,5-2 MTEP biyogaz üretileceği düşünülmektedir. Ülkemizin toplam biyokütle enerjisi potansiyeli 20 307,069 TEP/yıldır. 2018 yılında 3,216 GWh biyokütle kaynaklı elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir [83]. Biyokütle enerjisi klasik ve modern biyokütle enerji kaynağı olarak sınıflandırılmaktadır. Klasik biyokütle enerji kaynakları, hayvan ve bitki atıkları, odunlar; modern biyokütle enerji kaynakları ise kentsel, tarımsal temelli sanayi, ağaç-orman işletmeciliği atıkları, enerji temelli ormancılık ve tarımsal ürünler olarak sıralanmaktadır. Biyokütle enerjisinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (Çizelge 1.20). Biyokütle enerjisinin avantajları (Çizelge 1.19) [71]:

Çizelge 1.19. Biyokütle enerjisinin avantajları [71]

<b>Biyokütle Enerjisinin Avantajları</b>	Sosyo-ekonomik önemi büyüktür.
	Bitkiler her yerde yetişmektedir.
	Düşük ışık şiddeti yeterlidir.
	Her ölçekte enerji verimi için uygundur.
	Depolanması kolaydır.
	Biyokütle enerjisi üretimi için 5-350 °C arasında sıcaklık gerekir.
	Çevreye zararı yok denecek kadar azdır.
	İstihdam yaratır.

Çizelge 1.20. Biyokütle enerjisinin dezavantajları [71]

<b>Biyokütle Enerjisinin Dezavantajları</b>	Verim bakımından yetersizdir.
	Tarım alanlarına rekabet oluşturur.
	Fazla suya ihtiyaç duyar.
	Sadece geniş yerleşim bölgelerinde uygulanabilir.



Şekil 1.11. Biyokütle kaynaklı lisanslı elektrik üretim santralleri [83]

Türkiye biyokütle kaynaklı lisanslı elektrik üretim santralleri sayısı ve elektrik üretim miktarlarına bakıldığında, sarı renkli 12 ilde 0,64-2,04 MW, yeşil renkli 12 ilde 2,04-6 MW, mavi renkli 12 ilde 6-12 MW, turuncu renkli 11 ilde 12-28,80 MW, kırmızı renkli 11 ilde 28,80-106,69 MW aralığındadır (Şekil 1.11).

### Hidrojen enerjisi

Hidrojen, doğada renksiz, kokusuz, tatsız, yanıcı ve zehir etkisi bulunmayan saydam bir elementtir. Doğal ortamlarda yaygın olarak bulunan hidrojen gazı serbest olarak

bulunmadığından doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılamamaktadır [84].

Birincil enerji kaynaklarından hidrojen enerjisi doğada bileşikler halinde bulunmaktadır. İçerisinde bulunan bileşiklerden en çok bilineni sudur ( $H_2O$ ) ve hidrojen (H) enerjisi temiz bir enerji kaynağıdır. Dünyada kullanılan yakıtların başında hidrojen enerjisi büyük bir paya sahiptir. Hidrojen birincil enerji kaynaklarından üretilen bir yakıttır. Hidrojen doğada birleşikler şeklinde bulunmaktadır. Bu bileşiklerden en çok bilineni sudur. Bu sebeple hidrojen enerjisi üretilmesi ile çevreye salınan kirletici zararlı kimyasallar ve sera gazı emisyonu ortaya çıkmamaktadır.

Dünya genelinde hızla gelişim gösteren teknoloji ile yakıt pilleri enerji üretiminde hidrojen enerjisi olarak kullanılmaktadır. Diğer bir özelliği ise depolanabilir olmasıdır ancak depolanması ve taşınabilmesi için büyük tanklara ihtiyaç vardır [78]. Hidrojen enerjisinin avantajları (Çizelge 1.21) ve dezavantajları bulunmaktadır (Çizelge 1.22).

Çizelge 1.21. Hidrojen enerjisinin avantajları

<b>Hidrojen Enerjisinin Avantajları</b>	Bir yerden bir yere taşınması kolay ve güvenilirdir.
	Sızıntı anında patlama ve yangın riski yoktur.
	Sera gazı emisyonu sıfırdır, küresel ısınmayı azaltır.
	Petrol ve diğer yakıt türevlerine göre yaklaşık 1,5 kat daha verimlidir.
	Atık ürün oluşturmaz, su açığa çıkar.
	Temiz bir yakıttır. Depolanabilir bir enerji kaynağıdır.
	İstihdam yaratır. Yaklaşık %40 daha verimlidir.

Çizelge 1.22. Hidrojen enerjisinin dezavantajları

<b>Hidrojen Enerjisinin Dezavantajları</b>	Kaçak anında hızlı bir şekilde dağılır ve yükselir.
	Doğalgaz, petrol gibi yakıtlara nazaran daha pahalıdır.
	Kaçak durumunda fark edilmesi zordur.

### Dalga enerjisi

Dalga enerjisi, okyanus ve denizlerde rüzgârın esmesiyle oluşan hem potansiyel hem de kinetik enerjiye sahip bir enerji çeşididir. Aynı zamanda temiz enerji kaynağıdır. Dalga enerjisinin yoğunluğu rüzgâr enerjisinin yoğunluğundan 4-30 kat daha fazladır [85]. Deniz ve okyanuslarda esen rüzgâr, 40-50 m boyunda dalgalar oluşturmakta olup böylelikle

milyonlarca ton su sürekli hareket halinde farklı noktalara kadar ulaşmaktadır. Rüzgâr hızındaki artış doğrudan dalga hızını etkilemektedir. Deniz yüzeyinde oluşan etki deniz meltemlerine, fırtına ve kasırgalara neden olmaktadır. Dolayısıyla dalgaların yüksekliği ile açığa çıkan enerji doğru orantılıdır [86]. Deniz yüzeyinde oluşan dalgaların gücü, yükseklik, hareket, boy ve su yoğunluğuna bağlıdır. Yüksekliği ise rüzgâr hızı, esme zamanı, suya olan mesafesi ve derinliğe bağlıdır. Bu yüzden genel olarak büyük dalgalar fazla enerji açığa çıkarır. Dalga enerjisinin avantajları (Çizelge 1.23) ve dezavantajları bulunmaktadır (Çizelge 1.24).

*Dalga enerjisinin avantajları ve dezavantajları [87]*

Çizelge 1.23. Dalga enerjisinin avantajları

<b>Dalga Enerjisinin Avantajları</b>	Sürekli üretim potansiyeline sahiptir.
	Çevreye olumsuz etkisi yoktur.
	Şebekenin olmadığı bölgelere elektrik iletimi sağlar.
	Deniz ekolojisini korur.

Çizelge 1.24. Dalga enerjisinin dezavantajları

<b>Dalga Enerjisinin Dezavantajları</b>	Her dalga boyuna uygun tasarım gerektirmektedir.
	Türbin gürültüsü vardır.
	Deniz trafiği dikkatli düzenlenmelidir.
	Yapımı ve bakımı maliyetlidir.

## 1.6. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Genelde anlam karmaşası yaratan küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramları aslında farklı anlamlar içermektedirler. İklim değişikliği uzun yıllar boyunca, sıcaklık, yağış, nem, deniz seviyesi, buzul miktarı gibi faktörlerin belli bir seyirde giden değişimleri olarak tanımlanmaktadır [88]. İnsani faaliyetlerden hem de doğal nedenlerden kaynaklanan iklim değişikliği Dünya üzerindeki yaşamı da etkilemektedir. İnsan faaliyetlerine örnek olarak atmosfere bırakılan sera gazları ve artan şehirleşme; doğal nedenlere örnek olarak ise kıta kaymaları (ekvator ile kutupların kısmen yer değiştirmesi) gösterilebilmektedir. İklim değişikliğinin bir parçası olarak bilinen küresel ısınma ise, Sanayi Devrimi'nden bu yana insan faaliyetleri ile birlikte ortaya çıkan ve sera etkisine neden olan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N, CFC, H<sub>2</sub>O gibi gazların atmosferde birikmesi sonucu yerin yüzey sıcaklığındaki sistematik artışı

olarak tanımlanmaktadır [89]. Bu sıcaklıktaki artışlar, uzun yıllardan (yaklaşık 10 bin yıl) bu yana hızlı bir şekilde meydana gelmektedir. Bu artışlar da iklim sisteminin değişmesine neden olmaktadır. Başka bir deyişle küresel ısınma, tüm Dünyada olağanüstü felaketlere (seller, fırtınalar vb.) yol açabilecek bir iklim değişikliği türüdür.

### 1.6.1. Küresel ısınma

1980'lerden sonraki yıllara bakıldığında hemen hemen her yılın bir önceki yıla göre daha sıcak geçtiği görülmektedir. Bu dönemde pek çok sıcaklık rekoru kırılmıştır ve küresel ortalama yüzey sıcaklığı da 20. yy'ın başından bugüne yaklaşık olarak 0,7 °C artmıştır [89]. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) son olarak 2019 İklim Durumu Raporunu yayınlamıştır. Buna göre 2015-2019 yılları, en sıcak son beş yıl olarak kayıtlara geçmiştir. Yapılan araştırmalar ise sıcaklığın artma eğiliminin devam edeceğini göstermektedir. Eldeki bulgulara göre 2100 yılına kadar 1990 yılına kıyasla 3 °C'lik artış öngörülmektedir. Artışın alt ve üst sınırlarına bakıldığında en az 1 °C en çok ise 3,5 °C olacağı hesap edilmektedir [90].

Dünya genelinde iklim değişikliği, 1750'lü yıllardan bu yana farklı sıcaklık artışları gibi etkileri ile küresel ısınmaya kanıt olacak etkiler göstermiştir [91]. Bu etkiler ise;

- 1974 yılında Hindistan, Sahra ve Avustralya'da sırasıyla muson yağmurları, kuraklık ve kasırgaların yaşanması,
- 1975'de Brezilya'daki don olayları sonucu kahve mahsulünün yok olması,
- 1976'da Avrupa kıtasında yaşanan kuraklık,
- 1977'de ABD'de yaşanan şiddetli kış ve ürün kayıpları,
- 1977'de Hindistan'daki Andra Pradesh kasırgası,
- 1978'de Hindistan'daki sel olayı,
- 1998'de Orta Amerika'da fırtınalar ve sellerin yaşanması ve Endonezya'da tropikal orman yangınları,
- Türkiye'de dâhil birçok ülkede Temmuz-Ekim 2002 arasında yaşanan sürekli yağışlar,
- 2003 yılında yaşanan aşırı sıcaklar sonucunda Fransa'da kitlesel ölümler,
- Ocak 2004'te İstanbul ilinde aşırı kar yağışı ve don olayları,
- 2005 yılında Amerika, Japonya ve Çin'de tayfun ve sel felaketleri; Uzak Doğu'da tsunami,
- İklim kuşaklarının kutuplara doğru kayması,
- Kuşların göç zamanlarında yaşanan değişimler,
- 2006 yaz aylarında aşırı sıcaklar,

- 2007 yılına ait kış aylarında hava sıcaklıklarının daha önceki yıllara göre daha fazla olması, okyanus ya da sıcak deniz sularında yaşayan denizel canlıların kuzey enlemlere doğru yani Kızıldeniz'den Akdeniz Bölgesine yayılması, yağış miktarlarının azalması ya da normalin üzerinde seyretmesi, sellerin oluşması,
- Yüksek enlemlerde sıcaklık artışı,
- Buzulların erimesi (İzlanda'da bulunan Vatna dev buzulunun büyük bir hızla erimeye başlaması ve erime bu hızla devam ederse yaklaşık 100 yıl sonra İzlanda'nın sular altında kalacağı öngörüsü),
- Antarktika kıtasında sıcaklığın 2,5 °C artması,
- Deniz suyu sıcaklıklarının 0,1-1 °C arasında artış göstermesi,
- Günümüze kadar yapılan ölçümlere göre atmosfer sıcaklığının sürekli yükselmesi,
- Nehir, göl gibi sulak alanlarda su seviyelerinde düşüşlerin yaşanması, buna bağlı kuraklık görülmesi ve çölleşmenin artması,

Küresel ısınma kaynaklı bu olaylar ile mücadelede en büyük payı sera gazları oluşturmaktadır. CO<sub>2</sub> ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik faaliyetlerin hız kazanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve sürdürülebilir gelecek oldukça önemlidir.

### Sera etkisi

Atmosferde birçok gaz içeren ve atmosfer hacminin %99'unu oluşturan gazlar azot (%78) ve oksijendir (%21). Geriye kalan yaklaşık %1'lik bölümünü, argon gazı ve çok küçük miktarlardaki bazı eser gazlar oluşturmaktadır. Atmosferde %0,0377'lik oranla dördüncü sırada yer alan bir diğer önemli sera gazı ise karbondioksit (CO<sub>2</sub>)'tir. Sera etkisine en büyük katkıyı sağlayan H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC ve Ozon (O<sub>3</sub>) gazlarıdır (Şekil 1.12) [89].



Şekil 1.12. Sera etkisinin şematik gösterimi [92]

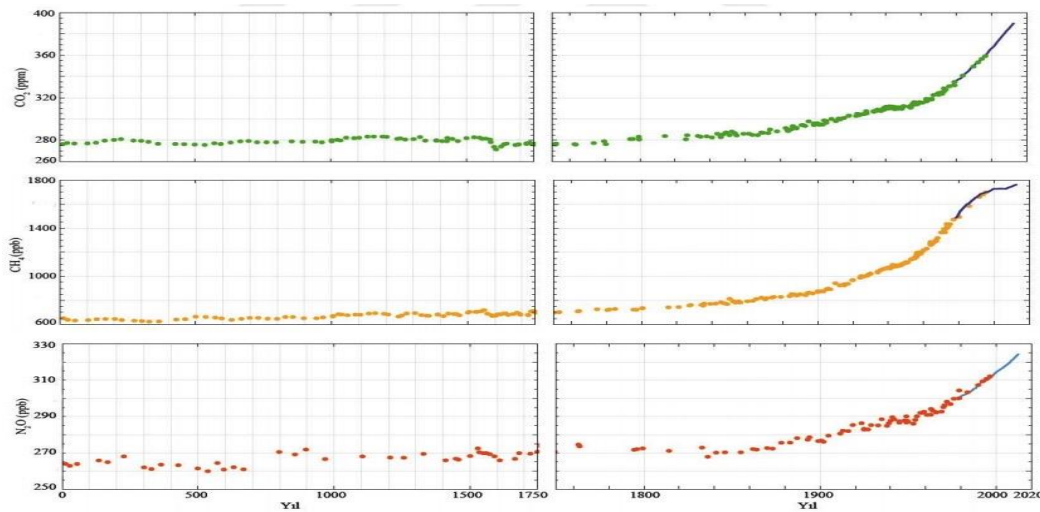
Sera etkisi, Dünya'nın iklim sistemi için en önemli doğal etkidir. Dünya, üzerine düşen



güneş ışınlarından çok, Dünyadan yansıyan güneş ışınlarıyla ısınır. Bu yansıyan ışınlar başta karbondioksit, metan ve su buharı olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulur, böylece dünya ısınır. Işınların bu gazlar tarafından tutulmasına sera etkisi denir. Atmosferde bu gazların miktarının artması Yerküre’de ısınmayı büyük oranda artırır. Dünya için seralar, atmosfer işlevi görmektedir. Atmosferi oluşturan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub> gibi gazlar sera sistemindeki gibi göreve sahiptir. Atmosferden yansıyan güneş ışınları yeryüzünü ısıtırken gece yeryüzü soğur ve gün içinde kazandığı ısıyı yeniden havaya bırakır ve bir kısmının da atmosferdeki sera gazları tarafından tutulması ile Dünya sıcaklığının sabit değerde kalmasını sağlar.

### Sera etkisine katkı sağlayan gazlar

Sera gazları, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>O gazlarından meydana gelmektedir [93]. Bu gazların olmaması durumunda ise Dünya buzla kaplı bir çöl haline gelirdi. Sera gazının eksikliği Dünya’nın çok soğuk olmasına, tersi durumunda ise çok sıcak olmasına neden olmaktadır. Bu yüzden sera gazları Dünya’nın ısısını dengeleyerek yaşanılabilir bir Dünya haline getirmektedir. Fosil yakıtların tüketimi karbondioksit emisyonunun artış göstermesine neden olmaktadır. Bu kadar fazla karbondioksitin atmosfere karışması da Dünya sıcaklığının artmasına sebep olmakta ve bu sıcaklık artışı günden güne devam etmektedir. Sera gazlarının atmosferdeki yoğunlukları ve atmosferde bulunma sürelerine göre küresel ısınmaya sağladıkları katkı farklı olmaktadır. Yıllar itibariyle sera gazı (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) emisyonları Şekil 1.13’te gösterilmiştir.



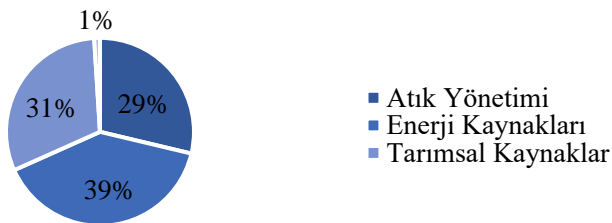
Şekil 1.13. Yıllar itibariyle sera gazı (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) emisyonları [94]

### Su buharı (H<sub>2</sub>O)

Küresel ısınmada su buharı, sera etkisine katkı sağlamasının yanında CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub>'e göre ısıyı daha çok tuttuğundan ilk sırada yer almaktadır. İnsan faaliyetleri su buharının atmosferdeki yoğunluğunu dolaylı olarak etkilemekte, sera etkisini artırarak yüzey ve deniz suyu sıcaklığının artışına neden olmaktadır. Sıcaklığın artması daha fazla buharlaşmaya, bu buharlaşma su buharı miktarının artmasına ve bu da küresel ısınmanın daha çok artmasına neden olmaktadır. Bulutların oluşumuna neden olan su buharı iki yönlü bir etkiye sahiptir. Bu etkilerin ilki, atmosferi ısıtmak; ikincisi ise oluşturduğu bulutlar ile güneş ışınlarını engelleyerek Dünyayı soğutmaktır. Karmaşık bir yapıya sahip olan su buharının etkisinin ısıtma mı yoksa soğutma mı olduğu bilinmemektedir [95].

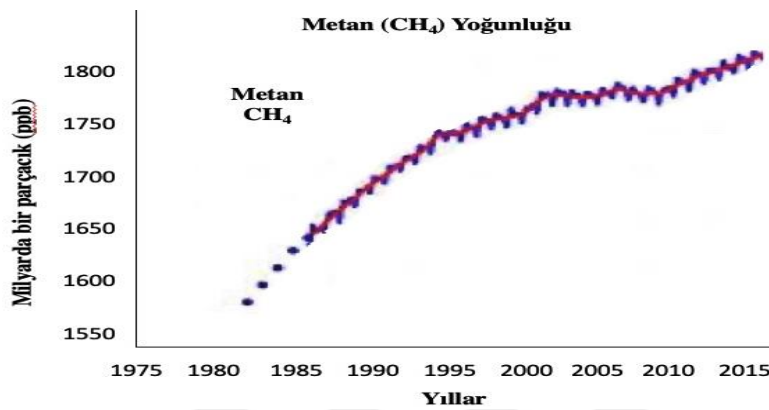
### Metan (CH<sub>4</sub>)

Metan, atmosferde sera etkisi yaratan diğer önemli gazlardan biridir. Yaklaşık olarak %0,00017 ile atmosferde yer almakta ve küresel ısınmaya yaklaşık %13 katkı sağlamaktadır. Yapılan bir araştırmada ise CH<sub>4</sub> gazının CO<sub>2</sub>'e göre hızlı olduğu ve sera etkisinin de CO<sub>2</sub> gaz emisyonunun sera etkisinden yaklaşık 63 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir [96]. Ayrıca CH<sub>4</sub> günlük hayatta kullanılan doğal gazın ana bileşenidir. Diğer gazlar ile tepkimeye girebilir, zamanla bozulabilir, suda çok az çözünebilir ve canlılarla etkileşim halinde değildir [97]. CH<sub>4</sub>, bataklık, küçük ve büyükbaş hayvancılık, tarım (pirinç), atık ve artıkların gömülmemesi gibi insan kaynaklı faaliyetler ve fosil yakıt kullanımı bu gazın daha fazla emisyonuna neden olmaktadır (Şekil 1.14) [98]. CH<sub>4</sub> gazının yıllık üretiminin %40'ı doğal kaynaklardan, %60'ı ise insan faaliyetleri sonucu açığa çıkmaktadır [99].



Şekil 1.14. Metan emisyonu kaynakları [100]

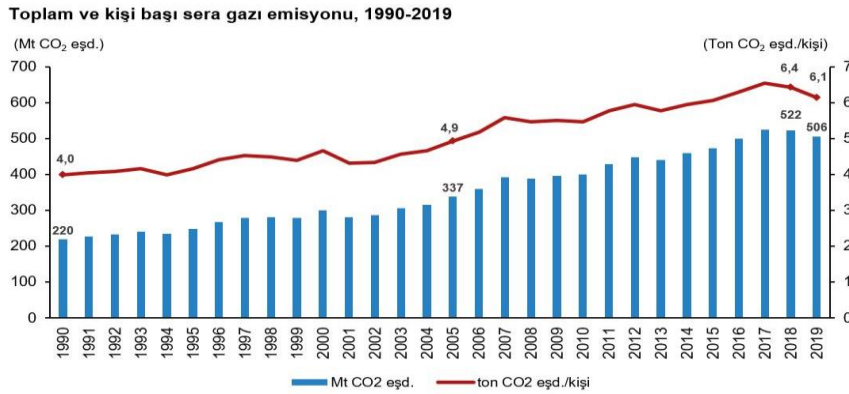
Metan konsantrasyonları son 200 yıldır sürekli artmaktadır. 1983-2006 dönemindeki düşüşe rağmen 2007 yılında tekrar artmıştır. 2015 yılına gelindiğinde 1800 milyarda bir parçacık (ppb) seviyelerine kadar yükselmiştir. Bu zaman zarfında, atmosferik metan yoğunluğu iki kattan fazla artmıştır. CO<sub>2</sub>'te olduğu gibi, insan aktivitesi CH<sub>4</sub> konsantrasyonunu doğal yutakların dengeleyebileceğinden daha hızlı artırmaktadır. İnsan popülasyonları büyüdükçe, hayvancılıkta, pirinç yetiştiriciliğinde ve enerji kullanımında olası değişikliklerin CH<sub>4</sub> emisyonlarını nasıl etkileyeceğini tahmin etmek zordur (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. Metan emisyonu yoğunluğu [100]

### Karbondiyoksit (CO<sub>2</sub>)

Karbondiyoksit (CO<sub>2</sub>) fosil kaynaklı yakıtların doğrudan yakılması ile ve bu yakıt kullanımından kaynaklı elektrik üretiminde dolaylı olarak atmosfere salınan ve ayrıca kokusuz, renksiz ve duyuyla algılanamayan bir gazdır. CO<sub>2</sub>, güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşması sırasında bu ışınlarla karşı geçirendir [101]. CO<sub>2</sub> atmosferde uzun yıllar boyunca kalabilmekte ve bu kalma süresi dikkate alındığında, her yıl salınan bu miktarın birikerek çevre ve iklim üzerinde önemsenmesi gereken bir etki göstereceği öngörülmektedir. Toplam ve kişi başına düşen sera gazı emisyonu 1990-2019 yıllarını kapsayarak CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak Şekil 1.16'da gösterilmiştir.



Şekil 1.16. Toplam ve kişi başı CO<sub>2</sub> eşdeğeri [102]

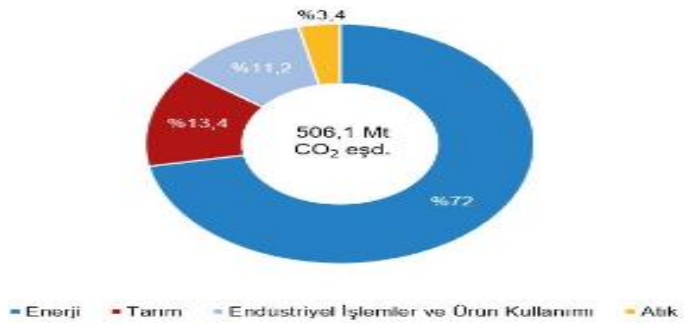
Sera gazı emisyon sonuçları, 2019 yılı toplam sera gazı emisyonunun 2018 yılına göre %0,3 azalarak 506,1 milyon ton (Mt) CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplandığı bildirilmiştir. 2019 yılı emisyonlarında CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak en fazla %72 ile enerji kaynaklı emisyonlar, %11,2 ile sanayi kaynaklı işlemler ve ürün kullanımı, %13,4 ile tarım kaynaklı faaliyetler ve %3,4 ile atık yer almaktadır. Kişi başı toplam sera gazı emisyonunun 1990'da 4 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri, 2017'de 6,5 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri, 2018 yılında 6,4 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri ve 2019 yılında ise 6,1 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplandığı görülmektedir (Şekil 1.16) [102].

CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki en büyük payı enerji kaynaklı emisyonlar oluşturmuştur. Toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının 2019 yılında %87,4'ü enerji sektöründen, %12,3'ü endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,3'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmıştır [102].

Çizelge 1.25. CO<sub>2</sub> sera gazı emisyonları (1990-2019) [102]

Milyon ton CO <sub>2</sub> eşd.										
	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	1990-2019 (%)	2018-2019 (%)
<b>Toplam Emisyon</b>	220	299	399	473	499	525	523	506	131	-3
<b>CO<sub>2</sub></b>	152	230	314	381	401	425	419	399	164	-5

Sektörlere göre emisyon miktarında enerji sektörü ilk sırada yer almıştır. Enerji sektörü emisyonları 2019 yılında, 1990 yılına göre %161 artarken bir önceki yıla göre %2,3 azalarak 364,4 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri olduğu bildirilmiştir. Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonları 1990 yılına göre %147,1 artarak ve bir önceki yıla göre ise %14,3 azalarak 56,4 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1.25) [102].



Şekil 1.17. Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları (1990-2019) [53]

Tarım sektörü emisyonları 2019 yılında, 1990 yılına göre %47,7 ve bir önceki yıla göre %4,1 artarak 68 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri, atık emisyonları ise 1990 yılına göre %55,7 artarak, bir önceki yıla göre %5 azalarak 17,2 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplandığı bildirilmiştir (Şekil 1.17).

#### Nitröz oksit (N<sub>2</sub>O)

Nitröz oksit (N<sub>2</sub>O), atmosferde bulunma süresi yaklaşık 150 yıl olan ve yaygın olarak kullanılan tehlikeli sera gazlarından biridir. Bu sera gazı egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik madde kaynaklıdır. N<sub>2</sub>O gazının bir kısmı, tarımsal faaliyetlerde (gübre kullanımı veya topraklarının işlenmesi gibi), kimya endüstrisi ve ormansızlaştırma etkinlikleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu gazın atmosferdeki yoğunluğu yaklaşık olarak %0,25 oranında artış göstermektedir. N<sub>2</sub>O gazının artış göstermesine en büyük katkısı, insan faaliyetleri sonucunda katı yakıt ve azotlu gübre kullanımı sağlamaktadır [103, 104].

#### Ozon (O<sub>3</sub>)

Ozon gazı (O<sub>3</sub>), yerküreye yakın atmosfer tabakasında bulunmakta ve ultraviyole ışınlarını emme özelliğine sahip bir sera gazıdır. Ozon tabakasının incelmeye başlaması, küresel ısınmaya dolaylı olarak artırmaktadır. Bu gazın küresel ısınmaya olan etkisi yaklaşık %7'dir. Atmosferdeki ozon gazı miktarı, fosil yakıt kullanan araç ve tesis egzozlarında, biyokütle yakımı sonrası oluşan azot oksitleri, karbon monoksit ve etilen gibi bileşiklerin güneş ışığı etkisi sonucu açığa çıkan ozon gazı ile artmaktadır.

### Kloroflorokarbon (CFC)

Küresel ısınma gazlarından CFC'ler doğada bulunmamaktadır. Ancak, 24 derece ve altında hemen buharlaşan, yanıcı ve toksik olmadıklarından dolayı buzdolaplarında, yalıtım ve sprey kutu üretimi gibi uygulamalar ile insanlar tarafından üretilerek CFC gazı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, kloroflorokarbonlar diğer gazlarla tepkimeye girmediklerinden dolayı atmosferde çok uzun süre kalma potansiyeline sahiptir. Yoğunlukları düşük olmasına rağmen sera etkisinin yaklaşık %15'ini oluşturduğu bildirilmiştir [105].

### **1.6.2. İklim değişikliği**

İklim ve hava durumu birbirinden tamamen ayrı anlam taşımakta olup iklim geniş alanları ve zamanları kapsarken, hava durumu ise kısa süreli ve küçük ölçekli alanları tanımlamaktadır. Dolayısıyla iklim uzun yıllar boyunca değişmeyen atmosfer koşullarını ifade eder.

İklim değişikliği, hava olayları ayrı tutulmak koşuluyla, tüm zaman ve alan ölçeklerinde iklimin ortalama durumundaki ve standart sapmalar ile uç olayların oluşumu gibi değişimler olarak tanımlanmıştır [106]. İklim değişikliğinin temel nedeni, yeryüzünde bulunan ışıyım dengesinin bozulması olarak bilinmektedir. Güneş ışınlarının Dünya yüzeyindeki ve atmosferindeki yansımaları, güneş etrafındaki yörüngesi, atmosferdeki gazlar ve oranları, atmosferin albedo (güneşten gelen ışınları tutma ve yükseklerle yansıtma) özellikleri, yanardağ külleri, bulut örtüsü gibi etkenler iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu etkenler sonucunda sera gazları ve etkisi artış göstermektedir [103]. İklim değişikliği bu etkenler ile ortaya çıkabileceği gibi insan kaynaklı nedenlerle de ortaya çıkabilmektedir [107].

İnsan faaliyetinin iklim değişikliğine en büyük katkısı fosil yakıt kullanımından kaynaklanmaktadır. Ayrıca 1750'li yıllarda Sanayi Devrimi ile birlikte kitlesel üretime geçilmesi ve ardından ekonomik kalkınma süreci ile birlikte insanoğlunun enerji ihtiyacı artmıştır. Artan bu enerji fosil yakıt kullanımı ile karşılanmaktadır. 2015 yılından bu yana enerji ihtiyacının büyük bir kısmının (%80) fosil yakıtlardan karşılandığı bildirilmiştir [108]. İnsanlar ihtiyaçlarını karşılamak adına ormanlık alanların tahribi, endüstriyel üretim, elektrik üretimi, ulaşım ve barınma gibi birçok sektörde yaptıkları bu yoğun faaliyetler ile

sera gazı miktarlarının artmasına ve bu da iklim değişikliğine neden olmaktadır (Çizelge 1.26) [109].

Çizelge 1.26. Atmosferdeki sera gazı birikimini artıran insan etkileri [106]

Yöntem	Yapılan Çalışmalar
Doğal Sera Gazlarının Emisyonlarında Artış	Fosil yakıt kullanımı sonucunda ortaya çıkan sera gazı emisyonları.
Endüstriyel Sera Gazlarının Emisyonlarında Artış	Endüstriyel üretim ve tüketim sonucu açığa çıkan sera gazı emisyonları.
Sera Gazı Yutaklarının Yok Edilmesi	Ormanlık alanların yok edilmesi.

### Küresel iklim değişikliğinin nedenleri

Sanayi Devrimi sonrasında ortaya çıkan iklim değişikliğinin nedeni fosil yakıt kullanımı olarak bilinse de çoğu bilim adamına göre insan kaynaklıdır. İnsanoğlunun ekonomik faaliyetleri sonucunda kullandığı doğal kaynaklar çevre kirliliğine (hava, su, vb.) neden olabilmektedir. Bu iklim değişikliğinde çevresel kirlilik ve küresel ısınma etkili olmaktadır. Küresel iklim değişikliğine neden olan faktörleri çevresel kirlilik, nüfus baskısı, hava kirliliği, ormanlık alanlarının tahribi, enerji tüketimi olarak sıralamak mümkündür.

### Çevresel kirlilik

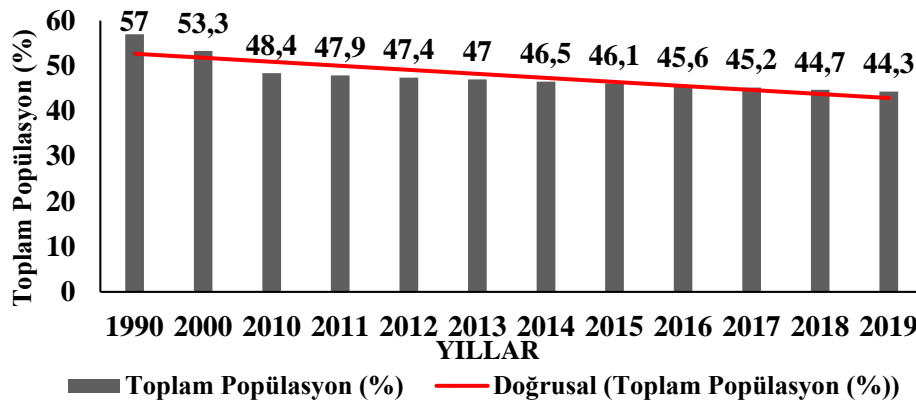
Çevresel kirliliğin en temel sorunlarının başında yerel ve bölgesel kirlilik olduğunu söylemek mümkündür. Bu iki kavrama bakılmaksızın yerel bölgesel kirliliği, bölgesel ise yerel kirliliği az ya da çok etkilemektedir. Kısacası yeryüzünde gerçekleşen tüm olaylar birbirleri ile etkileşim halindedir. Doğada bulunan CO<sub>2</sub> gazı sera etkisinin artırılmasında önemli olup Sanayi Devrimi'nden 2005'li yıllara kadar 90 milyonda bir birimlik (ppm) artışa sadece 255 yılda ulaşmıştır. Bu da karbondioksit miktarının %32 oransal artışı anlamıyla eşdeğerdir [110].

### Nüfus baskısı

Sürdürülebilirlik ve neslin devamlılığı nüfus artışını beraberinde getirmiştir. Bu nüfus artışının yanında gelişen teknoloji ve insanoğlunun temel ihtiyaçlarının da artması ile çevresel kirlilik sürekli olarak artış göstermiş ve bu kirlilik artışları küresel anlamda iklim değişikliğine katkı sağlamıştır. Ayrıca insanoğlu zorunlu ihtiyaçlarını karşılamının yanında doğaya da müdahale ederek tahribatı küresel boyutlara ulaştırmıştır.

WPB (World Population Balance) güncel verilerine göre Dünya nüfusunun 8 milyar civarında olduğu ve dakikada 140 kişi eklendiği, ayrıca bu nüfusun yeryüzündeki temel ihtiyaçlarını karşılayacak kadar kaynağa sahip olduğu bildirilmiştir [111]. Her ne kadar nüfus sayısında artış olsa da önemli olan bir diğer kısım ise nüfusun dağılımıdır. Bu dağılımın çevre kirliliğine olan etkileri iklim değişikliği açısından oldukça önemlidir. Yakın geçmişte nüfus dağılımının kırsal alanlardan kentsel alanlara doğru hareketi, çevre sorununa ve bu da çevresel kirlilik artışına sebep olmuştur (Çizelge 1.27).

Çizelge 1.27. 1990-2019 yıllarındaki kırsal nüfus [108]



Dünya Bankası verilerine göre 2019 yılı itibariyle Dünya nüfusunun %44,3'ü kırsal alanda, %55,7'si ise kentlerde yaşamaktadır (Çizelge 1.27). Yıllar geçtikçe kırsal alanda nüfusun azaldığı, günümüzde ise kentsel alanlara ilginin arttığı Çizelge 1.27'de gösterilmektedir. Nüfusun kentlerde yoğunlaşması ekonomik faaliyetlere paralel olarak enerji ihtiyacı artmıştır. Artan enerji ihtiyacı ise daha fazla fosil yakıt kullanımını beraberinde getirmiş olup çevre kirliliğine neden olmuştur [112].



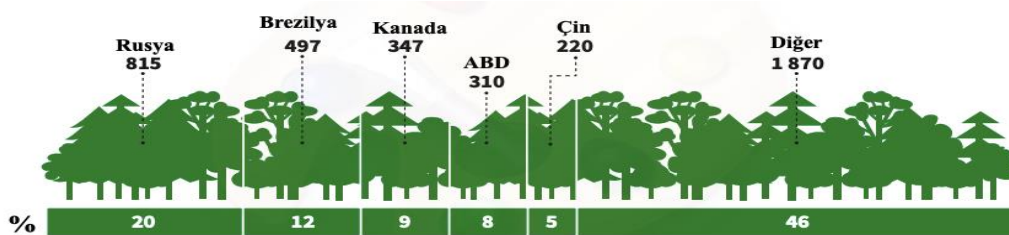
### Hava kirliliği

İnsanın ilk ateşi kullanması ve madenlerin işletilmesi ile elde edilen ürünlerin üretimi sonucu kirleticiler ortaya çıkmakta ve bu kirleticilerin atmosfere salınımı hava kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca her zaman var olan doğal kirleticilerden orman yangınları ve volkanik faaliyetler hava kirliliğinin de bir diğer parçasıdır. 1000-1400 yılları arasında Mısır ve İngiltere’de yaşanan hava kirliliği sonucunda hastalıkların arttığı ve kömür yakımının yasaklandığı görülmüştür [113]. Hava kirliliği sonucunda hava kalitesinin bozulması, sağlık sorunlarına yol açması, asit yağmurları ile ozon tabakasının incilmesi, canlı-cansız varlıkların zarar görmesi ve sıcaklık değişimleri iklim değişikliğine neden olmaktadır [114].

İnsan kaynaklı hava kirliliğinin başında kentleşme ve sanayileşme gelmektedir. Kentleşme ile birlikte nüfusun artması kirliliğe sebep olacaktır. Hava kirliliğinin temel insan kaynakları kentleşme ve sanayileşmedir. Kentleşmenin düzensiz olması, kullanılan düşük kaliteli yakıtlar, yetersiz yeşil alanlar, motorlu taşıt sayısının sürekli artışı ve kentlerin yanlış imarı kirliliğe etki eden faktörler arasındadır [115]. Diğer temel kirlilik kaynağı olan sanayileşme ise fabrika, işletme, tesis gibi sanayi kuruluşlarının yanlış yerlere inşa edilmesi, gereken enerjinin karşılanması için kullanılan yakıt sonucunda, çıkan atıkların herhangi bir arıtıma tabi tutulmaması hava kirliliğine neden olmaktadır.

### Orman alanlarının tahribatı

Dünya üzerinde toplam 4,06 milyar hektar ormanlık alan bulunmaktadır. Toplam karasal alanın yaklaşık olarak %31’ini oluşturmaktadır. Kanada, Brezilya, Çin, Rusya ve ABD en zengin ormanlık alana sahip ülkeler olarak bilinmektedir (Şekil 1.18) [116]. Bu ülkeler tüm Dünyadaki ormanlık alanların yarısına sahiptir.

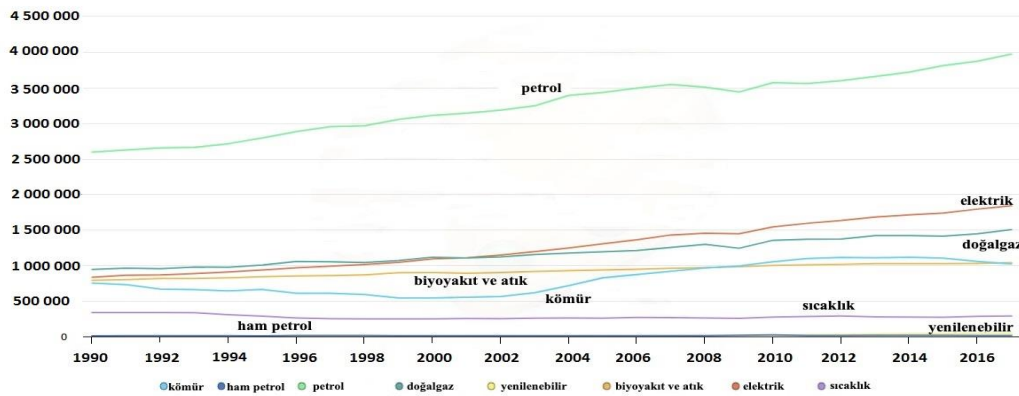


Şekil 1.18. En zengin ormanlık alana sahip ilk beş ülke (milyon hektar)

Meralar, tarımsal, ormanlık ve sulak alanlar karasal ekosistemin temel öğeleri olarak bilinmektedir. Bu öğelerin yanlış kullanımı iklim değişikliği nedenleri arasında yer almaktadır [117]. Ormanların tahrip edilmesi iklim değişikliğine önemli ölçüde etki etmektedir. Çünkü ormanlık alanlar, en önemli sera gazı özellikle de CO<sub>2</sub> yutak alanlarıdır. Milli Ağaçlandırma Seferberliği kapsamında mevcut yutak alanlarımız tarafından tutulan karbona ilave olarak, 2008-2020 yılları arasında toplam 181,4 milyon ton karbonun orman alanlarımız tarafından tutulması sağlanacaktır [118].

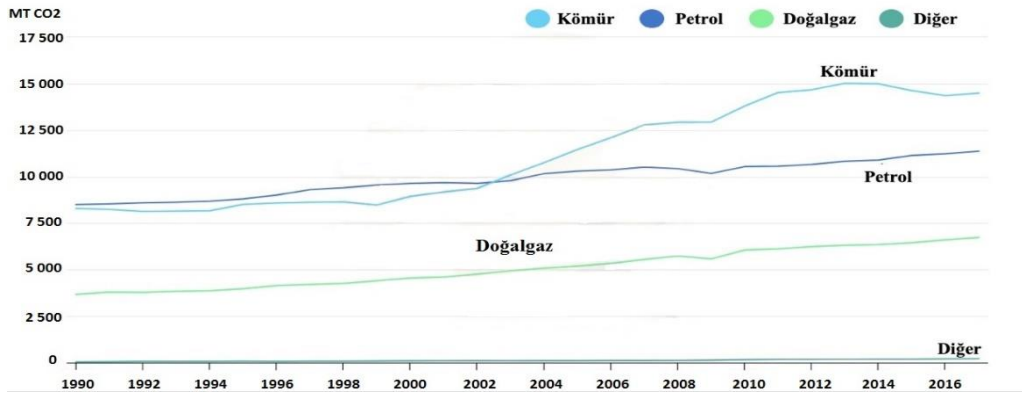
### Enerji tüketimi

Nüfusun artışı ile ekonomik anlamdaki gelişmeler kentsel artışa neden olmuştur. Bu gibi nedenlerden dolayı 2050 yılına kadar enerji talebinin şu an ki durumunun iki katı olacağı düşünülmektedir. Bunun yanında 2050 yılına kadar olan süreçte küresel ısınmayı 1,5 °C ile sınırlandırmak için sera gazı emisyonlarının azaltılması gerekmektedir.



Şekil 1.19. Dünyada toplam enerji tüketimi (1990-2017)

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (International Energy Agency) verilerine göre 2017 yılı itibari ile Dünya'nın toplam enerji tüketiminin yaklaşık 9717,30 milyon ton eşdeğer petrol (mtepe) olduğu bildirilmiştir. 1990 yılında yaklaşık 3.671 mtepe olan Dünya toplam enerji tüketimi 27 yıl sonra, 2017 yılına gelindiğinde 9717,30 mtepe olarak gerçekleşmiş olup enerji ihtiyacının büyük bölümü hâlâ sera etkisinin güçlenmesine neden olan gazların kaynağı olan fosil yakıtların yakılmasıyla elde edilmektedir (Şekil 1.19) [119].



Şekil 1.20. Enerji kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu (1990-2017)

1990-2017 yıllarında toplam enerji kaynaklı MT CO<sub>2</sub> emisyonu gösterilmekte olup 2017 yılında en fazla payın 14502 MT CO<sub>2</sub> ile kömür kullanımından kaynaklandığı Uluslararası Enerji Ajansı tarafından bildirilmiştir [119]. Ancak 1990-2000 yılları arasında en yüksek payın petrol olduğu görülmektedir (Şekil 1.20).

#### Küresel iklim sisteminde öngörülen değişimler

Kendi doğal döngüsü içerisinde değişimlere yer veren küresel iklim sistemi 19. yüzyılda ilk defa insan faaliyetlerinden kaynaklı etkisini göstermeye başlamıştır. Hatta Sanayi Devrimi ile ekonominin hızlı büyümesi küresel yüzey sıcaklıklarının artmasına da sebep olmuştur. Türkiye, küresel iklim sisteminde orman yangınları, su kaynaklarının kıtlığı, kuraklık, çölleşme, erozyon ve bunlara bağlı öngörülen çevresel değişimlerden etkilenebilecektir. İklim modelleri çoğunlukla, Akdeniz Havzası veya Türkiye'ye ilişkin sıcaklık öngörülerine göre en büyük ısınmanın yüksek enlemlere sahip yerlerde görülebileceği tahmin edilmektedir.

2016 yılı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Ulusal Katkı Beyan raporuna göre, gelecekte 2100 yılında küresel ısınma düzeyinin en az 2,7 °C, şu andaki politikaların sürdürülebilirliği ile 3,8 °C, herhangi bir tedbir alınmadığında ise 4,8 °C sıcaklık artışı görülecektir [120]. Bu artışların ana nedenleri arasında fosil yakıt kullanımı [kömür (%25), doğalgaz (%23) ve petrol (%33)] gelmektedir. Kazokoğlu (2015) yaptığı çalışmada, 2015 yılı itibarıyla; kömür maliyetinin 39 trilyon dolar (\$) ve ömrünün 19 yıl, doğalgaz maliyetinin 16 trilyon \$, ömrünün 55 yıl, petrol maliyetinin ise 85 trilyon \$ olup

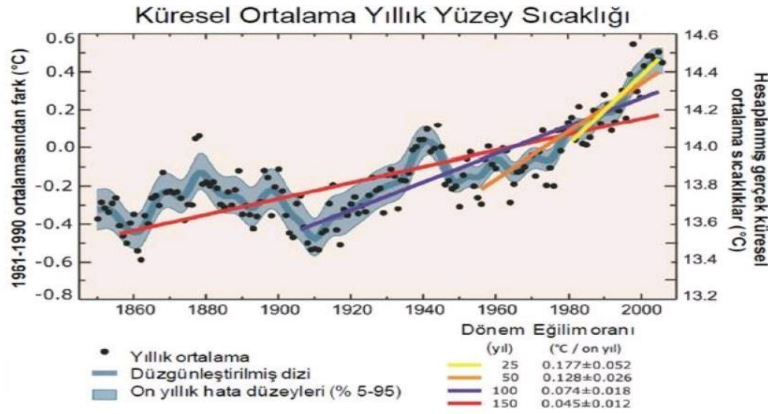
51 yıl ömrü kaldığı rapor edilmiştir. Ayrıca, birçok ülkenin kalkınmasının enerjiden kaynaklı olması enerji kaynaklarına istegin artacağı da aynı çalışmada bildirilmiştir [121].

Dünyadaki sıcaklık ölçümleri Sanayi Devrimi'nden 2012 yılına kadar 0,85 derecelik artış göstermiştir. Ayrıca 1983-2012 yılları arasındaki dönemler, son 1400 yılın en sıcak dönemi olarak kayda geçmiştir [122]. 2012 yılına kadar sıcaklıklar bu seyirde devam etmiş ve ileriki yıllarda da artış göstermiştir. 1998 yılı hariç, 2000 yılından sonra son 136 yılda en yüksek sıcaklıklar yaşanmıştır [123]. Sıcaklık kayıtlarının tutulmaya başladığı 1880 yılından günümüze kadar sırasıyla 2015, 2016 ve 2017 yılları en sıcak 3 yıl olarak kayda geçmiştir [124, 125].

Günümüz Türkiye iklim koşulları, küresel iklim değişikliğinden kuraklık, su kaynaklarının azalması, sıcak hava dalgaları, yağış miktarının artması, deniz seviyelerinin yükselmesi, vb. gibi iklim değişikliğinin neden olduğu bu etkileri göstermiştir.

### Sıcaklık

Sıcaklık, geçmişten günümüze sürekli olarak artış göstermektedir. Küresel ısınmanın en belirgin etkisinden biri artan sıcaklıklardır. 20. yy'da küresel ortalama yüzey sıcaklıklarının artış gösterdiği kesin olarak bilinmektedir. 1980'li yıllardan itibaren giderek artış gösteren sıcaklıklar 21.yy başlarında ise en sıcak dönem olarak kayda geçmiştir [122]. IPCC 2015 raporuna göre, doğrusal eğilim yöntemi ile küresel ortalama arazi ve okyanus yüzey sıcaklığı verileri hesaplanmıştır. 1880-2012 yılları arasında yaklaşık 0,85 °C ve 1951-2012 yılları arasında yaklaşık 0,72 °C'lik bir ısınma gerçekleşmiştir. 1850-1900 ve 2003-2012 yılları arasında toplam 0,78 °C artış göstermiştir. En uzun veriler, 1986-2005 referans dönemi ile 1850-1900 dönemleri arasında yaklaşık toplam 0,61 °C sıcaklık artışı olarak hesaplanmıştır. 2016-2035 dönemi için de küresel sıcaklık değişimleri 1986-2005 referans dönemi ile benzer olarak 0,3-0,7 °C arasında olacağı öngörülmektedir [126]. Yıllık ortalama yüzey sıcaklıklarındaki zamansal değişim Şekil 1.21'de gösterilmektedir.



Şekil 1.21. Yıllık ortalama yüzeY sıcaklıklarının düzgünleştirilmiş zamansal değişim desenleri [127]

Ortalama küresel sıcaklığın önlem alınmadığı takdirde 21. yüzyılın sonunda ortalama 2 °C artacağı öngörülmekte ve küresel iklim sisteminde gözlenen ısınma ile birlikte 2100 yılına kadar 1,4-5,8 °C artış göstereceği tahmin edilmektedir [128].

#### Yağış değişimleri

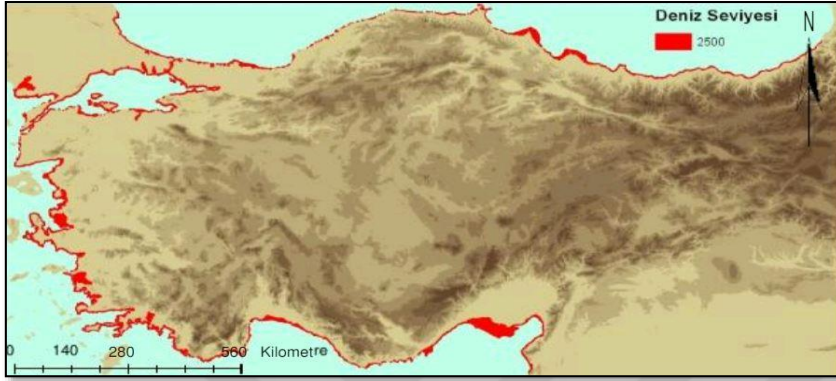
Buharlaşma ve yoğunlaşma hızının artması yağış hacmindeki değişikliklere neden olmaktadır. Bu artış küresel ısınma sonucunda meydana gelmektedir. Yağış hacmindeki artışın %2 ile %7 arasında değişkenlik göstereceği ve bölgelerarası düzensiz yağışlara neden olacağı öngörülmektedir. Ekvator ve yüksek enlemlerde yağışlar artacak, orta enlemlerde kısmen değişiklikler gözlemlenecek ve dönence bölgelerinde azalan yağışlar görülecektir [129].

IPCC yaptığı çalışmada, gelecek 30 yıl içinde yağışların kış aylarında artış göstereceğini (yaklaşık %10) yaz aylarında ise azalacağını (%5-15) tahmin etmektedir. Bu tahminlerin gerçek olmasıyla topraktaki nem oranı azalacak ve dünya çölleşme tehlikesi ile karşı karşıya gelecektir [130].

#### Deniz seviyelerinin yükselmesi

Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili ve engebeli yer şekillerine sahip ve kıyı bölgelerinin yoğunluğu nedeniyle iklim değişikliği açısından riskli bölgeler arasında yer almaktadır [131]. Küresel ısınmadan kaynaklanan yüzeY sıcaklığının 1990-2100 yılları arasında ortalama 1,4-5,8 °C sıcaklık artışı göstereceği tahmin edilmektedir. Isınma ile deniz suyu sıcaklıklarının artması buzul kütlelerinin erimesi ve erimeye devam edeceği ve bu erime

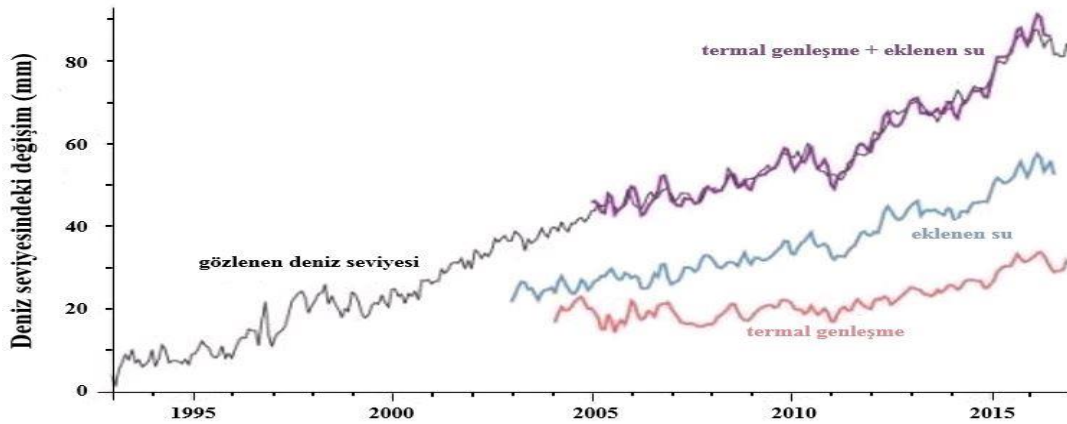
sonucunda deniz suyu seviyelerinin artacağı öngörülmektedir. Su seviyelerindeki öngörülen değişimler, kıyı bölgelerde bataklık oluşumu, suların yerleşim alanlarına kadar ulaşması ve doğal afetlerin yaşanması gibi etkilere yol açacaktır [132]. IPCC'nin son yayınlanan raporuna göre, deniz seviyelerindeki artışın büyük bir kısmı orta dereceli dağ buzullarından ve yüksek enlemlı kıtasal buzullardan gelmektedir.



Şekil 1.22. 2500 yılı senaryosuna göre deniz seviyesi değişiminin Türkiye kıyılarındaki alansal etki haritası [133]

Yapılan çalışma sonucunda Türkiye'nin denize kıyısı olan Akdeniz, Marmara, Ege ve Karadeniz Bölgelerinde yer alan düşük arazi yüksekliği ve geniş delta alanlarına sahip olan Adana, Edirne, İzmir ve Samsun'un deniz seviyesi değişiminden en çok etkilenecek iller olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1.22) [133].

Yüzyıllar boyunca deniz seviyesi 10-12 santimetre (cm) artış göstermiş olup bu artış son on yılda daha da hızlanmıştır. IPCC tarafından hazırlanan 2007 değerlendirme raporunda, buzullardaki erimelere ve termal genleşmelere göre 2050 itibariyle büyük buzul kütlelerinin %30-70'inin eriyeceği, nehirlerde şiddetli ve tehlikeli akıntıların 2070 yılında %34-36'ya çıkacağı öngörülmektedir (Şekil 1.23) [134]. 2100 yılına kadar 80 yıl içerisinde ise deniz seviyelerinin 18-59 cm artış göstereceği tahmin edilmektedir [135].



Şekil 1.23. Buzul erimesi ve termal genişleme sonucu deniz seviyesindeki artış [136]

### Kuraklık ve çölleşme

Gerçekleşen yağış miktarının uzun yıllar boyunca ortalama değerinden daha az olması ile ortaya çıkan bu durum kuraklık olarak tanımlanmaktadır. İnsanoğlunun geleceğini tehdit eden en önemli küresel ve bölgesel çevre sorunlarının başında da kuraklık gelmektedir [137]. İklim değişikliği, hali hazırda yağış alan yerlerde daha fazla yağışa ve kurak bölgelerde kuraklığın giderek artmasına neden olacaktır. Kuraklığın ortaya çıkma sebeplerinden en önemlisi, su talebinin su kaynakları (baraj, akarsu, göl vb.) tarafından karşılanamaması olarak bilinmektedir. Türkiye’de 51 milyon hektarlık arazi kurak ve yarı kurak alan olarak değerlendirilmektedir. Yani ülkemizin %37,3’lük kısmında yarı kurak iklim koşulları hüküm sürmektedir [138]. Günden güne süresi ve şiddeti artan kuraklık iklim değişikliği ve çölleşmenin artmasında etkili olabilmektedir.

Türkiye’de çölleşme potansiyeli olan yarı kurak ve kuru-yarı nemli araziler ülkemiz topraklarının yaklaşık %35’ini kapsamakta ve yarı nemli iklim koşullarıyla birlikte %60’ını oluşturmaktadır. Türkiye’de kuraklığın şiddetinin yakın gelecekte daha yoğun hissedileceği öngörülmektedir. Bu öngörülere göre, suya olan ihtiyacın artış göstermesi sonraki yıllarda su kaynakları yönetiminin, teknolojik araçların ve sulama tekniklerinin iyileştirilmesi ya da geliştirilmesi için faaliyetlerin artırılması gerekmektedir.

### Buzulların erimesi

Küresel iklim değışikliği sonucunda sıcaklığın artmasına bağlı olarak kutuplardaki ve yüksek yerlerdeki buzulların erimesi ile ekolojik çevrede değışimler yaşanacak olup 3-4 derecelik ısınmadan kaynaklı sıcaklık artışı sonucunda 2050 yılında deniz, akarsu vb. gibi su seviyelerinde artış meydana gelecektir. Samur [139], yaptığı çalışmada deniz seviyelerinin yükselmesi ile kalmayıp yüzyıllardır donmuş halde bulunan bu bakterilerin yeniden ortaya çıkması ile birlikte hastalıklara yol açabileceğini ve göçmen kuşlar ile dünyanın her yerine ulaşarak küresel salgına sebep olabileceğini bildirmektedir.

Sanayi Devrimi'nden sonra sıcaklığın artması küresel ısınmaya bu da buzul kütlelerinin erimesine neden olmuştur. Bunun sonucunda her yıl buzulların 48 cm küçüldüğü belirlenmiş olup burada yaşayan canlıların tehlike ile karşı karşıya kalmasına ve türlerin yok olmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda doğal afetlere (sel, erozyon, gibi) de yol açmaktadır [140].

Dünyadaki en önemli buzul tabakalarından Grönland'ın tamamen erimesi durumunda deniz seviyesinin yaklaşık 7 m ve Antarktika'nın tamamen erimesi durumunda ise 77 m artacağı, ayrıca %28 ve %12 oranlarında deniz seviyesine katkı sağlayacağı tahmin edilmektedir [141]. Küresel ısınma sonucunda Afrika'nın Klimanjaro dağlarında bulunan buzulların eridiği, Peru'daki buzul kütesinin dörtte üçünün yok olduğu belirtilmiştir [96].



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mendelsohn ve Williams [142], yapılan çalışmada iklim değişikliğinin neden olduğu yüksek sıcaklıkların tarımsal verimliliği düşürdüğü sonucuna ulaşmışlardır.

Wright ve Fulton [143], yapılan çalışmada gelişmekte olan ülkelerde artan araç sayısı ile birlikte çevresel problemlerinde artış gösterdiği vurgulanarak araç sayısındaki maliyet hesabı yapılmıştır. Çalışmada, çeşitli ulaşım modları kullanılarak sera gazı seviyesinde azaltım yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Şanlı ve Özekicioğlu [144], küresel ısınmayı önlemeye yönelik çabalar ve Türkiye adlı makalesinde iklim değişikliğinin önlenmesi için sera gazı emisyonlarının azaltılması gerektiğini bildirmiştir. Bu azaltımın yenilenebilir enerji kaynak kullanımı ve çevre ile ilgili kanunlarla mümkün olacağını vurgulamıştır.

Sengupta [145], Hindistan'da yaptığı çalışmasında, örnek alan üzerinde enerji kullanımı kaynaklı maliyet hesaplamaları yaparak, iklim değişikliğinin önüne geçebilmek için konut odaklı bir azaltım politikası sonucuna varmıştır. Artan sera gazı miktarının yeşil enerji (yenilenebilir enerji) ile azaltılabileceğini önermiştir.

Peeters ve Dubois [146], yapılan çalışmada 2005 yılı turizm verilerinden yola çıkarak, turizm sektöründen kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonu üzerine yaptıkları çalışmada, 30 yıllık bir projeksiyon hesabı sonucunda 2035 yılına kadar yıllık ortalama CO<sub>2</sub> miktarının iklim değişikliği üzerindeki olumsuz etkilerinin artış göstereceğini ve bu artışın önlenmesi için bir azaltım politikası uygulanması gerektiğini bildirmiştir.

Doğan ve Tüzer [110], küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri ile ilgili yapılan çalışmada, dayanışmanın, iş birliğinin ve çevre bilincinin artırılması gerektiğini vurgulayarak küresel iklim değişikliği sorununa bu uygulamaların çözüm olacağını önermiştir. Küresel iklim değişikliğinin çok boyutlu ve kapsamlı potansiyel etkileme gücü, bu sorunun çözümünü Dünya genelinde bir çevre bilincinin, dayanışma ve iş birliğinin gelişimine bağlı kılmaktadır. Dolayısıyla, sera gazı emisyonlarının neden olduğu iklim

değişikliğini önlemeyi hedefleyen Kyoto Protokolü sonrası küresel önleyici oluşumlara yönelik uzlaşmanın tesisi ve uygulamadaki özen, büyük önem taşımaktadır.

Liu ve Deng [147], yapılan çalışmada şehirler üzerinde iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuz etkilerin ve sera gazı emisyonlarının azaltılması için düşük karbonlu kentlerin geliştirilmesine vurgu yapmıştır. Bu çalışmanın sonucunda düşük emisyon, düşük kirlilik oranı ve yüksek enerji verimi gibi katkılar sağlanacağını vurgulamıştır.

Türkeş [137], küresel iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme ile Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişimleri su kaynakları, tarım ve insan sağlığı üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilere sahip olduğunu, kuraklık ve çölleşme ile mücadelede ülkelerin gelişmişlik düzeylerine uygun eylem planları, yöntem ve çağdaş yaklaşımlar kullanılması gerektiğini önermiştir.

Özer, Görgün ve İncecik [148], Türkiye elektrik sektöründeki CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için 2006-2030 yılları arasında senaryo analizine dayalı bir araştırma yapmıştır. Mevcut durum senaryosu altında CO<sub>2</sub> emisyonları belirgin bir şekilde artarken, azaltım senaryosu uygulandığında elektrik kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının 2006-2030 yılları arasında yıllık %5,8 artacağını ve aynı dönemde elektrik artışlarının da %6,6 artacağını tahmin etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar söz konusu dönemde eğer azaltma senaryosunun politikalarla kontrol edilirse CO<sub>2</sub>’in %17,5’i aşabileceğini de bildirmiştir.

İslam, Tarique ve Sohag [149], çiftçilerin iklim değişikliğine hemen adapte olması CO<sub>2</sub> emisyon miktarındaki artışın kısa sürede tarım verimliliğini yükselttiği, ancak uzun sürede yaşanan artışın verimlilik üzerinde negatif etki sağladığını gözlemlemişlerdir.

Karakaya ve Sofuoğlu [150], İklim Değişikliği ve Paris İklim Anlaşması adlı çalışmasında, sorunlara çözüm getirecek bir anlaşma ile sonuçlanmasa da iklim değişikliği konusunda 2020 yılında Paris Anlaşması’nın yürürlüğe girmesi ile gelecekte Türkiye ve taraf olan diğer ülkeler için umut vaat edici olduğu vurgulanmıştır.

Uysal ve Yapraklı [151], kişi başına düşen gelir, enerji kullanımı ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonu arasındaki ilişki ile Türkiye örneği üzerinden bir çalışma yapmıştır. Yaptığı çalışma sonucunda gelir düzeyindeki artışların karbondioksit emisyonunda azalma olduğu

bildirilmiştir. Ayrıca ülkemizde de yatırım ve büyümenin en önemli faktörü olan enerji tüketiminin daha fazla çevresel kirlenmeye yol açacağını, artan gelir düzeyi ile birlikte ise bu olumsuz neticenin düzelme yolunda bir seyir izleyeceğini bildirmiştir.

Geymen ve Dirican [133], iklim değişikliğinden kaynaklı deniz seviyelerinin değişiminde coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak analiz çalışması yapılmıştır. Araştırmacılar bu çalışma sonucunda, Türkiye'nin kıyı illerinin gelecek 500 yıllık süreç içerisinde doğal felaketlere maruz kalabileceği ve deniz seviyesindeki bu değişimler neticesinde en çok etkilenecek illerin Adana, Edirne, İzmir ve Samsun olacağı belirtilmiştir.

Özsoy ve Dinç [152], yeşil ekonomi üzerine yaptıkları çalışmada yeşil ekonomik dönüşümde tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olan fosil yakıtların kullanımının sınırlandırılması, bunların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların artırılması Türkiye'de hem ekonomik hem de ekolojik dengenin korunması açısından yarar sağlayacağı sonucuna varmıştır.

Bayraç ve Doğan [153], iklim değişikliği ile tarım sektörü üzerine yaptıkları araştırmada sıcaklık değişimlerinin tarım sektöründe olumsuz etki yarattığı ve bu olumsuz etkinin yağışlardaki değişimlere daha fazla olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir. Ancak, küresel iklim değişikliğinin tarımsal faaliyetler üzerinde olumsuz yönde ilerlemesine neden olduğu bildirilmiştir.

Özcan [154], yapılan çalışmada Türkiye'de 2013-2017 döneminde yakıt türlerine göre elektrikten kaynaklanan sera gazı emisyonlarını tahmin etmiştir. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi'nin (TEİAŞ) 5 yıllık elektrik üretim kapasitesi projeksiyonunun baz alındığı çalışmada Türkiye'nin gelecek dönemlerde CO<sub>2</sub> emisyonlarında artışlar olacağı öngörülmüştür.

Rüstemoğlu [155], yapılan çalışmada Türkiye ve İran'ı kapsayan 1990-2011 yılları arasında, ayrıştırma yöntemi ile ülkemiz ve İran'da ekonomik faaliyet ve nüfusun çok olmasının sera gazlarının artmasında büyük rolü olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Karakaya [156], Paris Anlaşması ve Türkiye'yi kapsayan çalışmasında, yapılan bu iklim anlaşmasının yerküreyi düşük karbonlu ve iklime dayanıklı bir ekonomik yapıya

dönüştüreceği iddiasını ortaya atmıştır. Bu dönüşümün olmaması durumunda, bu sürecin gerisinde kalınmasının Türkiye'ye yüksek maliyetler getireceğini savunmaktadır.

Pabuçcu ve Bayramoğlu [157], yapay sinir ağları modeli ile CO<sub>2</sub> emisyon tahmini çalışmasında salım miktarının 2020 yılında 740,33 Mt, 2025 yılında 1039,32 Mt ve 2030 yılında 1244,13 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri olacağı tespit edilmiştir. Bu değer Türkiye'nin 2030 yılı için Paris İklim Zirvesi'nde taahhüt ettiği emisyon değerinden (929 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri) çok fazla olduğu analiz sonucundan anlaşılmaktadır.

Çakmak, Doğan ve Hilmioğlu [158], makalesinde Paris Anlaşması iklim değişikliği sürecinde azaltım, uyum, finansman gibi konulara odaklanarak Türkiye'nin beklentileri ve mevcut konumu açısından yaptığı değerlendirmede sunulan beyanların daha fazla takip edilmesi ile önemli adımlar atılacağını öngörmüştür.

Güner ve Turan [159], sanayileşme sürecinden günümüze kadar gelen iklim değişikliği sorununa değinerek, çözümün yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması olduğunu belirtmiştir.

Çetintaş ve Türköz [160], yapılan çalışmada iklim değişikliği ile küresel ısınma olgusuna yol açan sera gazlarını, atılan uluslararası adımları ve bu problemlerle mücadele amacıyla geliştirilen esneklik mekanizmalarını ele almıştır. Çalışma sonucunda sera gazlarının azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeyi, fosil yakıt kullanımının azaltılması gerektiğini ve karbon vergisinin uygulanabileceğini önermiştir.

Seo [161], Paris Anlaşması'nın ayrıntılarına ve son otuz yıldaki yapılan uluslararası müzakerelerin geçmişine ilişkin yaptığı çalışmasında, müzakerelerin gelecekteki yönlerini ve uluslararası düzeyde kabul edilebilirliğini adaptasyon, teknoloji ve teşviklere odaklanması gerektiğini ortaya koymuştur.

Gao, Gao ve Zhang [162], müzakere süreçleri BMİDÇS'nin 2. maddesi ve küresel sıcaklık hedefinin desteklenmesi çalışmasında teknoloji ile birlikte adaptasyon ve uyum politikaları ile iş birliğinin önemini vurgulamıştır.

Yapraklı ve Bayramoğlu [163], çalışmasında 1990-2030 arasındaki dönem için beşer yıllık veriler kullanarak analizler yapmıştır. Analizler sonucunda Türkiye'nin toplam kişi başına sera gazı emisyonu ve CO<sub>2</sub> emsyonunun düşürülmesi, fosil yakıtın azaltılması, yeşil enerjinin artırılması gibi faaliyetlerin uygulanma düzeyinin yeterince yüksek olmadığını bildirmiştir.

Dulkadiroğlu [164], Türkiye'de elektrik üretiminin sera gazı emisyonları açısından incelediği çalışmasında, 2000 yılından itibaren 14 yıllık süre içinde kömür kullanımına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonunun yaklaşık %80 arttığını, içerisindeki toplam oranın değişmeden %57,3 olduğunu, doğalgazdan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon payının ise 15 yılda %27'den %40'ın üzerine yükseldiğini bildirmiştir.

Somuncu [165], turizm sektörünün iklim değişikliğine etkisi üzerine yaptığı çalışmasında, Türkiye, iklim değişikliğinin doğrudan etkilerinden en fazla etkileneceğini ve risk altında olduğunu belirtmiş ve bu etkinin gelecekte daha da artacağını öngörmüştür.

Altun ve İşleyen [2], fosil yakıt olan kömürden elektrik üreten bazı ekonomik kalkınma ve iş birliği ülkelerinin belirli bir süreyle kendini yenileyebilen kaynaklardan elektrik üretimine yönelme nedenlerini ve durumlarını analiz etmiştir. Çalışma sonucunda 1991-2017 yıllarında kömürden elektrik üretiminde bir azalış gösterdiği ve bunun sebebinin ise kendini yenileyemeyen, sınırlı kaynakların yaşadığımız yerküreye ve insan sağlığına verdiği zararlar olduğu belirtilmiştir.

Bozoğlu [166], yaptığı tez çalışması ile iklim değişikliği nedeniyle oluşacak kayıp ve zararın azaltılması için Türkiye'de erken uyarı sistem gereksiniminin oluşturulması üzerine bir araştırma yapmıştır. Doğal afetlere karşı toplumun hazırlıklı olması, toplumsal farkındalığın ve eğitimin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Kuşkaya [167], yaptığı tez çalışmasında 1989:1-2017:8 dönemi ABD'nin enerji politikalarının etkinliği araştırılmıştır. Yenilenebilir enerji kullanımı ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma neticesinde yenilenebilir enerji kullanımının CO<sub>2</sub> emisyonuna öncülük ederek emisyonda azalma gösterdiği bildirilmiştir.

Köse [9], çalışmasında Türkiye'nin küresel ısınma ile iklim değişikliğinin getireceği felaketlere tek başına çözümler üretmek zorunda kalacağını belirtmiştir. Sonuç olarak, eğitime önem verilmesi, farkındalık yaratılması ve uluslararası girişimlerin devam ettirilmesi ile birlikte olası felaketler için çözüm önerilerinin şimdiden gerekli olduğunu vurgulamıştır.

Vicedo-Cabrera Guo ve diğerleri [168], yapılan çalışmada farklı iklim bölgelerine sahip 23 ülke 451 lokasyonda bölge analizi yaparak Dünya çapında ısınmanın 2 °C'nin altında sınırlandırılması gerektiğini ve bu sınırlandırma ile sıcaklığa bağlı ölüm oranlarının azalacağı sonucuna varılmıştır.

Baltacı [169], küresel iklim değişikliği ve iklim değişikliği politikalarını etkileyen argümanlar adlı yüksek lisans tezinde, ekolojik haklar, küresel adalet ve sivil toplum örgütleri küresel iklim değişikliği politikalarını etkileyen argümanlar çerçevesinde, ekolojiyi temel alan çalışmalar yapılması, doğa ile uyumlu alternatif, yenilenebilir enerjilere geçilmesini önermiştir.

Can [170], iklim değişikliği problemini çözmeye yönelik uluslararası müzakere ve anlaşmaların başarılı olup olmadığı konusunu incelediği tez çalışmasında, iklim değişikliğini önleme çabalarının başarısızlığında, ülkelerin çıkar ve önceliklerinin her zaman uyumlu olmadığını vurgulamıştır. Çalışma sonucunda anlaşmaların tüm ülke gruplarının çıkarlarına hitap etmemesi ve birbirinden farklı ülkeleri aynı çatı altında toplamasının zor olması etkili olmaktadır.

Kassara [171], iklim değişikliği altında sıcak hava dalgalarının yeni tanımı adlı yüksek lisans tezinde sıcaklık ile rüzgâr arasındaki değişimleri şehir bazında Bölgesel İklim Projeksiyonu (RCP 4.5 ve RCP 8.5) senaryolarına göre karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda MENA (Orta Doğu ve Kuzey Afrika) bölgesindeki en kalabalık 10 şehirdeki (İskenderiye, Amman, Ankara, Bağdat, Kahire, İstanbul, İzmir, Cidde, Riyad ve Tahran) hem RCP 4.5 hem de RCP 8.5 senaryolarına göre, sıcak gün sayıları ve aşırı sıcak gün sayılarında artış gösterdiği belirtilmiştir.

Yılmaz [172], 1971-2010 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama sıcaklık farklarındaki eğilimleri incelemiştir. Bu inceleme sonucunda tüm Türkiye'de

Ağustos ve Eylül aylarındaki sıcaklık artışlarını belirlemiş, fakat bu aylar arasındaki sıcaklık farklarının da büyümekte olduğu görülmüştür. Ağustos ayı sıcaklıklarının çok fazla arttığını bildirmiştir. Eylül ayı sıcaklıklarının ise yağışların başlaması ve su miktarının artması ile birlikte beklenilenden az olduğu belirtilmiştir.

Şahin, Onat ve Ayvaz [173], iklim değişikliği ve sera gazları ile ilgili yaptığı çalışmasında 2016-2099 yılları arasındaki Türkiye'deki modelleme sonuçlarına göre, özellikle yaz aylarında, farklı bölgelerinde ortalama sıcaklıkta 1 ile 4 °C arasında bir artış olacağını öngörmektedir.

Akkuş Dağdeviren [174], sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye'de çevre politikaları adlı tez çalışmasında 2005, 2007, 2008 ve 2009 yıllarında farklı kaynaklardan 100'ün üzerinde değerlere ulaştığını ve dengeli bir ilerleme gözlemlenmediğini belirtmiştir. Ayrıca Türkiye'nin küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele amacıyla sürdürülebilir ve etkin politikalar uygulamadığını bildirmiştir.

Erdoğan [175], enerji, çevre ve sera gazları çalışmasında yarım yüzyıllık gelişimini ele almıştır. Çalışma sonucunda fosil yakıt kullanımının azaltılması, hava ve çevre verimliliğinin, yenilenebilir enerji kullanımının, enerjide verimliliğin ve hava, çevre ve teknolojik gelişmelerin artırılması önerilmiştir.

Kaya [176], çevrenin ve iklim değişikliğinin nasıl bir küresel sorun haline geldiği ve bu sorunlarla mücadelede Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşması ile atılan adımlar hakkında yaptığı çalışmasında zaman içinde küresel ısınmaya ve buna bağlı iklim değişikliğine sebep olan karbon emisyonunda geline nokta ülkelerin yetersiz kaldığını belirtmiştir.

Özışık [177], Türkiye'nin sera gazı emisyon azaltımı doğrultusunda, iklim değişikliğinin genel özelliklerini ve sınırlılıklarını incelemiş oldukları çalışmada Türkiye ile benzerlik gösteren diğer ülkelerle arasında farklı parametreler kullanılarak ulusal ve yerel politikalar hakkında karşılaştırmalı analizler yapılabileceğini önermiştir.

Demircan ve diğerleri [178], Türkiye'de yeni senaryolara göre iklim değişikliği projeksiyonları hakkında yaptıkları çalışmada sıcaklık artışlarının 2013-2099'un ilk

döneminde 3°C ile sınırlandırıldığını, son döneminde ise RCP 4.5 senaryosuna göre yaz aylarındaki sıcaklıkların özellikle Ege Bölgesi kıyıları ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde 4-5 °C'lik artışların olabileceğini öngörmüşlerdir.

Gürkan ve diğerleri [179], yaptıkları çalışmada RCP 4.5 ve RCP 8.5'a göre 2016-2099 yılları boyunca sırasıyla sıcaklıkların yaklaşık olarak 1,5 °C ve 2,5 °C'ye ulaşacağını öngörmektedir. 2016-2040 yılları arasında ısınmanın RCP 4.5 senaryosuna göre 0,5 °C-1,5 °C arasında olacağını, yazın Ege ve Akdeniz Bölgelerinde 1,5 °C'yi aşan artışların olacağını belirtmiş ve konunun önemine dikkat çekmişlerdir.





### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) yayınlamış olduğu 1990-2018 yılları arasındaki Türkiye'nin sera gazı emisyon verileri kullanılmıştır. Ayrıca aynı yıllar arasındaki sıcaklık verileri de ERA5'ten alınmıştır (Çizelge 3.1). Alınan verilerdeki sera gazları Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Metan (CH<sub>4</sub>), Nitröz oksit (N<sub>2</sub>O) ve F gazlarını (Kloroflorokarbonların yerine geçen insan yapımı kimyasallar, florlu gazlar) kapsamaktadır.

Çizelge 3.1. Sıcaklık ve sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub> eşdeğeri) (1990-2018) [102, 180]

(Milyon ton)						
Yıllar	°C	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	F Gazları	Toplam
1990	10,9	151,5	42,4	24,8	0,6	219,4
1991	10,7	158,0	43,3	24,6	0,9	226,8
1992	9,2	163,9	43,2	25,1	0,7	233,0
1993	10,2	171,0	43,0	25,9	0,4	240,3
1994	11,7	167,4	42,7	23,5	0,7	234,3
1995	10,9	180,9	42,5	23,7	0,6	247,8
1996	11,4	199,5	42,9	24,4	0,6	267,4
1997	10,4	212,0	42,1	23,9	0,6	278,6
1998	11,9	212,0	42,3	25,3	0,6	280,2
1999	12,1	207,8	43,7	25,6	0,6	277,7
2000	11,1	229,8	43,6	24,7	0,7	298,8
2001	12,4	213,5	42,8	23,2	0,8	280,3
2002	11,3	221,0	40,9	23,1	1,0	286,0
2003	11,3	236,5	42,9	24,7	1,2	305,3
2004	11,2	244,5	43,5	25,2	1,5	314,7
2005	11,4	264,2	45,2	26,1	1,7	337,1
2006	11,5	281,6	46,6	28,1	1,9	358,3
2007	11,7	312,7	49,0	27,4	2,3	391,4
2008	11,6	309,3	49,9	25,9	2,4	387,6
2009	11,7	315,4	49,6	28,3	2,4	395,6
2010	13,3	314,4	51,3	29,6	3,6	398,9

**Çizelge 3.1.** (Devam) Sıcaklık ve sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub> eşdeğeri) (1990-2018) [102, 180]

(Milyon ton)						
Yıllar	°C	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	F gazları	Toplam
2011	10,7	339,5	53,7	30,7	4,0	427,8
2012	11,7	353,7	57,1	31,8	4,7	447,3
2013	11,7	345,2	55,5	33,8	4,8	439,3
2014	12,6	361,7	57,3	34,3	5,1	458,4
2015	12,1	381,3	51,4	35,0	4,9	472,6
2016	12,2	401,2	53,9	37,4	5,2	497,7
2017	11,9	425,3	54,2	38,8	5,4	523,8
2018	13,3	419,2	57,6	38,9	5,2	520,9

TÜİK'ten alınan 1990-2018 yılları arasındaki sera gazı emisyon verileri ekonometrik bir model olan regresyon yöntemi kullanılarak sıcaklık ve sera gazı regresyon modellemesi yapılmıştır. Verilerden elde edilen grafikler, regresyon analizleri ( $p < 0,05$ ) ve ANOVA varyans analizleri ( $p < 0,05$ ) için Excel 16.43 programı kullanılmıştır. Yapılan regresyon analiz modelinin önemi 'significance değeri'  $p < 0,05$  olduğunda anlamlı,  $p > 0,05$  olduğunda ise anlamsız olarak yorumlanmaktadır.

**Çizelge 3.2.** RCP 2.6 Sıcaklık ve sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub> eşdeğeri) (2019-2050) [181, 182]

(Milyon ton)					
Yıllar	°C	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Toplam
2019	14,83493	9 241,07	264,7534	7,410870	9 513,23427
2020	14,84694	9 287,7	256,7679	7,36340	9 551,8313
2021	15,00285	9 074,62	254,6543	7,35756	9 336,63189
2022	15,67995	8 861,54	252,5408	7,35172	9 121,43248
2023	15,26867	8 648,46	250,4272	7,34588	8 906,23307
2024	16,11853	8 435,38	248,3136	7,34004	8 691,03366
2025	15,34965	8 222,3	246,2001	7,3342	8 475,83425
2026	15,02189	8 009,22	244,0865	7,32836	8 260,63484
2027	15,11653	7 796,14	241,9729	7,32252	8 045,43543
2028	15,31933	7 583,06	239,8593	7,31668	7 830,23602
2029	16,01184	7 369,98	237,7458	7,31084	7 615,03661
2030	16,25731	7 156,9	235,6322	7,30501	7 399,83720

Çizelge 3.2. (Devam) RCP 2.6 Sıcaklık ve sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub> eşdeğeri) (2019-2050) [181, 182]

(Milyon ton)					
Yıllar	°C	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Toplam
2031	15,62301	6894,7	234,5718	7,29221	<b>7136,56404</b>
2032	15,77671	6632,5	233,5115	7,27942	<b>6873,29088</b>
2033	16,04831	6370,3	232,4511	7,26663	<b>6610,01772</b>
2034	15,98763	6108,1	231,3907	7,25384	<b>6346,74456</b>
2035	15,81927	5845,9	230,3304	7,24105	<b>6083,4714</b>
2036	15,77166	5583,7	229,27	7,22826	<b>5820,19824</b>
2037	15,53256	5321,5	228,2096	7,21547	<b>5556,92508</b>
2038	15,55648	5059,3	227,1492	7,20268	<b>5293,65192</b>
2039	15,46568	4797,1	226,0889	7,18989	<b>5030,37876</b>
2040	14,87436	4534,9	225,0285	7,1771	<b>4767,1056</b>
2041	14,87418	4399,97	221,4555	7,08404	<b>4628,5095</b>
2042	15,23889	4265,04	217,8824	6,99098	<b>4489,9134</b>
2043	15,53932	4130,11	214,3094	6,89792	<b>4351,3173</b>
2044	15,09989	3995,18	210,7363	6,80486	<b>4212,7212</b>
2045	15,8415	3860,25	207,1633	6,7118	<b>4074,1251</b>
2046	15,91099	3725,32	203,5903	6,61874	<b>3935,529</b>
2047	16,16201	3590,39	200,0172	6,52568	<b>3796,9329</b>
2048	15,84974	3455,46	196,4442	6,43262	<b>3658,3368</b>
2049	15,94138	3320,53	192,8711	6,33956	<b>3519,7407</b>
2050	15,68326	3185,6	189,2981	6,2465	<b>3381,1446</b>

IPCC'nin belirlediği sera gazı emisyonu olasılıklarını temsil eden RCP 2.6 ve RCP 4.5 senaryolarını kullanarak 2019-2050 yılları arasındaki küresel sera gazı emisyon verileri kullanılmıştır [181]. Ayrıca aynı senaryolar dâhilinde ve aynı yıllar arasındaki Türkiye sıcaklık verileri de yüksek çözünürlüklü iklim projeksiyonları üretmek amacı ile oluşturulmuş bir yapı olan CORDEX yani Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi kapsamında alınmıştır (Çizelge 3.2) (Çizelge 3.3). [182]. Alınan verilerdeki sera gazları, Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Metan (CH<sub>4</sub>) ve Nitröz oksit (N<sub>2</sub>O) gazlarını kapsamaktadır.

Çizelge 3.3. RCP 4.5 Sıcaklık ve sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub> eşdeğeri) (2019-2050) [181, 182]

(Milyon ton)					
Yıllar	°C	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Toplam
2019	15,6228	11 276,31	411,8988	9,41504	<b>11 697,62</b>
2020	15,72333	11 537,5	419,0661	9,5553	<b>11 966,12</b>
2021	14,99488	11 767,66	425,5802	9,67767	<b>12 202,92</b>
2022	15,89743	11 997,82	432,0943	9,80004	<b>12 439,71</b>
2023	15,45726	12 227,98	438,6085	9,92241	<b>12 676,51</b>
2024	15,15604	12 458,14	445,1226	10,04478	<b>12 913,31</b>
2025	15,86382	12 688,3	451,6367	10,16715	<b>13 150,1</b>
2026	15,7042	12 918,46	458,1508	10,28952	<b>13 386,9</b>
2027	15,97854	13 148,62	464,6649	10,41189	<b>13 623,7</b>
2028	15,37761	13 378,78	471,1791	10,53426	<b>13 860,49</b>
2029	15,14241	13 608,94	477,6932	10,65663	<b>14 097,29</b>
2030	15,96594	13 839,1	484,2073	10,779	<b>14 334,09</b>
2031	15,85198	14 133,85	493,5255	10,90391	<b>14 638,28</b>
2032	15,37531	14 428,6	502,8436	11,02882	<b>14 942,47</b>
2033	16,9174	14 723,35	512,1618	11,15373	<b>15 246,67</b>
2034	15,86925	15 018,1	521,4799	11,27864	<b>15 550,86</b>
2035	14,92861	15 312,85	530,7981	11,40355	<b>15 855,05</b>
2036	15,9441	15 607,6	540,1162	11,52846	<b>16 159,24</b>
2037	15,56557	15 902,35	549,4344	11,65337	<b>16 463,44</b>
2038	17,42566	16 197,1	558,7525	11,77828	<b>16 767,63</b>
2039	16,67998	16 491,85	568,0707	11,90319	<b>17 071,82</b>
2040	15,9226	16 786,6	577,3888	12,0281	<b>17 376,02</b>
2041	16,8031	17 128,4	587,3313	12,10488	<b>17 727,84</b>
2042	16,90488	17 470,2	597,2738	12,18166	<b>18 079,66</b>
2043	16,31433	17 812	607,2164	12,25844	<b>18 431,47</b>
2044	16,58223	18 153,8	617,1589	12,33522	<b>18 783,29</b>
2045	15,93752	18 495,6	627,1014	12,412	<b>19 135,11</b>
2046	16,00869	18 837,4	637,0439	12,48878	<b>19 486,93</b>
2047	16,09372	19 179,2	646,9864	12,56556	<b>19 838,75</b>
2048	16,88459	19 521	656,929	12,64234	<b>20 190,57</b>
2049	16,01627	19 862,8	666,8715	12,71912	<b>20 542,39</b>
2050	16,8515	20 204,6	676,814	12,7959	<b>20 894,21</b>

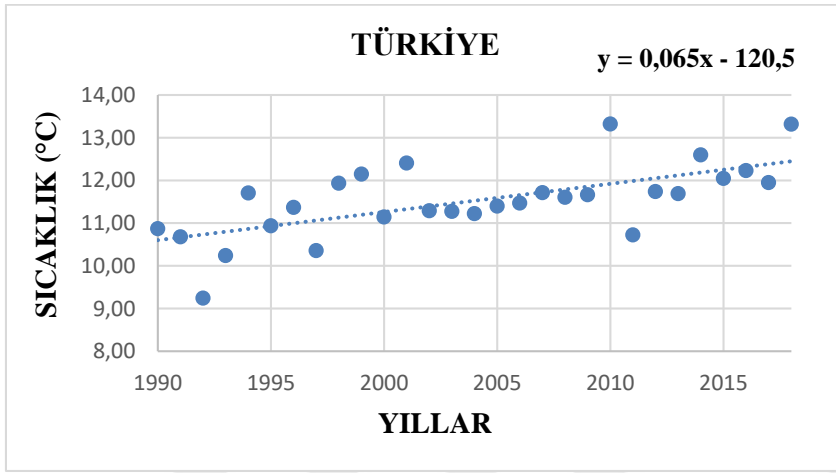
Senaryolar, insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının iklim değişikliğini nasıl etkileyeceğini belirlemek için üretilmiştir. Geleceğin tahmin edilmesi değil, olması muhtemel alternatif durumların (nüfus, ekonomi, teknoloji, vb) varsayımlarına dayanmaktadır. Dünya'nın gelecek zamandaki durumunu hayali bir şekilde canlandırıp tasvir etmektir [183]. IPCC'nin en son hazırlayıp sunduğu AR5 kapsamında ışınımsal zorlama değerleri dikkate alınarak RCP senaryosu türetilmiştir. Işınımsal zorlama, yer kürenin artış gösteren emisyonların etkisi ile absorbe ettiği ek bir enerji olarak adlandırılabilir. Birimi ise  $\text{Watt/m}^2$  'dir. İklimin gelecekte olması muhtemel durumları tahmin etmek, bir nevi öngörülerde bulunmak için RCP adı verilen Temsili Konsantrasyon Yolları belirlenmiştir. RCP senaryoları; RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 ve RCP 8.5 olmak üzere dört tanedir. Senaryoların en önemli işlevleri ise, iklim değişikliği konusunda azaltım, uyum ve modelleme çalışmalarına yardımcı olmaktır. Bu senaryoların küçükten büyüğe doğru yani RCP 2.6'dan RCP 8.5'e doğru ilerlemesi senaryolar arasındaki kötümserliğin belirlenmesini sağlamaktadır. Bu durumda RCP 8.5 senaryosu çok yüksek sera gazı emisyonlarını temsil etmektedir [183].

RCP 2.6 düşük rota senaryosudur. Bu senaryoya göre karbondioksit eşdeğer konsantrasyonu yaklaşık 490 ppm olarak tespit edilmektedir. Radyatif zorlamanın hızlı bir şekilde yükselmesini ve daha sonra düşüşe geçmesini öngörmektedir. Böylelikle negatif CO<sub>2</sub> görüldüğü belirtilmektedir. Bu özellikler senaryoyu avantajlı kılsa da senaryonun güçlü mü değil mi, teknoloji, ekonomi ve diğer koşulları ne kadar gerçekçi temsil ettiği netleşmeyen konular olduğu için dezavantajlı hale getirmektedir [184].

IPCC'nin geliştirdiği RCP 4.5, küresel ölçekte en çok tercih edilen senaryolardan biridir [179]. RCP 4.5 sera gazı emisyonlarını orta dengede tutma yoludur. Bu senaryoya göre CO<sub>2</sub> eşdeğer konsantrasyonunun yaklaşık 650 ppm ve 2100 yılında radyatif zorlamanın ise  $4.5 \text{ W/m}^2$  olacağı varsayılmaktadır. Aynı zamanda radyatif zorlamanın bu değerde sabitleneceği öngörülmektedir. RCP 4.5 senaryosunun çok iyi sinyal elde edebilmesi bu senaryoyu avantajlı hale getirmektedir. Sera gazlarının uzun süreçlerde küresel emisyonlarını, arazi kullanım ve değişikliğini ayrıca ömrü uzun olmayan gazların bilgilerini kapsamaktadır. Senaryonun hedefine ulaşabilmesi; düşük emisyon, karbon tutma kapasitesine sahip teknoloji kullanımı ve maliyet azaltımının sağlanmasıyla mümkün olabileceği öngörülmektedir [184].

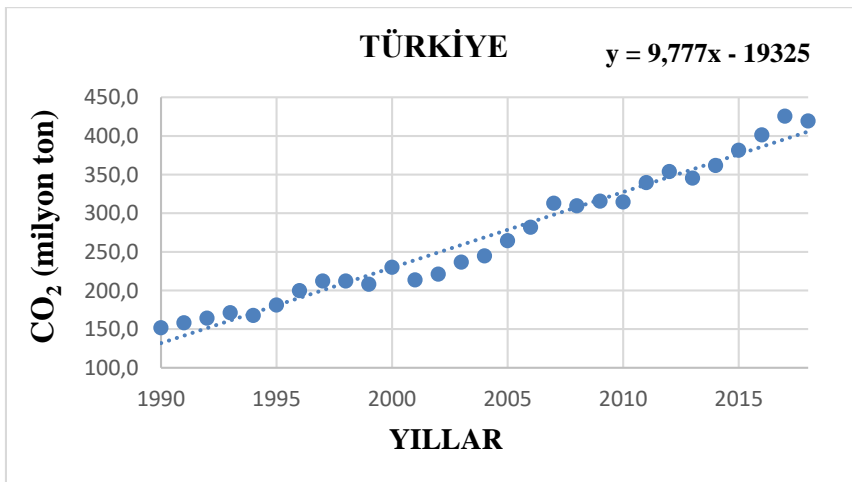
#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Küresel iklim değişikliği, insan faaliyetleri doğrultusunda sera gazlarının ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , F) yoğun bir şekilde kullanılması sonucu artış göstermektedir. Bu da yüzey sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. TÜİK'ten 1990-2018 ve Potsdam Enstitüsü'nden alınan RCP 2.6- RCP 4.5 2019-2050 yılı sera gazı verileri ile bu gazların sıcaklık üzerindeki etkisi aşağıda gösterilmektedir.



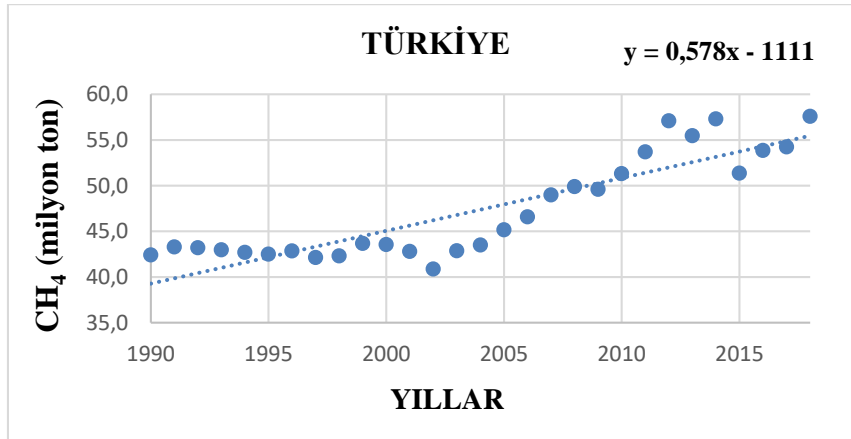
Şekil 4.1. 1990-2018 yılları arasındaki sıcaklık değişimi

Sıcaklık 1990 yılında 10,87 °C iken, 2018 yılında 13,31 °C'ye yükselmiştir. Yaklaşık olarak 1990-2018 yılları arasında Türkiye'deki toplam sıcaklık 1,85 °C artış göstermiştir (Şekil 4.1).



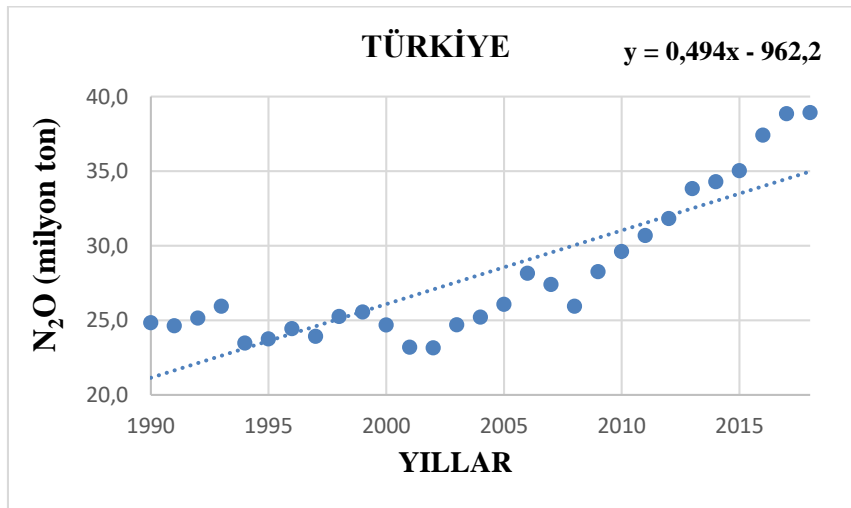
Şekil 4.2.1990-2018 yılları arasındaki CO<sub>2</sub> değişimi

Karbondioksit gazı 1990’da 151,5 milyon ton (Mt) iken, 2018’de bu oranın 419,2 milyon ton olduğu görülmektedir. 1990-2018 yılları arasında Türkiye’de ortalama karbondioksit 273,76 milyon ton artış göstermiştir. Karbondioksit gazının 1990-2018 yılları arasındaki değişimine bakıldığında en fazla 2017 yılında artış gösterdiği ve ancak zamanla birlikte sıcaklığın artış göstermesine bağlı olarak CO<sub>2</sub> değerinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.3.1990-2018 yılları arasındaki CH<sub>4</sub> gazı değişimi

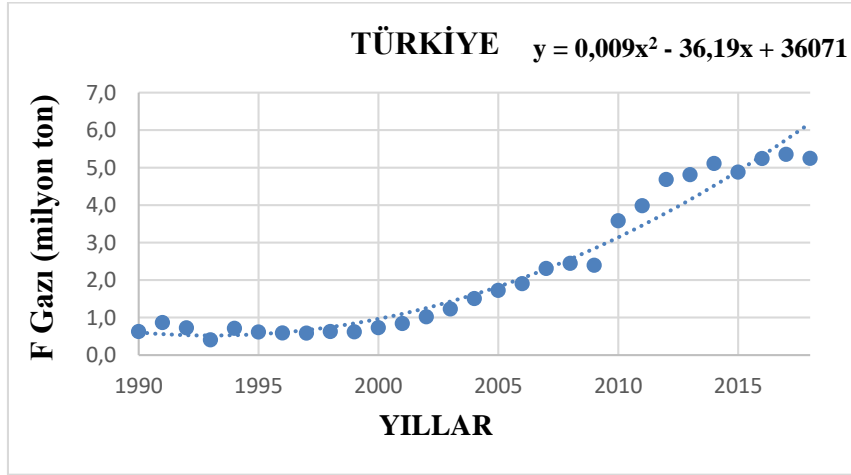
Metan gazı 1990 yılında 42,4 Mt iken, 2018 yılında bu oranın 57,6 Mt olduğu görülmektedir. 1990-2018 yılları arasında Türkiye’de ortalama metan gazı 16,18 milyon ton artış göstermiştir. CH<sub>4</sub> gazının 1990-2018 yılları arasındaki değişimine bakıldığında en fazla 2012, 2014 ve 2018 yıllarında artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.4.1990-2018 yılları arasındaki N<sub>2</sub>O gazı değişimi

Nitroz oksit gazı 1990 yılında 24,8 Mt iken, 2018 yılında bu oranın 38,9 Mt olduğu görülmektedir. 1990-2018 yılları arasında Türkiye’de ortalama nitroz oksit gazı 13,83

milyon ton artış göstermiştir. 1990-2018 yılları arasındaki  $N_2O$  değişimine bakıldığında en fazla 2017 ve 2018 yılında artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.5. 1990-2018 yılları arasındaki F gazı değişimi

F gazları 1990 yılında 0,6 Mt iken, 2018 yılında bu oranın 5,2 Mt olduğu görülmektedir. 1990-2018 yılları arasında Türkiye’de ortalama F gazı 7,72 milyon ton artış göstermiştir. F gazlarının 1990-2018 yılları arasındaki değişimine bakıldığında en fazla 2017 yılında artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.5).

Çizelge 4.1. 1990-2018 sıcaklık ve sera gazlarının analizi

<b>Regresyon İstatistiği</b>	
<b>Çoklu R</b>	0,6119354
<b>R Kare</b>	0,374464934
<b>Ayarlı R Kare</b>	0,27020909
<b>Standart Hata</b>	0,735730645
<b>Gözlem</b>	29

<b>ANOVA</b>					
	<i>Df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	4	7,776934282	1,94423357	3,591788415	0,0197185653
<b>Fark</b>	24	12,99118999	0,541299583		

	<i>Katsayı</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>
<b>Kesişim</b>	9,864531877	4,67803418	2,108691706	0,04559492
<b>CO<sub>2</sub></b>	0,008279569	0,005393948	1,534973769	0,13786924
<b>CH<sub>4</sub></b>	0,003634287	0,09353301	0,038855666	0,969326876
<b>N<sub>2</sub>O</b>	-0,021785498	0,092376237	-0,235834438	0,815562069
<b>F gazları</b>	-0,056201365	0,451285449	-0,124536178	0,901927982

TÜİK’ten alınan 1990-2018 sera gazı verileri kullanılarak sıcaklık ile ilişkisi regresyon analizi ile tespit edilmiştir. Bu analizlerde bağımlı değişken sıcaklık, bağımsız değişkenler ise CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ve F gazlarıdır. Sıcaklık ve sera gazları regresyon analiz sonucu  $R^2=0,37$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).  $R^2$  değeri ele alındığında sıcaklık değişkeninin



yaklaşık %40'ının sera gazları tarafından açıklandığı görülmektedir.  $R^2$  değerinin 1'e yakın olmamasının olası ihtimalleri arasında ormancılık ve diğer arazilerin kullanımını sonucunda ortaya çıkan emisyon ve yutaklar diğer gazlar arasında yer almamaktadır.

Katsayılara bakıldığında ise sırasıyla;  $CO_2$ 'teki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde yaklaşık %0,83'lük (0,0082 Mt) artışa neden olmaktadır.  $CH_4$  gazındaki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde yaklaşık %0,36 (0,0036 Mt) artışa neden olmaktadır.  $N_2O$ 'daki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde yaklaşık %2,18 (-0,0217 Mt) azalışa neden olmaktadır. Son olarak F gazındaki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde yaklaşık %5,62 (-0,0562 Mt) azalışa neden olmaktadır.

TÜİK'ten alınan 1990-2018 sera gazı emisyon verileri ve regresyon analiz modeli kullanılarak, her bir gazın ayrı ayrı istatistiksel analizleri aşağıdaki gibidir.

#### 4.1. Karbondioksit ( $CO_2$ )

TÜİK verilerinden elde edilen istatistiksel analiz sonucunda  $CO_2$  gazının sıcaklık üzerindeki etkisi 0,0005 Mt olarak hesaplanmış olup bu etkinin sıcaklığa anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.2). Sıcaklık değişkeninin yaklaşık %37 oranında  $CO_2$  tarafından açıklandığı analizler sonucunda belirlenmiştir. Katsayısına bakıldığında  $CO_2$  1 birim değiştiğinde sıcaklık yaklaşık %0,62 (0,0061 Mt) artmaktadır.

Çizelge 4.2.  $CO_2$  ve sıcaklık analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
<b>Çoklu R</b>	0,60735457
<b>R Kare</b>	0,36887957
<b>Ayarlı R Kare</b>	0,34550474
<b>Standart Hata</b>	0,69674341
<b>Gözlem</b>	29

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	1	7,660936	7,660936	15,78106	0,0004759
<b>Fark</b>	27	13,10718	0,485451		
<b>Toplam</b>	28	20,76812			

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>
<b>Kesişim</b>	9,86072661	0,4381915963	22,50323	5,0231E
<b><math>CO_2</math></b>	0,00618807	0,0015577123	3,972538	0,0004759

#### 4.2. Metan (CH<sub>4</sub>)

TÜİK verilerinden elde edilen istatistiksel analiz sonucunda CH<sub>4</sub> gazının sıcaklık üzerindeki etkisi 0,0024 Mt olarak hesaplanmış olup bu etkinin sıcaklığa anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.3). Sıcaklık değişkeninin yaklaşık %30 oranında metan gazı tarafından açıklandığı analizler sonucunda belirlenmiştir. CH<sub>4</sub> katsayısı 1 birim değiştiğinde sıcaklık yaklaşık %8,37 (0,0837 Mt) artmaktadır.

Çizelge 4.3. CH<sub>4</sub> ve sıcaklık analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
<b>Çoklu R</b>					0,54132
<b>R Kare</b>					0,293028
<b>Ayarlı R Kare</b>					0,266844
<b>Standart Hata</b>					0,737425
<b>Gözlem</b>					29
<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	1	6,085637	6,085637	11,19103	0,002425
<b>Fark</b>	27	14,68248	0,543795		
<b>Toplam</b>	28	20,76812			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
<b>Kesişim</b>	7,555849	1,194020	6,3280	8,9547E	
<b>CH<sub>4</sub></b>	0,083769	0,025040	3,3453	0,002425	

#### 4.3. Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O)

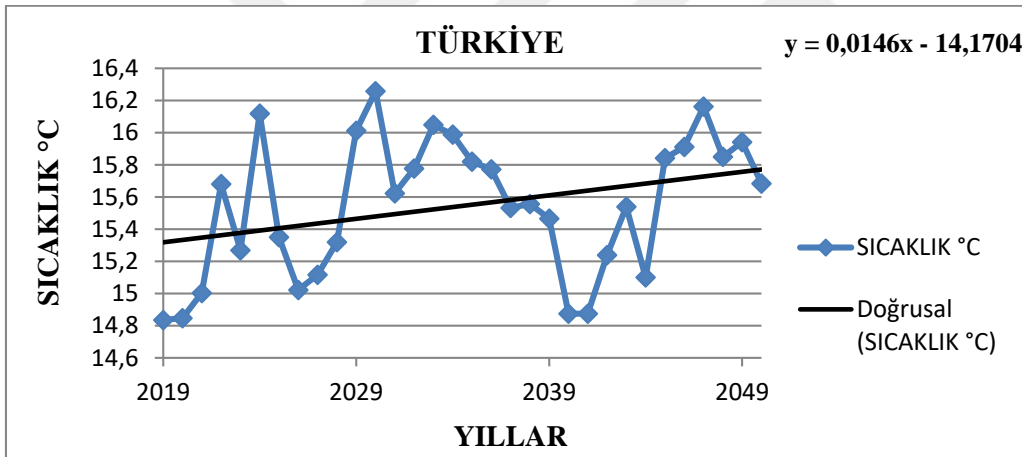
TÜİK verilerinden elde edilen istatistiksel analiz sonucunda N<sub>2</sub>O gazının sıcaklık üzerindeki etkisi 0,0035 Mt olarak hesaplanmış olup bu etkinin sıcaklığa anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.4). Sıcaklık değişkeninin yaklaşık %28 oranında nitröz oksit gazı tarafından açıklandığı analizler sonucunda belirlenmiştir. N<sub>2</sub>O katsayısı 1 birim değiştiğinde sıcaklık yaklaşık %9,20 (0,0920 Mt) artmaktadır.

Çizelge 4.4. N<sub>2</sub>O ve Sıcaklık analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
---------------------------------	--	--	--	--	--

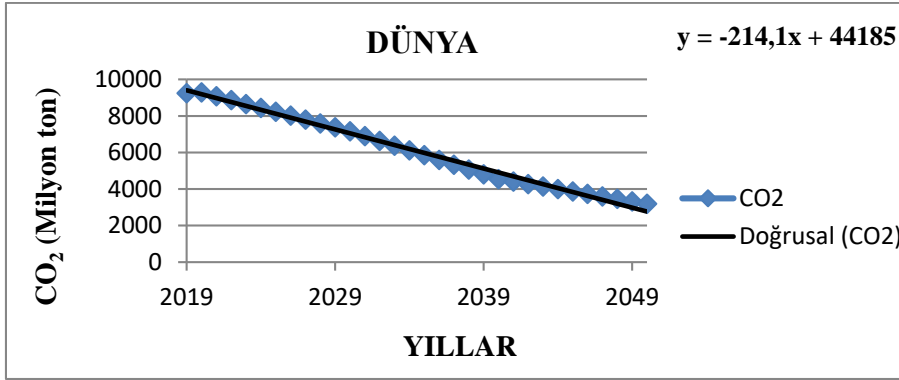
<b>Çoklu R</b>	0,524109				
<b>R Kare</b>	0,27469				
<b>Ayarlı R Kare</b>	0,247827				
<b>Standart Hata</b>	0,746927				
<b>Gözlem</b>	29				
<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	1	5,704796	5,704796	10,22546	0,00352
<b>Fark</b>	27	15,06332	0,557901		
<b>Toplam</b>	28	20,76812			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
<b>Kesişim</b>	8,939175	0,820099	10,90011	2,1654E	
<b>N<sub>2</sub>O</b>	0,092086	0,028797	3,197728	0,00352	

Çalışmamız aynı zamanda 2019-2050 yıllarını temel alarak, RCP 2.6 ile RCP 4.5 senaryolarını içermektedir. Bu senaryolar doğrultusunda gelecekte olması muhtemel sera gazı emisyon artışlarının sıcaklık ile ilişkisi değerlendirilmiştir.



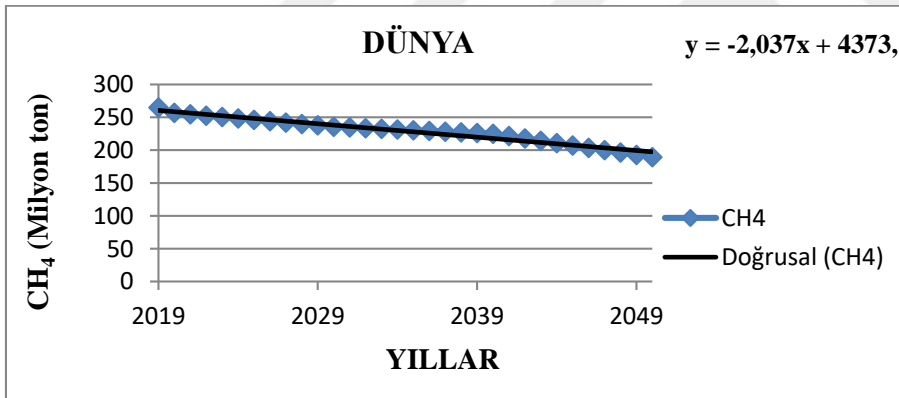
Şekil 4.6. RCP 2.6 2019-2050 yılları arasındaki sıcaklık değişimi

RCP 2.6 senaryosunda sıcaklık 2019 yılında 14,83 °C iken, 2050 yılında sıcaklığın 15,68 °C'ye ulaşacağı öngörülmektedir. 2020'li yılları takip eden süreçte sıcaklığın 16 °C'ye çıktığı görülmekte olup daha sonraki yıllarda ani düşüşe geçmesi RCP 2.6 senaryosuna uygunluğunu da göstermektedir. Yaklaşık olarak 2019-2050 yılları arasında Türkiye'deki toplam sıcaklık 0,4526 °C artış göstermiştir (Şekil 4.6).



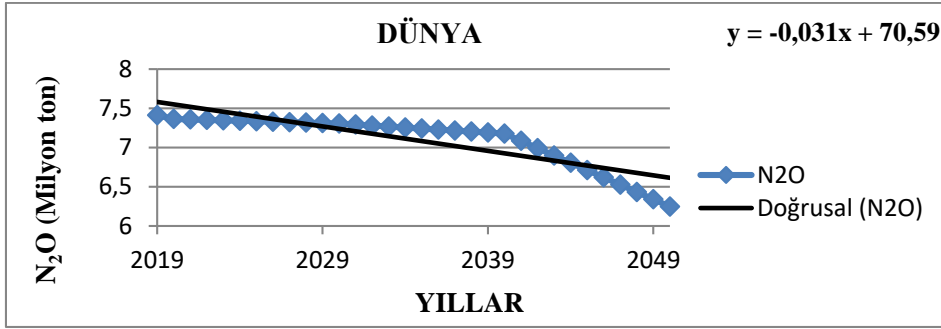
Şekil 4.7. RCP 2.6 2019-2050 yılları arasındaki CO<sub>2</sub> değişimi

RCP 2.6 senaryosuna göre, karbondioksit gazı 2019’da 9241,07 milyon ton (Mt) iken, 2050’de bu oranın 3185,6 milyon tona düştüğü görülmektedir. 2019-2050 yılları arasında Dünyada ortalama karbondioksit -6.637,1 milyon ton azalış göstermiştir. Karbondioksit gazının 2019-2050 yılları arasındaki değişimine bakıldığında en fazla 2019-2020 yıllarında artış gösterdiği ve ancak zamanla CO<sub>2</sub> değerinin azaldığı görülmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.8. RCP 2.6 2019-2050 yılları arasındaki CH<sub>4</sub> değişimi

Metan gazı RCP 2.6 senaryosunda 2019 yılında 264,75 Mt iken, 2050 yılında bu oranın 189,29 Mt’a düştüğü görülmektedir. 2019-2050 yılları arasında Dünyada ortalama metan gazı -63,147 milyon ton azalış göstermiştir. CH<sub>4</sub> gazının 2019-2050 yılları arasındaki değişimine bakıldığında en fazla 2019 ve 2020 yıllarında artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.9. RCP 2.6 2019-2050 yılları arasındaki N<sub>2</sub>O gazı değişimi

RCP 2.6 senaryosuna göre Dünyada nitroz oksit gazı 2019 yılında 7,41 Mt iken, 2050 yılında bu oranın 6,24 Mt olduğu görülmektedir. 2019-2050 yılları arasında Dünyada ortalama nitroz oksit gazı -0,961 milyon ton azalış göstermiştir. 2019-2050 yılları arasındaki N<sub>2</sub>O değişimine bakıldığında en fazla 2019 yılında artış gösterdiği ve 2040'lı yıllardan itibaren de N<sub>2</sub>O grafiğinde bir azalışın yaşandığı görülmektedir (Şekil 4.9).

Çizelge 4.5. RCP 2.6 2019-2050 sıcaklık ve sera gazlarının analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
<b>Çoklu R</b>	0,650228
<b>R Kare</b>	0,422796
<b>Ayarlı R Kare</b>	0,360953
<b>Standart Hata</b>	0,342366
<b>Gözlem</b>	32

<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	3	2,404033	0,801344	6,836581	0,00134
<b>Fark</b>	28	3,281997	0,117214		
<b>Toplam</b>	31	5,68603			

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>
<b>Kesişim</b>	18,92492	2,068811	9,147726	6,62E-10
<b>CO<sub>2</sub></b>	0,000486	0,000139	3,508438	0,001542
<b>CH<sub>4</sub></b>	-0,08821	0,022237	-3,96707	0,000459
<b>N<sub>2</sub>O</b>	1,951903	0,653658	2,986122	0,005813

Potsdam Enstitüsü'nden alınan 2019-2050 sera gazı verileri (RCP 2.6) kullanılarak sıcaklık ile ilişkisi regresyon analizi ile tespit edilmiştir. Bu analizlerde bağımlı değişken sıcaklık, bağımsız değişkenler ise CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O gazlarıdır. Sıcaklık ve sera gazları regresyon analiz sonucu R<sup>2</sup>=0,42 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5). R<sup>2</sup> değeri ele alındığında sıcaklık değişkeninin %42'sinin sera gazları tarafından açıklandığı görülmektedir.

Katsayılara bakıldığında ise sırasıyla; CO<sub>2</sub>'teki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde yaklaşık %0,04'lük (0,0004 Mt) artışa neden olmaktadır. CH<sub>4</sub> gazındaki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde yaklaşık %9 (-0,0882 Mt) azalışa neden olmaktadır.

N<sub>2</sub>O'daki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde %195 (1,9519 Mt) artışa neden olmaktadır. Anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olduğunda anlamlı,  $p > 0,05$  olduğunda ise anlamsız olarak yorumlanmaktadır. RCP 2.6 senaryosu verileri ile yapılan sıcaklık ve sera gazı regresyon analizimizin anlamlılık düzeyi 0,0013 yani  $p < 0,05$  olduğu için kurulan regresyon modeli anlamlıdır. Yani sera gazları sıcaklığa anlamlı bir şekilde etki etmektedir.

Çizelge 4.6. RCP 2.6 2019-2050 CO<sub>2</sub> ve sıcaklık analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
<b>Çoklu R</b>					0,285205
<b>R Kare</b>					0,081342
<b>Ayarlı R Kare</b>					0,05072
<b>Standart Hata</b>					0,417274
<b>Gözlem</b>					32
<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	1	0,462511	0,462511	2,656319	0,113596
<b>Fark</b>	30	5,223519	0,174117		
<b>Toplam</b>	31	5,68603			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
<b>Kesişim</b>	15,91286	0,237725	66,93825	3,19E-34	
<b>CO<sub>2</sub></b>	-6,1E-05	3,71E-05	-1,62982	0,113596	

RCP 2.6 senaryosu sıcaklık ve CO<sub>2</sub> verilerinden elde edilen istatistiksel analiz sonucunda CO<sub>2</sub> gazının sıcaklık üzerindeki etkisi 0,1135 Mt olarak hesaplanmış olup bu etkinin sıcaklığa anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.6). Sıcaklık değişkeninin %8,13 oranında CO<sub>2</sub> tarafından açıklandığı analizler sonucunda belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> katsayısı 1 birim değiştğinde sıcaklık azalmaktadır.

Çizelge 4.7. RCP 2.6 2019-2050 CH<sub>4</sub> ve sıcaklık analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
<b>Çoklu R</b>					0,386497
<b>R Kare</b>					0,14938
<b>Ayarlı R Kare</b>					0,121026
<b>Standart Hata</b>					0,401524
<b>Gözlem</b>					32
<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	1	0,84938	0,84938	5,268397	0,028883
<b>Fark</b>	30	4,83665	0,161222		
<b>Toplam</b>	31	5,68603			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
<b>Kesişim</b>	17,49013	0,850608	20,56191	3,1E-19	
<b>CH<sub>4</sub></b>	-0,0085	0,003703	-2,2953	0,028883	

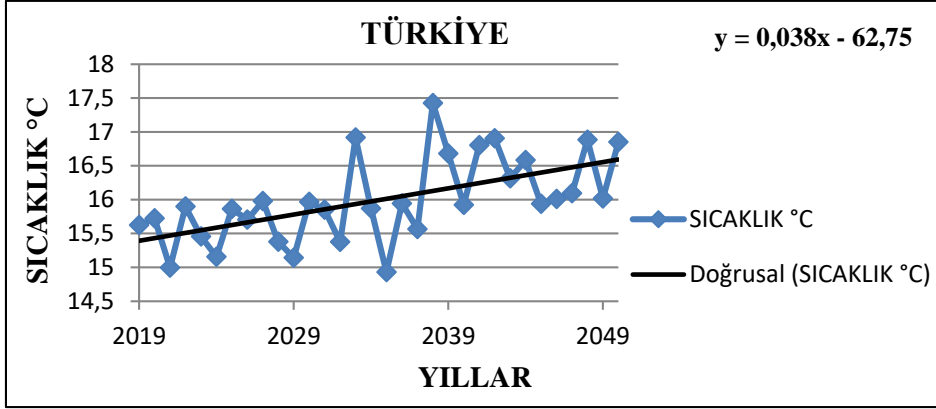
RCP 2.6 senaryosu sıcaklık ve CH<sub>4</sub> verilerinden elde edilen istatistiksel analiz sonucunda CH<sub>4</sub> gazının sıcaklık üzerindeki etkisi 0,0288 Mt olarak hesaplanmış olup bu etkinin sıcaklığa anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir (p<0,05) (Çizelge 4.7). Sıcaklık değişkeninin yaklaşık %15 oranında metan gazı tarafından açıklandığı analizler sonucunda belirlenmiştir. CH<sub>4</sub> katsayısı 1 birim değiştiğinde sıcaklık yaklaşık %0,85 (-0,0085 Mt) azalmaktadır.

Çizelge 4.8. RCP 2.6 2019-2050 N<sub>2</sub>O ve sıcaklık analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
<b>Çoklu R</b>					0,30928
<b>R Kare</b>					0,095654
<b>Ayarlı R Kare</b>					0,06551
<b>Standart Hata</b>					0,41401
<b>Gözlem</b>					32
<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	1	0,543894	0,543894	3,173158	0,084985
<b>Fark</b>	30	5,142136	0,171405		
<b>Toplam</b>	31	5,68603			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
<b>Kesişim</b>	18,341	1,57157	11,67049	1,12E-12	
<b>N<sub>2</sub>O</b>	-0,39406	0,221218	-1,78134	0,084985	

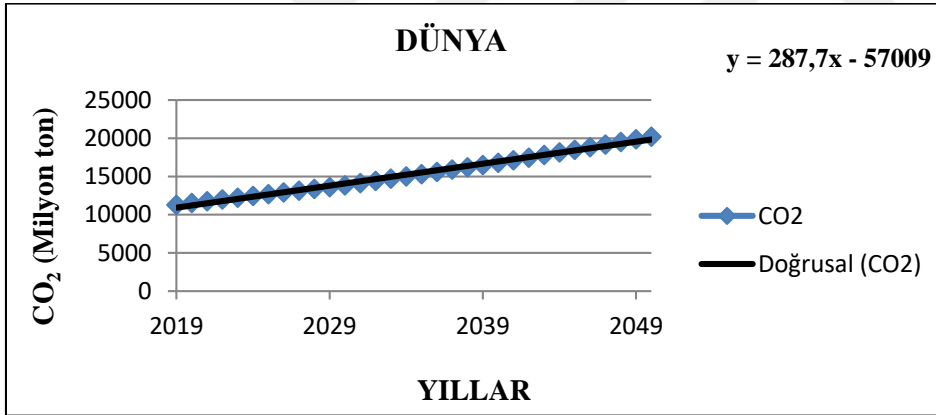
RCP 2.6 senaryosu sıcaklık ve N<sub>2</sub>O verilerinden elde edilen istatistiksel analiz sonucunda N<sub>2</sub>O gazının sıcaklık üzerindeki etkisi 0,0849 Mt olarak hesaplanmış olup bu etkinin sıcaklığa anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (p>0,05) (Çizelge 4.8). Sıcaklık değişkeninin yaklaşık %10 oranında nitroz oksit gazı tarafından açıklandığı analizler sonucunda belirlenmiştir. N<sub>2</sub>O katsayısı 1 birim değiştiğinde sıcaklık yaklaşık %39,4 (-0,3940 Mt) azalmaktadır.

RCP 4.5 senaryosu doğrultusunda gelecekte olması muhtemel sera gazı emisyon artışlarının sıcaklık ile ilişkisi ve sera gazlarının tek tek 2019-2050 yılları arasındaki artış veya azalış eğilimleri aşağıda değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.



Şekil 4.10. RCP 4.5 2019-2050 yılları arasındaki sıcaklık değişimi

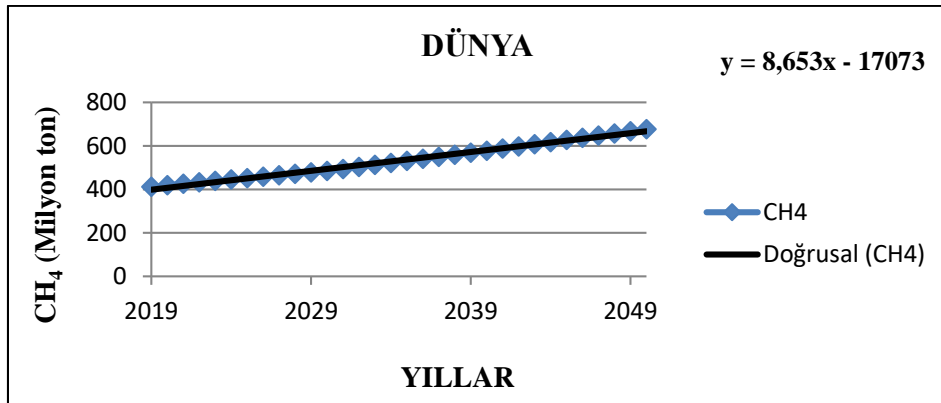
RCP 4.5 senaryosunda sıcaklık 2019 yılında 15,62 °C iken, 2050 yılında sıcaklığın 16,85 °C'ye ulaşacağı öngörülmektedir. En yüksek sıcaklığın 17,42 °C ile 2038 yılında olacağı 2019-2050 sıcaklık grafiğinde gösterilmiştir. Yaklaşık olarak 2019-2050 yılları arasında Türkiye'deki toplam sıcaklık 1,178 °C artış göstermiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.11. RCP 4.5 2019-2050 yılları arasındaki CO<sub>2</sub> değişimi

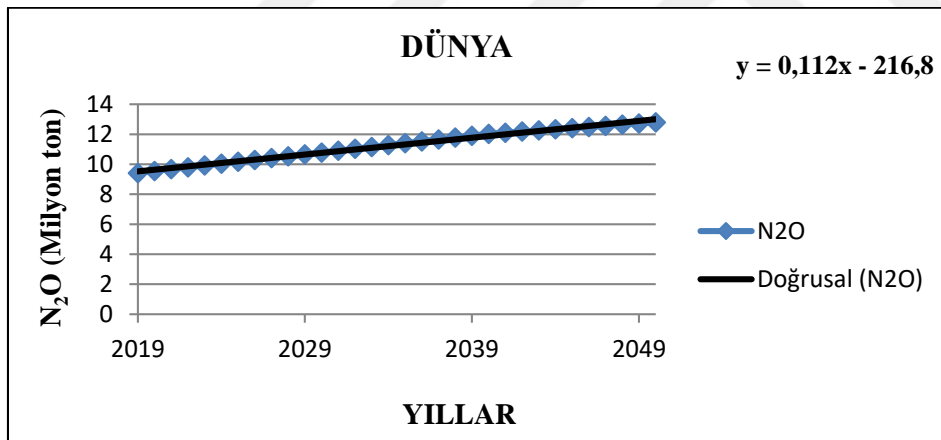
RCP 4.5 senaryosuna göre, karbondioksit gazı 2019'da 11276,31 milyon ton (Mt) iken, 2050'de bu oranın 20204,6 milyon tona yükseldiği görülmektedir. 2019-2050 yılları arasında Dünyada ortalama karbondioksit 8 918,7 milyon ton artış göstermiştir. Karbondioksit gazının 2019-2050 yılları arasındaki değişimine bakıldığında en fazla 2050 yılında artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.11).





Şekil 4.12. RCP 4.5 2019-2050 yılları arasındaki CH<sub>4</sub> değişimi

Metan gazı RCP 4.5 senaryosunda 2019 yılında yaklaşık 412 Mt iken, 2050 yılında bu oran yaklaşık 677 Mt'a çıktığı görülmektedir. 2019-2050 yılları arasında Dünyada ortalama metan gazı 268,243 milyon ton artış göstermiştir. CH<sub>4</sub> gazının 2019-2050 yılları arasındaki değişimine bakıldığında en fazla 2050 yılında artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.13. RCP 4.5 2019-2050 yılları arasındaki N<sub>2</sub>O değişimi

RCP 4.5 senaryosuna göre Dünyada nitröz oksit gazı 2019 yılında 9,41 Mt iken, 2050 yılında bu oran 12,79 Mt olduğu görülmektedir. 2019-2050 yılları arasında Dünyada ortalama nitröz oksit gazı 3,47 milyon ton artış göstermiştir. 2019-2050 yılları arasındaki N<sub>2</sub>O değişimine bakıldığında en fazla 2050 yılında artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.13).

RCP 4.5 konsantrasyon senaryosuna göre, 2019-2050 Türkiye'nin sıcaklık, global sera gazı emisyon verileri ile ekonometrik bir model olan regresyon analiz modeli kullanılarak, her bir gazın ayrı ayrı istatistiksel analizleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Çizelge 4.9. RCP 4.5 sıcaklık ve sera gazlarının analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
<b>Çoklu R</b>		0,620800085			
<b>R Kare</b>		0,385392746			
<b>Ayarlı R Kare</b>		0,319541968			
<b>Standart Hata</b>		0,513415906			
<b>Gözlem</b>		32			
<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	3	4,628097761	1,542699254	5,852516276	0,003102622
<b>Fark</b>	28	7,380685003	0,263595893		
<b>Toplam</b>	31	12,00878276			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
<b>Kesişim</b>	5,264149249	5,839182408	0,901521631	0,375000731	
<b>CO<sub>2</sub></b>	-0,002745132	0,002144975	-1,279797186	0,211119251	
<b>CH<sub>4</sub></b>	0,090081997	0,07091938	1,27020282	0,214466539	
<b>N<sub>2</sub>O</b>	0,437999317	0,556293997	0,787352225	0,437690133	

Potsdam Enstitüsü'nden alınan 2019-2050 sera gazı verileri (RCP 4.5) kullanılarak sıcaklık ile ilişkisi regresyon analizi ile tespit edilmiştir. Bu analizlerde bağımlı değişken sıcaklık, bağımsız değişkenler ise CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O gazlarıdır. Sıcaklık ve sera gazları regresyon analiz sonucu R<sup>2</sup>=0,38 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9). R<sup>2</sup> değeri ele alındığında sıcaklık değişkeninin yaklaşık %40'ının sera gazları tarafından açıklandığı görülmektedir. Katsayılar (coefficients) bakıldığında ise sırasıyla; CO<sub>2</sub>'teki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde yaklaşık %0,27'lik (-0,0027 Mt) azalışa neden olmaktadır. CH<sub>4</sub> gazındaki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde %9 (0,0900 Mt) artışa neden olmaktadır. N<sub>2</sub>O'daki 1 birimlik değişiklik sıcaklık değişkeninde yaklaşık %43,80 (0,4379 Mt) artışa neden olmaktadır. Anlamlılık düzeyi p<0,05 olduğunda anlamlı, p>0,05 olduğunda ise anlamsız olarak yorumlanmaktadır. RCP 4.5 senaryosu verileri ile yapılan sıcaklık ve sera gazı regresyon analizimizin anlamlılık düzeyi 0,0031 yani p<0,05 olduğu için kurulan regresyon modeli anlamlıdır. Yani sera gazları sıcaklığa anlamlı bir şekilde etki etmektedir.

Çizelge 4.10. RCP 4.5 CO<sub>2</sub> ve sıcaklık analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
<b>Çoklu R</b>					0,580083185
<b>R Kare</b>					0,336496501
<b>Ayarlı R Kare</b>					0,314379718
<b>Standart Hata</b>					0,515359725
<b>Gözlem</b>					32
<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	1	4,040913381	4,040913381	15,21453172	0,000501453
<b>Fark</b>	30	7,967869383	0,265595646		
<b>Toplam</b>	31	12,00878276			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
<b>Kesişim</b>	13,94181946	0,533584609	26,12860122	3,40163E-22	
<b>CO<sub>2</sub></b>	0,00013335	3,41871E-05	3,900580946	0,000501453	

RCP 4.5 senaryosu sıcaklık ve CO<sub>2</sub> verilerinden elde edilen istatistiksel analiz sonucunda CO<sub>2</sub> gazının sıcaklık üzerindeki etkisi 0,0005 Mt olarak hesaplanmış olup bu etkinin sıcaklığa anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir (p<0,05) (Çizelge 4.10). Sıcaklık değişkeninin yaklaşık %34 oranında CO<sub>2</sub> tarafından açıklandığı analizler sonucunda belirlenmiştir. Katsayısına bakıldığında CO<sub>2</sub> 1 birim değiştiğinde sıcaklık yaklaşık %0,01 (0,0001 Mt) artmaktadır.

Çizelge 4.11. RCP 4.5 CH<sub>4</sub> ve sıcaklık analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
<b>Çoklu R</b>					0,5830079
<b>R Kare</b>					0,339898211
<b>Ayarlı R Kare</b>					0,317894818
<b>Standart Hata</b>					0,514036931
<b>Gözlem</b>					32
<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	1	4,081763777	4,081763777	15,44753627	0,000462255
<b>Fark</b>	30	7,927018987	0,264233966		
<b>Toplam</b>	31	12,00878276			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
<b>Kesişim</b>	13,61828805	0,610882269	22,29281932	3,17473E-20	
<b>CH<sub>4</sub></b>	0,004454731	0,001133423	3,930335389	0,000462255	

RCP 4.5 senaryosu sıcaklık ve CH<sub>4</sub> verilerinden elde edilen istatistiksel analiz sonucunda CH<sub>4</sub> gazının sıcaklık üzerindeki etkisi 0,0004 Mt olarak hesaplanmış olup bu etkinin

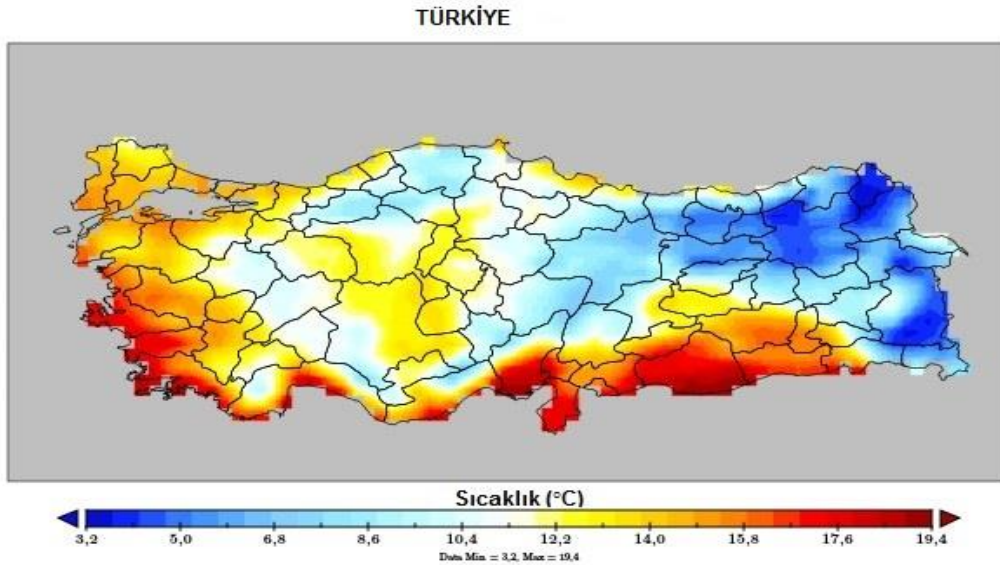
sıcaklığa anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.11). Sıcaklık değişkeninin yaklaşık %34 oranında metan gazı tarafından açıklandığı analizler sonucunda belirlenmiştir. CH<sub>4</sub> katsayısı 1 birim değiştiğinde sıcaklık yaklaşık %0,44 (0,0044 Mt) artmaktadır.

Çizelge 4.12. RCP 4.5 N<sub>2</sub>O ve sıcaklık analizi

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
<b>Çoklu R</b>					0,591118516
<b>R Kare</b>					0,3494211
<b>Ayarlı R Kare</b>					0,327735137
<b>Standart Hata</b>					0,510315611
<b>Gözlem</b>					32
<b>ANOVA</b>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
<b>Regresyon</b>	1	4,196122086	4,19612209	16,11277742	0,000367354
<b>Fark</b>	30	7,812660679	0,26042202		
<b>Toplam</b>	31	12,00878276			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
<b>Kesişim</b>	12,06777025	0,981907554	12,2901287	3,06466E-13	
<b>N<sub>2</sub>O</b>	0,348464914	0,086810819	4,01407242	0,000367354	

RCP 4.5 senaryosu verilerinden elde edilen istatistiksel analiz sonucunda N<sub>2</sub>O gazının sıcaklık üzerindeki etkisi 0,0003 Mt olarak hesaplanmış olup bu etkinin sıcaklığa anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.12). Sıcaklık değişkeninin yaklaşık %35 oranında nitroz oksit gazı tarafından açıklandığı analizler sonucunda belirlenmiştir. N<sub>2</sub>O katsayısı 1 birim değiştiğinde sıcaklık yaklaşık %35 (0,3484 Mt) artmaktadır.

Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası ortalama sıcaklık dağılımı saatlik olarak, 25x25 km alansal çözünürlükte haritalandırılmıştır [185]. Özellikle Akdeniz kıyıları ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde sıcaklık artışının yüksek olduğu (17-19 °C) görülmektedir. Ayrıca Ege kıyıları ve Marmara'nın iç kısımlarında sıcaklığın 15-19 °C olduğu ve Orta ve İç Anadolu bölgelerinde ise yaklaşık 8-14 °C arasında seyretmektedir. Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde ise bu artışın 3-8 °C arasında olduğu görülmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Türkiye'nin son 30 yıldaki ortalama sıcaklık dağılışı

Çalışmamıza paralel olarak, çeşitli araştırmacılar iklim değişikliğinde sera gazlarının sıcaklığa etkisi üzerine yaptıkları çalışmalarda, uzun vadede olumsuz etkilerin artış göstereceğini ve azaltım politikası uygulanması gerektiğini, CO<sub>2</sub> miktarının yıllık %5,8 artacağını, kömürden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonunun %80'e yakın oranda yükseliş gösterdiğini, içerisindeki toplam oranın değişmeden %57,3 oranında olduğunu, doğalgazdan kaynaklı CO<sub>2</sub> payının ise 15 yılda %27'den %40'ın üzerine yükseldiğini, 2020 yılında 740,33 Mt, 2025 yılında 1039,32 Mt ve 2030 yılında 1244,13 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri olacağını bu değer Türkiye'nin 2030 yılı için Paris İklim Zirvesi'nde taahhüt ettiği emisyon değerinden (929 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri) çok fazla olduğunu bildirmiştir [146, 148, 157, 164]. Ayrıca farklı bir çalışmada ise yenilenebilir enerji kullanımının CO<sub>2</sub> emisyonuna öncülük ederek emisyonda azalma gösterdiğini bildirmiştir [167]. Dolayısıyla fosil yakıt kullanımı sonucunda açığa çıkan sera gazı emisyonu küresel bir sorun olan iklim değişikliğini büyük ölçüde etkilemektedir.

Günümüzde iklim değişikliği, küresel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu sorunların etkilerine çözüm yolları üretebilmek için ülkeler müzakere çabalarını geliştirmeye ve yenilemeye çalışsada bu kararların uygulanabilirliğinde sorun yaşanmakta ve karşılık bulamaması durumunda ise endişeye neden olmaktadır. Bu yüzden de tüm ülkelerin iş birliği yaparak ortak çözüm yolları geliştirmeleri kaçınılmazdır. İklim değişikliğinin küresel bir sorun olması uluslararası alanda yapılan çalışmalarla BM çatısı altında toplanma ihtiyacını doğurmuş ve bilimsel çalışmalarla çözüm arayışlarına

gidilmiştir. Yürürlükte olan BMİDÇS ile Kyoto Protokolü uluslararası anlaşmaların başında gelmektedir. 2020 yılında bu anlaşmanın sona erecek olması ile birlikte ilk küresel anlaşma olan Paris İklim Anlaşması imzalanmıştır.

Türkiye bu anlaşmayı imzalamış fakat Türkiye Büyük Millet Meclisi anlaşmayı onaylamamıştır. Anlaşmayı imzalarken de özel durumunun olduğunu beyan etmiş, gelişmiş teknoloji, yeni üretim ve tüketim araçları konusunda desteğe ihtiyacı olması ve ekonomik gücü gibi sebeplerle Ek-2'den çıkma talebinde bulunmuştur. Aynı zamanda ülkelerin destekleyeceği 100 milyar dolarlık yeşil iklim fonundan yararlanabilmek için çıkmıştır. Türkiye'nin de bu fon kapsamında değerlendirileceği göz önüne alındığından anlaşmayı olduğu haliyle imzalamamıştır. Türkiye'nin de gelişmişlik düzeyi göz önüne alındığında böyle bir özel durum ve ayrıcalık istemesi ülkenin haklılığını göstermektedir. Çünkü gelişmiş ülke statüsünde olmadığı için ekonomik düzeyi ve kalkınma durumu bu taahhütler için yeterli değildir. Küresel emisyonların %55'ini içeren en az 55 ülkenin taraf olması Anlaşma'nın yürürlüğe girme koşulunu belirlediğinden, bu koşul 4 Kasım 2016 tarihinde sağlanmıştır. ABD'nin anlaşmadan çekilmek istemesi üzerine onaylamayan diğer ülkeler çekimser davranmış ve Paris Anlaşması'nın kapsadığı etki alanının azalmasına neden olmuştur.

TÜİK'ten alınan emisyon verilerine göre Türkiye'nin 2018 yılı sera gazı emisyon miktarları sırasıyla CO<sub>2</sub> 419,2 Mt, CH<sub>4</sub> 57,6 Mt, N<sub>2</sub>O 38,9 Mt ve F gazı da 5,2 Mt' dir. Türkiye'nin 1990-2018 yılları arasındaki karbondioksit emisyon miktarı ortalama 273,76 milyon ton artış göstermiştir. Bu sırayı devam eden diğer gazlar sırasıyla; CH<sub>4</sub> için ortalama 16,18, N<sub>2</sub>O için ortalama 13,83 ve F gazı için ortalama 7,72 milyon ton artış gösterdiği görülmektedir.

Çalışmamızda yaptığımız 1990-2018 yılları arasındaki toplam sera gazı ve sıcaklık analizinde, sıcaklık değişkeninin yaklaşık %40'nın sera gazları tarafından açıklandığı görülmektedir. Aynı şekilde ayrı ayrı sera gazları ve sıcaklık ilişkisine baktığımızda ise, sıcaklık değişkeninin yaklaşık %37'sinin CO<sub>2</sub>, yaklaşık %30'unun CH<sub>4</sub> ve yaklaşık %28'inin N<sub>2</sub>O emisyonu tarafından açıklandığı görülmektedir.

2019-2050 RCP 2.6 senaryosu ile yaptığımız sera gazı ve sıcaklık analizinde ise, sıcaklık değişkeninin %42'sinin sera gazları tarafından açıklandığı görülmektedir. . Aynı şekilde

ayrı ayrı sera gazları ve sıcaklık ilişkisine baktığımızda, sıcaklık değişkeninin yaklaşık %10'unun CO<sub>2</sub>, yaklaşık %15'inin CH<sub>4</sub> ve yaklaşık %10'unun N<sub>2</sub>O gazı tarafından açıklandığı görülmektedir. 2019-2050 RCP 4.5 senaryosu ile yaptığımız sera gazı ve sıcaklık analizinde ise, sıcaklık değişkeninin %40'ının sera gazları tarafından açıklandığı görülmektedir. . Aynı şekilde ayrı ayrı sera gazları ve sıcaklık ilişkisine baktığımızda ise, sıcaklık değişkeninin yaklaşık %34'ünün CO<sub>2</sub>, yaklaşık %34'ünün CH<sub>4</sub> ve yaklaşık %35'inin N<sub>2</sub>O gazı tarafından açıklandığı görülmektedir.

Anlaşmaya taraf olan ülkelerin ulusal katkıları ile beyan ettikleri emisyon azaltım miktarları ve yıllar itibari ile ortaya çıkan yıllık CO<sub>2</sub>, kişi başına düşen CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O gazları şu şekilde sıralanmıştır.

#### Avrupa Birliği ve Üye Devletleri

Avrupa Birliği ve dâhilindeki ülkeler emisyonlarını ülke içinde %40 azaltım taahhüdünde bulunmuşlardır. RES kullanımının artırılması, Avrupa Birliği'nin enerji politikasının merkezinde yer almaktadır ve hem sera gazı emisyonlarının azaltılmasına hem de enerji arzının güvenliğine ve yeni istihdam yaratılmasına katkıda bulunması beklenmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan gelen enerjinin payını en az %27, rekabetçi ve güvenli bir enerji sistemi oluşturmak için de yeni göstergeler ve bağlayıcı hedefler belirlemişlerdir [186]. 2030 yılına kadar sera gazlarını azaltım için arazi kullanımlarında, ormancılıkta bu azaltımın nasıl yapılabileceğine ilişkin politikalar benimseyecektir [187]. Avrupa Birliği üyesi olan Almanya'nın yıllık CO<sub>2</sub> emisyonu 1990 yılında 1,11 milyar tondan 2017 yılında 797,97 milyon tona kadar düştüğü belirtilmiştir [188].

Bu düşüşe AB açısından bakıldığında tarım, sera gazlarını azaltma konusunda oldukça katkı sağlamaktadır. Ancak her yerde olduğu gibi AB'deki toplumun da yaşamını devam ettirebilmesi için gerekli duyduğu tarım faaliyetlerini yerine getirmesi gerekmektedir. Bu yüzden de tarım AB'nin azaltması en zor olan CO<sub>2</sub> dışı sera gazı emisyon kaynağıdır. Tarım faaliyetleri CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O gibi sera gazlarının açığa çıkmasına neden olacaktır. Ancak tarımsal faaliyetlerden çıkan bu emisyonları gelişmiş hayvancılık, gübrenin yönetimi gibi uygulamalarla ve teknoloji ile birlikte azaltabileceği öngörülmektedir.

### Çin

Çin en büyük sera gazı emisyonu yayan ülkelerden biridir. Bu nedenle sunduğu azaltım katkıları Dünya açısından büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda 2030 yılına kadar karbon yoğunluğunu azaltma, 2005 düzeyine göre gayrisafi yurtiçi hâsıla CO<sub>2</sub> emisyonlarını %60-65 azaltma, fosil yakıt olmayan birincil enerji içindeki payını %20 oranında artırma ve orman stok hacmini 4,5 milyar metre küp oranında artırmayı hedeflediğini vurgulamıştır [189].

CO<sub>2</sub> emisyon azaltım miktarının 1990-2018 yılları arasında 7,64 milyar ton artış gösterdiği ayrıca, her yıl kişi başına düşen CH<sub>4</sub> gazının 1990-2016 yılları arasında 0,27 ton, N<sub>2</sub>O gazının ise 0,12 ton oranında artış gösterdiği ve bu durumun ülkedeki fosil yakıt kullanımına bağlı artıştan kaynaklandığı tahmin edilmektedir [190]. Türkiye’de ise CO<sub>2</sub> emisyonları 28 yıllık süre zarfında (1990-2018) ortalama 273,76 milyon ton artış göstermiştir. Bu iki ülkede de emisyon artışları büyük ölçüde dikkat çekmektedir. Çin, Türkiye’ye göre ekonomisi gelişmiş, kalkınmış bir ülkedir. Çin’in nüfusunun fazla oluşu kullanılan kaynakları da etkilemekte olup buna paralel olarak endüstri, teknoloji gibi faaliyetlerin artmasına da neden olduğu öngörülmektedir. Çin ve Hindistan gibi ülkeler hâlâ CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> gazının büyümesinde ve çevre kirliliğinde etkin rol oynayan ülkelerdir. Dünya’nın en büyük sera gazı emisyonu yayan bir ülke olduğu gibi aynı zamanda da güneş enerjisi teknolojisi üreticisi bir ülkedir. Enerji ve karbon yoğunluğunu azaltmaya yönelik politikalara sahiptir [191]. Yeterli mali ve teknik kaynaklara sahip olduğu için de yenilenebilir enerjideki payını teşvik ederek artış sağlarsa, sera gazlarını artırmak yerine azaltabileceği öngörülmektedir.

### ABD

Dünyada bir diğer kirletici özelliğe sahip olan ülkelerin başında ABD gelmektedir. ABD 2005 yılını baz alarak sera gazı emisyonlarını 2025 yılına kadar %26 ile %28 altına indirmeyi taahhüt etmiştir [192].

CO<sub>2</sub> emisyon azaltım miktarının 1990-2018 yılları arasında 0,3 milyar ton artış gösterdiği ayrıca, kişi başına düşen CH<sub>4</sub> gazının 1990-2016 yılları arasında 1,22 ton azalış gösterdiği ve N<sub>2</sub>O gazının ise 1990-2016 yılları arasında 0,23 ton azalış gösterdiği bildirilmiştir.



Açıklanan bu verilerde fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan karbondioksit emisyonlarını dâhil ancak arazi kullanım değişikliği bu emisyonlara dâhil değildir [193].

Türkiye’de ise CO<sub>2</sub> emisyonları 1990-2018 yılları arasında ortalama 273,76 milyon ton artış göstermiştir. Bu veriler doğrultusunda son yıllarda Türkiye’de CO<sub>2</sub> emisyonunun hızla arttığını da söyleyebiliriz. Ancak ekonomik ve coğrafi büyüklük ile ABD ve Çin’in artan emisyonlarının yanında Türkiye’deki artan bu payın çok yüksek olmadığını öngörmek de mümkündür.

### Hindistan

Hindistan, 2030 yılına kadar karbon yoğunluğunu %33 oranında azaltmayı taahhüt etmektedir. 2030 yılına kadar fosil kaynaklı olmayan yakıtlardan elektrik üretiminin payını yüzde 40'a çıkaracağını da taahhüdünde bulunmuştur. Hindistan ve Çin aynı ABD gibi kirleticilik oranı yüksek olan ülkelerin yanında yer almaktadır. Ek olarak Çin ve Hindistan’ın ABD’ye kıyasla karbon yoğunluğu şu an için iki kat daha fazladır. Bu yüzden ki Hindistan karbon emisyonlarını azaltma önlemleri olsa bile bu düzeyin ancak ABD seviyesine kadar düşeceği öngörülmektedir [187].

Yıllık CO<sub>2</sub> emisyonu 1990 yılında 616,58 milyon ton iken bu oran 2018 yılında 2,65 milyar ton artış göstermiştir. Kişi başına düşen CH<sub>4</sub> oranı ise 1990 yılında 0,61’den 0,50 tona azalma göstermiştir. N<sub>2</sub>O gazının kişi başına düşen emisyon miktarı ise 1990 yılında 0,16’den 2016’da 0,19 tona yükselerek artış gösterdiği bildirilmiştir [194].

Türkiye’deki 1990-2018 yılları arasında artan ortalama 273,76 milyon ton CO<sub>2</sub> emisyonunun yanında, 1990-2016 yılları arasında CH<sub>4</sub> gazı 11,5 milyon ton ve N<sub>2</sub>O gazı da %12,6 milyon ton artış göstermiştir [195].

Sera gazı emisyonlarına genellikle gelişmiş ülkelerin endüstriyel faaliyetleri yol açsa da Hindistan gibi ülkeler büyük nüfus artışına sahiptir. Ayrıca hızlı bir sanayileşme süreci içinde yer almaya çalıştıkları için de salınan bu emisyonlarla çevre kirliliğine katkıları büyüktür. Hindistan her ne kadar gelişmiş bir ülke olmasa da iklim değişikliği konusunda sorumlulukları üzerine almalıdır. Aksi takdirde vermiş olduğu %33’lük karbon azatım miktarını 2030 yılına kadar gerçekleştiremeyeceği öngörülmektedir. Bu bağlamda küresel

ısınma ve iklim değişikliğine yol açan sera gazı salımının gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere doğru yön değiştirdiği öngörülmektedir.

### Güney Afrika

Güney Afrika sunduğu INDS ile 2025 ve 2030 yılları arasında sera gazı emisyonlarının ulusal politikalar çerçevesinde 398 ile 614 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri olacağını bildirmiştir [187]. Ancak yıllık CO<sub>2</sub> emisyonu 1990 yılında 312,97 milyon ton iken, 2018 yılında 467,56 milyon tona yükseldiği bildirilmiştir. CO<sub>2</sub> emisyon azaltım miktarının 1990-2018 yılları arasında 154,59 milyar ton artış gösterdiği ayrıca, her yıl kişi başına düşen CH<sub>4</sub> gazının 1990 yılında 1,24 ton, 2016 yılında ise 0,8 ton olduğu bildirilmiştir [196].

Güney Afrika vermiş olduğu taahhüdünü yerine getirecek midir diye sorarsak eğer, zengin kömür yataklarına sahip olması, elektrik üretiminde yoğun kömür kullanması ve bu fosil yakıtı aynı zamanda ulaşımın bir parçası haline getirdiği görülmektedir [197]. Ayrıca ülkede tarım sektörü için yangınlarla ormanlık alanların yakılması, bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve bunun sonucunda Dünya'nın ısınmasına ve sera gazı salımlarının artmasına neden olacaktır. Bu doğrultu da azaltım taahhüdünü gerçekleştiremeyeceği öngörüsünü oluşturmaktadır [198].

### Kanada

Kanada, Dünyadaki sera gazı emisyonlarının yalnızca %1,6'sını oluşturmalarına rağmen, iklim değişikliğini ele almak için elinden gelenin en iyisini yapmaya kararlıdır. Niyet edilen ulusal katkı belgesi ile sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 2005 seviyelerinin %30 altına düşürmek için ekonomi çapında bir hedefe ulaşmayı planlamakta ve bunun taahhüdünü vermektedir [199].

Kanada'da yıllık CO<sub>2</sub> emisyon azaltım miktarının 1990 yılında 462,5 milyon ton ve 2018 yılında ise 568,41 milyon ton olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kişi başına düşen CH<sub>4</sub> gazının 1990-2016 yılları arasında yaklaşık 0,5 ton ve N<sub>2</sub>O gazının ise, 0,9 ton azaldığı bildirilmiştir [200].

Kanada, emisyonlarını azaltmada ilerleme kaydetmiştir. 2005'ten 2013'e, Kanada'nın sera gazı emisyonları %3,1 azalırken, ekonomi %12,9 büyümüştür. İklim değişikliğini önleyebilmek için her ülkenin üzerine düşeni yapması gerektiği vurgulanmaktadır. Bunun da iş birliği ile mümkün olacağı görüşündedir. Kanada Hükümeti, entegre bir Kuzey Amerika pazarında iş birliği eyleminin önemini kabul ederek, Amerika Birleşik Devletleri gibi Kanada'nın başlıca ekonomik ortaklarıyla uyumlu, emisyonları azaltmak için sektör bazında sorumlu bir düzenleyici yaklaşım uygulamaktadır [201].

### Rusya Federasyonu

Rusya gelişmekte olan bir ülke olarak dikkat çekmektedir. Rusya'nın bu konumu diğer birçok gelişmekte olan ülkeler ile paralellik göstermektedir.

1990 seviyelerine göre sera gazı azaltımlarında 2030 yılına kadar %70 ile %75 arasında bir azaltım taahhüdünde bulunmuştur. Rusya'nın gelişmekte olan bir ülke olarak böylesine fazla bir azaltımı taahhüt etmesi dikkat çekmektedir. Rusya sunduğu INDC belgesi ile söz verdiği sera gazı azaltım taahhüdünü ülkedeki ormancılığın gelişmişliğine ve bu gelişimin de Dünyadaki ormancılık üzerine vurgu yaparak azaltım gerçekleştireceğini belirtmiştir [202].

Aynı zamanda Rusya'nın, 2000-2012 yılları arasında ekonomisi yaklaşık olarak %73 büyürken, aynı dönem aralıklarında Rusya'daki sera gazı emisyonlarının yalnızca %12 artış gösterdiği de dikkat çeken bir diğer konu olmuştur. Bu hususta Rusya da 2 derecelik hedefe vurgu yapmış olup verdiği bu taahhütlerin uygulanabilirliği ve hedef ile uyumlu olduğu belirtilmiştir. Rusya'nın fosil yakıt kullanımından kaynaklı yıllık CO<sub>2</sub> emisyonunun 1,71 milyar ton (2018) olduğu bildirilmiştir [203].

Ancak 1990-2016 döneminde Rusya'daki sera gazı emisyon azaltımı, ekonomik düşüş nedeniyle sağlanmıştır. Çünkü bu ülkenin yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğini artırmaya yönelik katı politikalarının olmadığı belirtilmiştir. Bu vermiş olduğu azaltım taahhüdünü de ormancılık sektörünün gelişmesi ile azaltacağı öngörülmektedir.

### Tayland

Tayland, ekonomisi hızla büyüyen ve gelişen bir ülkedir. O nedenle sunmuş olduğu ulusal katkı Dünya açısından önem teşkil etmektedir. Tayland 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını, referans senaryodan %20 azaltmayı taahhüt etmiştir. Ancak teknoloji ve finansman desteği ile bu azaltımın %25 seviyelerine çıkabileceğini belirtmiştir [187]. Tayland'ın fosil yakıt kullanımından kaynaklı yıllık CO<sub>2</sub> emisyonunun 2018 yılında 288,23 milyon ton olduğu bildirilmiştir. Türkiye'nin aynı yıl salınan CO<sub>2</sub> emisyonu ise 419,2 milyon tondur [204].

Türkiye ulusal katkı belgesinde sera gazı salımlarını 2030 yılına kadar %21 oranında azaltım taahhüdünü vermiş ve bu oranın Tayland'ın verdiği taahhüt ile paralellik gösterdiği belirtilmiştir. Ancak Türkiye'de salınan CO<sub>2</sub> miktarı Tayland'tan çok daha fazladır.

### Sırbistan

Sırbistan sunmuş olduğu katkı belgesinde 1990 seviyeleri baz alınarak bu değere kıyasla emisyonlarını 2030 yılında %9,8 oranında azaltacağını bildirmiştir. Eğer verilen taahhüt yerine getirilmezse biyoçeşitlilik, ekosistem, bulaşıcı hastalılar vb. gibi birçok alanda aksaklık yaşanacağı bildirilmiştir [205]. Sırbistan'ın yıllık CO<sub>2</sub> emisyon azaltım miktarı 1990-2018 yılları arasında 11 milyon ton olarak bildirilmiştir [206]. Sırbistan'ın vermiş olduğu azaltım taahhüdünü yerine getirmesi için iklim değişikliği eylem planlarından yararlanması gerektiği öngörülmektedir.

### Kore Cumhuriyeti

Kore, 2030 yılına kadar referans seviyesine göre %37 oranında sera gazı emisyonlarını azaltmayı taahhüt etmiştir. Etmiş olduğu taahhüt sektörler açısından bakıldığında ekonomi sektörünü içermekte, fakat arazi kullanımı ve ormancılık sektörünü kapsamamaktadır. Kore sera gazı emisyonlarını azaltmayı taahhütte bulunmuş fakat emisyon azaltım potansiyelini sınırlayan faktörlerin de olduğunu belirtmiştir. 2012 yılı itibariyle ekonomide %32 oranındaki imalat sektör payının olması azaltımı önleyecek bir faktör olarak görülmektedir. Ayrıca ülkenin yararlanacağı azaltım politikasında nükleer enerji çözüm yolu olarak belirtilmiştir. Fakat yaşanan Fukushima kazasından sonra halk nükleer enerjiye

karşı olumsuz bakmaktadır. Halkın bu enerji kullanımını desteklemiyor oluşu bir diğer faktör olarak belirtilmiştir [207].

### Meksika

Meksika, gelişmekte olan ve INDC belgesini ilk sunan taraf ülkedir. Sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar referans seviyesinin %25 altına indirme taahhüdünde bulunmuştur. Ancak iş birliğine gidilirse, mali kaynak ve teknoloji transferi sağlanırsa %40 oranında bir azaltım yapabileceğini de belirtmiştir [208]. Meksika'nın yıllık CO<sub>2</sub> emisyon azaltım miktarının 1990-2018 yılları arasında 160,28 milyon ton artırdığı bildirilmiştir.

### Fas

Fas, Meksika ile benzer bir azaltım taahhüdünde bulunmuştur. Referans senaryosuna göre sera gazı salımlarında 2030 yılına kadar %13 oranında azaltım yapacağını taahhüt etmiştir. Meksika ile benzerliği ise, mali destek ve teknoloji transferi sağlandığı takdirde bu emisyon oranını %19 oranında ilave bir azaltımla %32 seviyelerine çıkaracağını belirtmiştir [209]. Fas'ın fosil yakıt yanmasından kaynaklanan yıllık karbondioksit emisyonu 2018 yılında 66,31 milyon tondur [210].

### Etiyopya ve Gabon

En az gelişmiş ülkelerden biri olan Etiyopya'nın azaltım taahhüdü referans senaryo baz alındığında 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının %64 azaltacağını bildirmiştir [211]. Bu azaltımın gerçekleşmesi durumunda kişi başı sera gazı emisyonlarının 2030'da yaklaşık olarak 1,1 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri olacağını da belirtmiştir. 2018 yılında Etiyopya'nın fosil yakıt kullanımından kaynaklı açığa çıkan yıllık CO<sub>2</sub> emisyonu 14,94 milyon ton olarak bildirilmiştir [212]. Salınan bu CO<sub>2</sub> emisyonunu da azaltım politikaları ile 2030 yılına kadar azaltacağı öngörülmektedir.

INDS katkı belgesini ilk açıklayan en az gelişmiş Afrika ülkesi Gabon, referans senaryo baz alınarak 2030 yılında sera gazı emisyonlarını %50 azaltacağını taahhüt etmiştir. Ancak edilen bu azaltım taahhüdüne ormancılık sektörünün dâhil olmadığını belirtmiştir [213].

Türkiye, sürdürülebilir kalkınma ile ulusal kalkınma planlarını birbirine entegre etmiş olup yenilenebilir enerjiye yatırım yapılmasını teşvik ederek yeşil büyümede gelişme göstermiştir. OECD yaptığı tahminler doğrultusunda Türkiye'nin, 2015-2025 yılları arasında yıllık ortalama %4,9 büyüme oranı ile en hızlı büyüyen ekonomilerden biri olacağını öngörmektedir. Bu öngörü ile de Türkiye'deki insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının temel nedeninin ekonomik büyüme olduğu tahmin edilmiştir [214]. Ayrıca ekonomik büyümeye ek olarak tarım sektöründen açığa çıkan sera gazlarını da göz ardı etmemek gerekmektedir. Sera gazı emisyonları açısından 1,5 °C'lik sıcaklık hedefine ulaşabilmek için tarımsal faaliyetlerin yönetimi, çiftçilerin bilinçlendirilmesi, çevreyi korumaya yönelik kanunların yapılması öngörülmektedir [214].

Paris İklim Anlaşması'nın iklim değişikliği ile mücadelede etkisinin artmasını sağlayabilmek için taraf ülkeler ile iş birliği gereklidir. Bu yüzden 2015 itibariyle ulusal katkı belgelerini bazı taraf ülkeler gönüllü olarak beyan etmiş ve taahhütlerde bulunmuştur. 2015 Paris'teki BMİDÇS Konferansı öncesinde anlaşmaya taraf katılımcı ülkelerin sunduğu ulusal katkı beyanları;

Ülkelerin 2015 Paris İklim Anlaşması çerçevesinde sundukları ulusal katkı beyanlarındaki belirli yıllar baz alınarak ortalama 2030 yılı için sera gazı azaltım taahhütlerinde bulunmuşlardır. Ülkelerin bu sera gazı azaltım taahhüt miktarları; Rusya Federasyonu %70-75, Çin %60-%65, Etiyopya %64, Gabon %50, AB ve diğer ülkeler %40, Kore Cumhuriyeti %37, Hindistan %33, ABD %26 ile %28, Meksika %25, Tayland %20, Sırbistan %9,8, Fas'ın ise %13 olduğu bildirilmiştir [187, 215].

Türkiye ise 1990 referans senaryo alınarak 2030 yılına kadar %21 azaltım taahhüdü altına girmiştir. Türkiye'nin, arazi kullanımı ve ormancılık faaliyetlerinden oluşan emisyonları dâhil edilmediğinde ulusal katkı belgesindeki hedefi 2018 seviyesine göre %90 oranında bir artışla eşdeğer sayılmaktadır. Yaptığımız hesaplamalarda da görüldüğü gibi Türkiye'nin 1990-2018 yılları arasındaki ortalama sıcaklık artışı 1,85 °C'dir. Karbondioksit, metan, nitroz oksit ve F gibi sera gazları yıllar itibariyle artış göstermiştir.

Türkiye mevcut politikalar altında sera gazı emisyon miktarını büyük ölçüde artıracak ve Paris Anlaşması hedefi yani INDC' deki katkısı kritik açıdan yetersiz görülecektir. Türkiye'nin bu taahhüdü ile verilen 1,5 °C sınırlandırılmasının yanında 2 °C altında

sınırlandırabileceği uygun görülmemektedir. Çünkü henüz anlaşmayı onaylamaması ve buna ek olarak fosil yakıtlara olan bağlılığının devam ediyor olması ve 2030 yılına kadar elektrikte yenilenebilir enerji kullanımından ziyade kömür kullanımını sifira yaklaştırma ihtiyacıyla güçlü bir karşıtlık oluşturmaktadır. Bu durumda da böyle bir katkının yerine getirilip getirmeyeceği konusu tartışmalara yol açmaktadır [216].

Sonuç olarak eğer diğer ülkelerde Türkiye'nin bu tutumunu izleyip bu şekilde devam ederlerse küresel ısınmanın 3-4 °C'yi aşacağı aşikârdır. Ülkelerin 2100 yılında beklenen salım (gigaton) ve ısınma konusundaki mevcut vaatlerine göre 2,5-2,8 °C, mevcut politikalara göre 2,8-3,2 °C ve ülkeler önlem almazsa da 4,1-4,8 °C artış göstereceğini bildirmişlerdir [217].

Yapmış olduğumuz 2019-2050 yılları arasındaki RCP 2.6 ve RCP 4.5 senaryolarına göre de küresel ölçekte gelecekte sıcaklıkların RCP 2.6 senaryosuna göre, 0,4526 °C ve RCP 4.5 senaryosuna göre ise 1,178 °C artış göstereceği yönündedir. Hedeflerin tamamıyla gerçekleştirilebileceğini varsayarsak ve Paris'te yapılan iklim anlaşmasında verilen taahhütlerle sera gazı azaltımının yapılması durumunda bile Dünya sıcaklığının, yüzyıl sonunda ortalama 3 °C olacağı öngörülmektedir.

RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryoları, Türkiye'de ortalama sıcaklık artışının 2015-2100 projeksiyon döneminde ülke üzerinde önemli bir ısınmanın olacağına dikkat çekmektedir. Bu ısınmanın hem mevsimsel hem de yıllık ölçekte gerçekleşebileceği belirtilmiştir. Bu senaryolarda özellikle 2050 yılından sonra kış mevsimindeki sıcaklıkların 1970-2000 yıllarına kıyasla sıcaklık artışının en az 1 °C ve yüzyılın ikinci yarısında ise sıcaklıkların ortalama 2,2 °C artacağı yönünde öngörülmektedir [218]. Sera gazlarının sebep olduğu bu artış iklim değişikliğini daha da artıracaktır.

IPCC' nin Dördüncü Değerlendirme Raporu'nda kuraklık ve sıcaklığın artış göstereceği, Akdeniz Havzası'nda genel sıcaklığın 1-2 °C artacağı belirtilmiştir. Türkiye'de ise yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5-4 °C, Ege ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde 4 °C, iç bölgelerde ise bu artışın 5 °C'ye ulaşacağı öngörülmektedir. IPCC raporlarına ek olarak, yapılan diğer ulusal ve uluslararası çalışmalar da ülkemizin iklim değişikliğinden çok fazla zarar görebileceğini belirtmiştir. Ayrıca gelecekte daha sıcak ve kurak günlerin bizleri beklediğini ve yağış rejiminin belirsiz bir iklim modeline sahip olacağını bildirmiştir [219].

Küresel sera gazı emisyonlarını sınırlandırmak günümüzde mümkün görünmemektedir. Zamanında güçlü önlemlerle emisyonların azaltım çabaları olumlu sonuçlar gösterse bile, iklimin seyri açığa çıkan bu ısınmanın tamamen önlenmesini sağlayamayacaktır. Geline bu noktada ise yapılması gereken, iklim değişikliğine ve bu küresel sorundan kaynaklı ortaya çıkan etkilere uyum sağlama ve gerekli stratejilere odaklanmaktır. Su kaynaklarının etkin kullanımı ve yönetimi, yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artırılması, tarımda verimliliğin sağlanması ve gıda güvenliğinin oluşturulması gerekmektedir. Ekosistem, ormancılık gibi alanların korunması, insan sağlığına olan olumsuz etkilerin en alt seviyeye getirilmesi gibi iklim değişikliğine uyum çabalarına odaklanılması gerektiği ülkemizin 2011-2023 İklim Değişikliği Uyum ve Strateji Eylem Planı'nda da belirtilmiştir [219].

Paris Anlaşması kapsamında sera gazı emisyonunu azaltmak amaçlı ilkeler ortaya konulmuştur. Sera gazı emisyonunun azaltılmasının sağlanması için sera gazı emisyonuna neden olan enerji üretim kaynaklarının yerine alternatif yenilenebilir enerji üretim kaynaklarının kurulması son derece önemlidir. Bu tez çalışmasının bir kısmını oluşturan Türkiye ve Hatay ilinin Samandağ, Belen, Antakya ve İskenderun ilçelerini de kapsayan çalışmamızda rüzgâr enerjisinin elektrik üretim potansiyelini belirlemeye çalıştık. Türkiye'nin yüksek enerji potansiyeline sahip olduğu gerçekleştirdiğimiz bu çalışmalar doğrultusunda belirlenmiştir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarının artışına bağlı olarak, Türkiye'nin uygulanabilir rüzgâr enerjisi potansiyeli olan 48 000 MW'a ulaşması ile ulusal enerji talebinin %20-25 aralığındaki bir bölümü karşılanırken, 62 Mt oranında CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılacağı çalışmalar doğrultusunda tespit edilmiştir. Yapılan bu tarz çalışmaların Paris Anlaşması'na katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, geleneksel fosil yakıtların azaltılması ve enerji talebindeki sürekli artış ile günümüzde odak noktası haline gelmektedir. Rüzgâr enerjisi, son yıllarda oldukça hızlı gelişen en önemli ve hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu nedenle ülkenin elektrik üretiminin büyük bir bölümünü karşılamaktadır. 2018 yılında üretilen toplam elektrik miktarı rüzgâr enerjisinde 19 949 GWh olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, artan tüketimi karşılamak, tüketicilere güvenilir ve kaliteli elektrik tedarikini sağlamak için teknik ve organizasyonel çözümler aranmaktadır. Türkiye bu konuda son yıllarda enerji talebinde yüksek bir artışa sahiptir [6, 44]. Rüzgâr Enerjisinin Gelişimi ve Türkiye'deki Kurulu Rüzgâr Enerji Santralleri adlı çalışmamız da rüzgâr enerjisinin gelişimini ve bunun yanında iklim değişikliğindeki olumlu katkısını



desteklemektedir. Rüzgâr santralının hem sayısı hem de kurulu kapasitesinde olumlu bir eğilim olmuştur. Rüzgâr santralının kurulu kapasitesinin 2008 yılında 364 MW, 2019 yılında ise 7615 MW'a yükselmesi ülkemizde rüzgâr potansiyelinin olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin rüzgâr enerjisindeki hızlı gelişiminin yavaşlayarak önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenmektedir. Rüzgâr enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için uygun önlemler kabul edilmiştir [6]. Yüksek potansiyele sahip bu enerjinin kullanılması sera gazı emisyonlarını düşürecektir. Türkiye'nin Paris Anlaşması'nda taahhüt ettiklerini yerini getirebilmesi için rüzgâr enerjisinde istenen başarıya ulaşması, bu yönde atılan diğer adımların uygulanabilirliği ve ulusal stratejik belgelerde belirlenen hedeflere ulaşması gerekmektedir. Bu sayede temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı sağlanacak, enerji güvenliği artırılacak ve rüzgâr jeneratörlerinden elektrik üretimi için ülkenin elverişli konumu kullanılacaktır. Ayrıca iklim değişikliğinin en büyük nedenlerinden biri olan sera gazlarının azaltımının olacağı öngörülmektedir. Çalışmalarımız enerji kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması için çözüm önerileri getirmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir kalkınma, enerji de dâhil olmak üzere gelecek nesillerin umutlarından ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılaması gerektiği ilkesine dayanmaktadır. Giderek bütünleşmiş bir enerji piyasası oluşturmak, geleneksel sınırlarını büyük ölçüde kaybeden ve tedarik önceliklerinin güvenliğini, rekabet gücünü ve çevre korumasını takip ederek ulusal enerji stratejilerinin yeniden düşünülmesini gerektirir. Sürdürülebilir kalkınma, bu ihtiyaçların hem şimdi hem de gelecekte karşılanabilmesi için çevredeki doğal dengeyi korurken, insan ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlayan doğal kaynakları kullanmanın bir yoludur. Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için, doğal kaynaklara, endüstriyel kazaların ve sosyal sermayenin önlenmesine yatırım yapmak gerekir. [6].

Son yıllarda enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji, enerji politikasının önemli konuları haline gelmiş ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için önemli araçlar olmuştur. Yerel ve ulusal düzeyde temiz enerjiyi teşvik etmek için güçlü önlemler alınmaktadır. Yapılan çalışmalar, enerjinin yerel planlara ve sürdürülebilir kalkınma stratejilerine entegrasyonunun, aynı zamanda eğitim, sağlık, işsizlik ve benzeri gibi birçok sosyal konuya yansıyan yerel düzeyde enerjinin rasyonel kullanımı için önemli bir koşul olduğunu göstermektedir [6].

Sanayi Devrimi'nden günümüze kadar küresel ısınma ve iklim değişikliği Dünyayı tehdit eden çevre sorunlarının başında gelmektedir. İklim değişikliği fosil yakıt kullanımı ve endüstriyel faaliyetler sonucunda sera gazı miktarında artışa neden olmuştur. Bu artışla birlikte sıcaklık, yağış, tarım, orman, temiz su kaynakları, biyoçeşitlilik, deniz seviyesi, enerji ve insan sağlığı üzerinde iklim değişikliğinin önemli potansiyel etkilere sahip olduğu görülmektedir. İklim değişikliğini önleyebilmek için uluslararası anlaşmalar yapılmıştır. Bu anlaşmalardan ilki 1992 yılında Rio Konferansı'nda gerçekleşmiş ve 1997 yılında imzalanıp 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü olmuştur. Yapılan bu protokolda sera gazı azaltım kararı alınmıştır. Ancak gelişmiş ülkelerin ilk Kyoto döneminde aldığı yükümlülükten daha fazla yükümlülük alması gerektiği ve gelişmekte olan ülkelere de azaltım yükümlülüğü verilmemesi konusunda anlaşmada zorluklar yaşanmıştır.

2020 yılında Kyoto Protokolü geçerliliğini yitireceğinden yeni bir küresel anlaşmaya ihtiyaç duyulmuştur. 2015 Aralık ayında da ilk küresel anlaşma olan Paris Anlaşması 21.

Taraflar Konferansı'nda BMİDÇS'ye taraf olan 197 ülkenin kabul etmesiyle imzalanmıştır. Paris İklim Zirvesi ile Türkiye ulusal katkı niyetini beyan ederek, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında artıştan %21 azaltım taahhüdünde bulunmuştur. Bu anlaşma ile öngörülen sıcaklık artışını 2100 yılına kadar 2 °C'nin altında ve mümkünse 1,5 °C ile sınırlandırmıştır. Bu nedenle Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı onaylaması ve iklim değişikliği ile mücadelede verilen yükümlülükleri yerine getirmesi gerekmektedir.

Tez kapsamında iklim değişikliği sorunu, etkileri, uluslararası, ulusal ve yerel ölçekte iklim değişikliği azaltım politika ve stratejileri, vb. konularda inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır. 21. Taraflar Konferansı'nda (COP21) yapılan 2015 Paris Anlaşması doğrultusunda Türkiye'nin sunduğu taahhütler ve uygulanabilirliği tartışılmıştır. 1990-2018 yılları arasında Türkiye İstatistik Kurumu'nun Çevre ve Enerji istatistiklerinden salınan sera gazları emisyon verileri ve ERA5 Reanalysis'den alınan sıcaklık verileri ile yapmış olduğumuz regresyon analizi sonucunda, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) ve F gazının sıcaklığı artırdığı sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda gelecek dönemlerde de RCP 2.6 ve RCP 4.5 senaryoları dâhilinde yaptığımız analiz sonuçlarında da sıcaklığın artacağı sonucuna varılmıştır. Isınmanın bu şekilde devam edecek olması Türkiye açısından büyük risk taşımaktadır. Vermiş olduğu taahhütün de uygulanabilirliğini desteklememektedir.

Küresel iklim değişikliğini önleyebilmek için bazı çözüm önerileri:

Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıt kullanımı yerine yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır. Bu kaynakların sadece biri değil güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik, biyoyakıt, dalga gibi diğer yenilenebilir enerji kaynak kullanımına yer verilmelidir. Türkiye'nin açık deniz bölgelerinde rüzgâr türbinleri kurmak için yeterli potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek için bazı belgeler kabul edilmiştir. Rüzgâr enerjisini kullanmak; bölgelerin gelişimine katkıda bulunacak, enerji güvenliğini artıracak ve atmosferde karbon emisyonlarının salınımını azaltacaktır. Buna ek olarak, çevre kalitesini artıracak ve enerjide dışa bağımlılığı azaltacaktır.

Türkiye'nin Hatay ilinde rüzgâr enerjisi tesislerinin inşası için fırsatların olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Bölgenin uygun coğrafi ve iklim koşullarına sahip olduğu

belirlenmiştir. Rüzgâr dağılımı, ortalama hız ve rüzgâr yoğunluğu ile ilgili istatistiksel bilgilerin analizi, yılın %80'inden fazlasında 4 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızlarının yüzeyden 10m yükseklikte gözlemlendiğini göstermektedir. Yaz aylarındaki rüzgâr hızının da diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, Hatay ilinin rüzgâr enerjisi açısından geliştirilmeye uygun olduğu ve buna ek olarak rüzgâr enerjisi ile mevcut en iyi uygulamaların yapılacağı bulunmuştur [44].

Ülkemiz güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, dalga gibi yenilenebilir enerji kaynaklarında hem elektrik enerjisi üretimi hem de ısı üretimi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak bu potansiyelin tam olarak gerçekleşmesi için finansman fırsatlarının geliştirilmesi, mevzuatın güncellenmesi, ulaştırma altyapısının güçlendirilmesi ve yatırımcı bilincinin artırılması gerekmektedir. Yutak alanların korunması, tarımda sulama sistemlerinin geliştirilmesi (damlama yöntemi), endüstriyel simbiyoz, karayolu ulaşımından çok denizyolu ve demiryolu ulaşımının kullanılması gerekmektedir. Toplu taşıma ve bisiklet kullanımının artırılmasına yönelik uygulamaların geliştirilmesi, trafikten eski araçların çekilmesi ve araçların emisyon ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.

Bölgesel kalkınmayı artırmak ve yenilenebilir enerjinin büyümesi için Türkiye birçok stratejik belge ve eylem planı benimsemiştir. 2019-2023 stratejik planının hedefleri; yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranı %59'dan %65'e çıkarılacaktır. Elektrik sektöründe teknolojik dönüşüm uygulamaları yapılacaktır. Elektrikli araçlar için enerji sistemi planlaması uygulanacaktır. Öncelikli alanlarda hedef ülkelerle işbirliği ve yatırım fırsatları geliştirmek için stratejilere yer verilecektir. Ülkemizi bir enerji ticaret merkezi haline getirmek için çalışmalar yapılmaya devam edecektir. Enerji ve doğal kaynaklar alanında kullanılan yerli üretim oranını artırmaya yönelik çalışmalar devamlılığını sürdürecektir.

2019-2023 stratejik planı ile güçlü yanları şu şekilde sıralamak mümkündür: Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları için bir yatırım ortamının olması, yerli ve yenilenebilir kaynaklar için yüksek potansiyele sahip olmak, sürdürülebilir enerji arz güvenliğinin sağlanmasına yönelik çalışmalar yapmak planın güçlü yanlarını oluşturmaktadır. Ülkemizdeki talebi karşılamak için enerji kaynaklarının eksikliği, yüksek katma değerli ürünlerin üretiminde öngörülen seviyelere ulaşılamaması, yerli birincil enerji kaynaklarının düşük üretime sahip olması belli başlı zayıflıklar arasında gösterilmektedir.

Çözüm önerileri olarak ayrıca, katı atık yönetiminin yeniden organize edilerek araştırma ve geliştirme faaliyetleri ile desteklenmesinin sağlanması gerekmektedir. Enerji tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesine yönelik halkın bilinçlendirilmesi, konu ile ilgili uzmanlar tarafından farkındalık yaratılması için toplantı, seminer, kongre gibi eğitim içerikli faaliyetlere özel önem verilmelidir. Küresel ısınmanın kontrol altına alınması ve olası felaketleri önleyebilmek için ülkeler arasındaki iş birliğinin artırılmasına ve uluslararası mücadele çabalarının (anlaşma, sözleşme vb.) geliştirilmesine yönelik ülkelerin şimdiden çözüm önerileri alması gerekmektedir.



## KAYNAKLAR

1. Kılıç, C. (2009). Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma Çabaları ve Türkiye. Cumhuriyet Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 10(2), 19-41.
2. Altun, Y. ve İşleyen, Ş. (2018). Bazı OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimine Yönelim Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 1577-1590.
3. Kadioğlu, S. ve Tellioğlu, Z. (1996). Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri. Tmmob 1. Enerji Sempozyumu, 55-67, Ankara.
4. Karık, F., Sözen, A., İskender, Ü. (2015). Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinde Mevcut Durum. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD)*, 1(2), 219-233.
5. Kaya, K. Şenel, M.C. ve Koç, E. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. *Technological Applied Sciences (NWSATAS)*, 13(3), 219-234.
6. Genç, C., Sakalli, A., Stoyanov, I., Iliev, T., Mihaylov, G., ve Beloev, I. (2020). Development of Wind Energy and the Installed Wind Power Plants in Turkey. *In E3S Web of Conferences*, 207, 02013. EDP Sciences.
7. Arık, A. (2016). Yenilenebilir Enerji Politikalarının Sürdürülebilirliği: AB Ülkeleri ve Türkiye Açısından Bir Değerlendirme. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, 106.
8. Pınarcıoğlu, N. Ş. (2018). İklim Değişikliği Müzakerelerinde Geline Nokta: Paris Anlaşması ve Sonrası. *Turkish Studies Current Debates in Social Sciences (CUDES)*, 13(23), 211-224.
9. Köse, İ. (2018). İklim Değişikliği Müzakereleri: Türkiye’nin Paris Anlaşması’nı İmza Süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 55-81.
10. Paris Anlaşması, (2015). <http://www.hidro-politik-akademi.org/wp-content/uploads/2016/01/Paris-Anlasmasi-ISBN-978-605-83799-1-6.pdf>. Erişim Tarihi: 11.09.2018.
11. Karakaya, E. (2015). Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-12.
12. Alpan, G. ve Efil, İ. (2011). Bir yönetim modeli önerisi: Toplam entropi yönetimi. *Business and Economics Research Journal*, 2(1), 53-87.
13. Ansuategi, A. and Escapa, M. (2002). Economic Growth and Greenhouse Gas Emissions. *Ecological Economics*, 1(40), 23-37.
14. UNFCCC. (2020). UN Framework Convention on Climate Change. United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat. <http://unfccc.int/2860.php> Erişim Tarihi: 19.08.20.
15. BMİDÇS, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. [http://www.unicankara.org.tr/doc\\_pdf/bm\\_iklim\\_degisikligi\\_cerceve\\_sozlesmesi.doc](http://www.unicankara.org.tr/doc_pdf/bm_iklim_degisikligi_cerceve_sozlesmesi.doc) Erişim Tarihi: 19.08.20.
16. T.C. Dışişleri Bakanlığı, (2020). BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. <http://www.mfa.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi.tr.mfa>. Erişim Tarihi: 21.08.20.
17. ÇŞB, (2020). T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. BMİDÇS ve Türkiye. <http://iklim.csb.gov.tr/bmidcs-ve-turkiye-i-43-76> Erişim Tarihi: 21.08.20.
18. UNFCCC, (2003). Governing Climate. Inside the process of the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Bonn, Germany.

19. UNFCCC, (2013). Report of the Conference of the Parties on its eighteenth session, held in Doha from 26 November to 8 December 2012 (FCCC/CP/2012/8). Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat.
20. Çoban, O. ve Kılıç N.Ş. (2015). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Karbon Emisyonu İlişkisi: TR Örneği. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 38, 195-208.
21. Türkeş, M. Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000). Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları. *Tesisat Dergisi*, 52, 84-100.
22. Bayrak, M. R. (2012). Sürdürülebilir Kalkınma için Türkiye’de Düşük Karbon Ekonomisi ve Kyoto Protokolü’nün Finansman Kaynakları. *Tarih, Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 266-279.
23. Finus, M. (2010). Kyoto Protokolü Uygulama Mekanizmaları: Kusurlu mu Yoksa Umut Verici Kavramlar mı? *Sosyal Bilimler Dergisi*, Çeviri: Billur Engin, 2, 30-40.
24. İKV, (2013). İktisadi Kalkınma Vakfı. 2020’ye Doğru Kyoto-Tipi İklim Değişikliği Müzakereleri, Avrupa Birliği’nin Yeterliliği ve Türkiye’nin Konumu. *İktisadi Kalkınma Vakfı Yayınları*, 268.
25. Bilginoğlu, M.A. (1991). Gelişmekte Olan Ülkelerde Enerji Sorunu ve Alternatif Enerji Politikaları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9, 122-147.
26. Uslu, K. (2004). Avrupa Birliğinde Enerji ve Politikaları. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(1), 155-172.
27. Aydın, F. (2010). Energy Consumption and Economic Growth. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (35), 317-340.
28. Uyar, S. ve Cengiz, E. (2011). Karbon (Sera Gazı) Muhasebesi. *Mali Çözüm Dergisi*, Mayıs- Haziran 2011, 47-68.
29. Külünk, İ. (2013). Enerji verimliliği ve karbon salınımı çerçevesinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye örneği. Yüksek Lisans Tezi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, 105.
30. Yelmen, B. ve Çakır, M. T. (2011). Yeşil enerji kaynakları ve teknolojileri. [https://www.emo.org.tr/ekler/1334053b9217604\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/1334053b9217604_ek.pdf). Erişim Tarihi: 20.09.20.
31. Çetintaş, H., Bicil, İ. M. ve Türköz, K. (2017). Türkiye’de Enerji Üretiminde Fosil Yakıt Kullanımı ve CO2 Emisyonu İlişkisi: Bir Senaryo Analizi. *Econ World Working Paper Series*, 2017-002 1-12.
32. Avcı, Ö. (2009). Türkiye-Avrupa Birliği Enerji Üretim ve Tüketiminin Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 248.
33. ETKB, (2020). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünya rezervleri, <http://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-tabii-kaynaklar-komur>. Erişim Tarihi: 18.04.20.
34. BP, (2019). BP Statistical Review of World Energy. 68th Edition. [www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview). Erişim Tarihi: 17.07.20.
35. TP, (2019). Türkiye Petrolleri. 2018 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu. Mayıs 2019.
36. IEA, (2020). World Energy Outlook, International Energy Agency, France. [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo\\_2007.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo_2007.pdf). Erişim Tarihi: 19.12.20.
37. ETKB, (2020). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. <https://enerji.gov.tr/kurumsal-entegre-yonetim-sistemi-politikasi>. Erişim Tarihi: 19.12.20.

38. IRENA, (2019), Renewable Capacity Statistics, International Renewable Energy Agency. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2019.pdf). Erişim Tarihi: 19.12.20.
39. Torunoğlu Gedik, Ö. (2015). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 156.
40. Arı, T. (2007). Irak, İran, ABD ve Petrol. *Alfa Yayınları*, İstanbul.
41. BP Energy Outlook 2035. (2014). British Petrol. [http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy\\_economics/Energy\\_Outlook/EnergyOutlook\\_2035\\_booklet.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy_economics/Energy_Outlook/EnergyOutlook_2035_booklet.pdf). Erişim Tarihi: 17.07.20.
42. Akbal İ. (2014). Birincil kaynaklar açısından Türkiye enerji stratejileri. 5. Türkiye Enerji zirvesi, Gaziantep. [http://docs.petform.org.tr/docs/enerji\\_zirvesi\\_ibrahim\\_akbal\\_tobb\\_doga\\_galgaz\\_meclisi.pdf](http://docs.petform.org.tr/docs/enerji_zirvesi_ibrahim_akbal_tobb_doga_galgaz_meclisi.pdf). Erişim Tarihi: 18.06.20.
43. Uluatam, E. (2010). Yenilenebilir Enerji Teşvikleri. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB). *Ekonomik Form Dergisi*, Ekim 2010, 34-41. <https://www.tobb.org.tr/ekonomikforum/Sayfalar/Ekim2010.php> Erişim Tarihi: 17.07.20.
44. Genç, C., Sakalli, A., Stoyanov, I., Iliev, T., Mihaylov, G., ve Beloev, I. (2020). Wind Energy Potential for Electricity Production in Hatay, Turkey. *In E3S Web of Conferences*, 207, 02014. EDP Sciences.
45. Kıncay, O., Utlu, Z., Ağustos, H., Akbulut, U, ve Açıkgoz, Ö. (2009). Combinig Trend of Renewable Energy Sources. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, (27), 60-82.
46. Ürün, E., Soyu, E. (2016). Türkiye’nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, ICEBSS Özel Sayısı, 31-45.
47. Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., Uğurlu, İ. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 59(692), 86-114.
48. Akan, M. Ö. A, Selam, A., Fırat, S. Ü. O., Kara, M. E, ve Özel, S. (2015). A comparative analysis of renewable energy use and policies: *Global and Turkish perspectives Sustainability* 7, 16379–16407.
49. Altinkaya, A. ve Aslan, Z. (2015). Comparison of renewable and conventional energy cost by wave let techniques. *International Journal of Electronics, Mechanical and Mechatronics Engineering*, 2(4), 393-405.
50. Keles, S. ve Bilgen, A. (2012). Renewable energy sources in Turkey for climate change mitigation and energy sustainability, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 5199–5206.
51. Özkaya, S.Y. (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynakları, T.C. Dışişleri Bakanlığı, Dışişleri Bakanlığı Yayınları, *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, 14 <http://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.tr.mfa> Erişim Tarihi: 17.07.20.
52. EC, (2014). European Commission. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. Brussels, 15 final COM.
53. TÜİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>. Erişim Tarihi: 08.04.20.
54. Taşova, M. (2018). Türkiye’ nin Güneş Enerjisi Parametre Değerleri ve Güneş Enerjisinden Faydalanma Olanakları. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 7 (3), 10-17.
55. İnce, M. E. (2016). Konya İçin Yeni Bir Fırsat: Güneş Tarlaları Projesi ve Yenilenebilir Enerji. *Konya Ticaret Odası*. Erişim Tarihi: 30.06.2016.



56. GEPA, (2020). Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası.<http://www.yegm.gov.tr/My-Calculator/Default.aspx> Erişim Tarihi: 20.07.20.
57. Bayraç, H. N., Çelikay, F. ve Çildir, M. (2018). Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Enerji Politikaları. *Ekin Yayınevi*, Bursa.
58. Kaya, H., Kete, H. ve Aydın, S. M. (2017). Türkiye’de Yaşam Beklentisi Tasarruf İlişkisi: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Akademik Bakış Dergisi*, (62), Temmuz Ağustos, 368-380.
59. Karaaslan, A. ve Gezen, M. (2017). Forecasting of Turkey’s Sectoral Energy Demand by Using Fuzzy Grey Regression Model. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(1), 67-77.
60. Yılmaz, E. A. ve Can Öziç, H. (2018). Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Gelecek Hedefleri. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 525-535.
61. ETKB, (2020) T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı <https://sp.enerji.gov.tr> Erişim Tarihi: 18.04.20.
62. REPA, (2020). Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası.<https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/REPA>. Erişim Tarihi: 08.04.20.
63. TÜREB, (2019). Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, Temmuz 2019. <https://tureb.com.tr/lib/uploads/1702068f660d1309.pdf>. Erişim Tarihi: 21.07.20.
64. Durmuşoğlu, S. (2015). Türkiye’nin enerji politikaları ve komşu ülkeler ile uluslararası ilişkilerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, 132.
65. Sevilmiş, F. (2016). Rüzgâr Enerji Sistemlerinin Şebekeye Senkronize Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 152.
66. Özşahin, E. ve Kaymaz, Ç. (2013). Rüzgâr Enerji Santrallerinin (Res) Kuruluş Yeri Seçiminin Cbs ile Analizi: Hatay Örneği. *Tübav Bilim Dergisi*, 6 (2) , 1-18.
67. TWEA, (2017). Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. Turkey Wind Energy Association. Turkey Wind Energy Statistics Report.
68. Bilgili, M., Şahin, B. ve Kahraman, A. (2004). Wind energy potential in Antakya and Iskenderun regions, Turkey. *Renewable Energy*, 29(10), 1733-1745.
69. Sahin, B., ve Bilgili, M. (2009). Wind characteristics and energy potential in Belen-Hatay, Turkey. *International Journal of Green Energy*, 6(2), 157-172.
70. ETKB, (2020). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Bilgi Merkezi, Enerji, Rüzgâr. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar>. Erişim Tarihi: 14.10.20.
71. Öztürk, H. H. (2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı, *Teknik Yayın Evi*, Ankara.
72. Bayraç, H. N. (2011). Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları, *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30(1), 37-57.
73. Öztürk, G. (2013). Eski Tunç Çağı’nda Kültepe İdollerini. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 279.
74. REN21, (2020). Renewables 2020 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). 367. <https://www.ren21.net/gsr-2020/> Erişim Tarihi: 22.07.20.
75. Berkün, M., Egemen, A. ve Koç, T. (2008). Barajların ve Hidroelektrik Santrallerinin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 452, 41-48.
76. ETKB, (2020). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Hidrolik Enerji. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> Erişim Tarihi: 20.10.20.
77. Enerji Atlası, (2018). Hidroelektrik Santralleri. <http://www.enerji-atlasi.com/hidroelektrik>. Erişim Tarihi: 24.07.20.

78. Karadayı, S. ve Ergan Z. H. (2015). Geleneksel/ Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Artırılması için Öneriler. *EJOIR, IWCEA Özel Sayısı*, 2, 111-122.
79. Ürker, O. ve Çobanoğlu, N. (2012). Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Durumu ve Çevre Bağlamında Değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 65-88.
80. HPA, (2019). Hidroenerji Raporu YEKDEM’e Kayıtlı HES’lerin Üretim Verimliliği. Su Politikaları Derneği, 28.
81. Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (30), 97-125.
82. YEGM, (2020). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Biyogaz-Yenilenebilir Enerji. <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> Erişim Tarihi: 24.07.20.
83. BEPA, (2020). Biyokütle Elektrik Potansiyeli Atlası. <https://bepa.enerji.gov.tr/> Erişim Tarihi: 24.07.20.
84. Çelik, S. N. (2012). Türkiye’nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasında Enerji Kaynaklarının Önemi. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 118.
85. Yongliang, Z. and Zheng, L., (2011). Advances in ocean wave energy converters using piezo electric elements. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 30(5), 145.
86. Da Rosa, A. V. (2009). Fundamentals of Renewable Energy Processes. *Second Edition Elsevier Academic Press*.
87. Arslan, S. (2016). Overview of Generating Electricity from Wave Energy Systems and Investigation of Generator Topologies Used in Archimedes Wave Swing Systems. *International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE’16)*, Kilis, Turkey, March 19-20.
88. Çepel, N. (2003). Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri. *Tübitak Yayınları*, Ankara.
89. Türkeş, M. (2008). İklim Değişikliğiyle Savaşım, Kyoto Protokolü ve Türkiye. *Mülkiye Dergisi*, 32(259), 109.
90. Türkeş, M. (2001a). Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri*, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi, 1,197.
91. Boşgelmez, A. (2007). Küresel Isınma ve Sonuçları. *21. Yüzyıl Dergisi*, 119-148.
92. MGM, (2020). Meteoroloji Genel Müdürlüğü Meteoroloji ve Sağlık- Sera Etkisi <https://www.mgm.gov.tr/genel/saglik.aspx?s=123> Erişim Tarihi: 24.12.20
93. William D. N. (1991). To Slow or Not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect. *The Economic Journal*, 101(407), 920.
94. MacFarling Meure, C., Etheridge, D., Trudinger, C., Steele, P., Langenfelds, R., Van Ommen, T., Smith, A. and Elkins, J. (2006). Law Dome CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O Ice Core Records Extended to 2000 Years BP. *Geophysical Research Letters*, 33(14), 1-4.
95. Casper, J. K. (2010). Global Warming Cycles: Ice Ages and Glacial Retreat. *New York: Infobase Publishing*.
96. Bayraç, H. N. (2010). Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229-259.
97. Uzmen, R. (2007). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, Bilge Kültür Sanat Yayınları. İstanbul.

98. Varol, S. ve Şener, Ş. (2011). Doğal Çevrenin Küresel İklim Değişikliği ile Uyum Savaşı. *SDUGEO e-dergi*, 2(2), 37. <http://muhendislik.sdu.edu.tr/assets/uploads/sites/276/files/sdugeo-2-2-28062012.pdf>. Erişim Tarihi: 08.07.2019.
99. WMO, (2019). WMO Greenhouse Gas Bulletin. *World Meteorological Organization*, 8.
100. ESRL, (2020). Earth System Research Laboratories Critical Thinking Activity: The Methane Cycle. [https://www.esrl.noaa.gov/gmd/education/info\\_activities/pdfs/CTA\\_the\\_methane\\_cycle.pdf](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/education/info_activities/pdfs/CTA_the_methane_cycle.pdf). Erişim Tarihi: 28.07.20.
101. Metz B., Davidson, O. de Coninck H., Loos M. and Meyer, L. (Eds.) (2005). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). CarbonDioxide Capture and Storage. *Cambridge University Press*, UK, 431.
102. TÜİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2018. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33624> Erişim Tarihi: 28.07.20.
103. Çelik, S., Bacanlı, H. ve Görgeç, H. (2008). Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü*, 9.
104. Houghton, J. (2004). Global Warming: The Complete Briefing. *New York: Cambridge University Press*.
105. Şen, Z. (2008). Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques. *London: Springer-Verlag Publishing*.
106. Arıkan, Y. ve Özsoy, G. (2008). A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi. Bölgesel Çevre Merkezi – REC Türkiye, Ankara, 13.
107. Koçak, K. (2020). İklim Değişiminde İnsan Faktörü. <http://web.itu.edu.tr/~kkocak/iklim.html>. Erişim Tarihi: 29.07.20.
108. Dünya Bankası, (2020). Yıllara göre dünyadaki nüfus oranları. <https://data.bank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=SP.RUR.TOTL.ZS&country=> Erişim Tarihi: 30.07.20.
109. Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000a). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, *ÇKÖK Genel Müdürlüğü*, Ankara, 7-24.
110. Doğan, S. ve Tüzer, M. (2011). Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 24.
111. WPB, (2020). World Population Balance. <http://www.worldpopulationbalance.org>, Erişim Tarihi: 30.07.20.
112. Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z. (1994). Nüfus, Nüfus Hareketleri ve Göçler. T. C. Sağlık Bakanlığı, *Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü*, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 1. Baskı, Ankara, 11.
113. Sağlık Bakanlığı, (2010). Türkiye'nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım. *Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü*, Yayın no: 811, Ankara, 77.
114. Varınca, K. B., Güneş, G. ve Ertürk, F. (2008). Hava Kirlenmelerinin İnsan Sağlığı ve İklim Değişikliği Üzerine Etkileri. Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu (UHAKS 2008) Bildiriler Kitabı, Konya, 30-31 Mayıs, 163.
115. Özer, U., Aydın, R. ve Akçay, H. (1997). Air Pollution Profile of Turkey. *Chemistry International*, 19(6), 190.
116. FAO, (2020). Global Forest Resources Assessment 2020-Key findings. Rome. Erişim Tarihi: 05.08.20.
117. MGM, (2020). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İklim Değişikliğinin Arazi Kullanımıyla İlişkisi ve İklim Değişikliğinin Etkileri, Duyarlılık ve Uyum. *Atölye*

- Çalışması Sonuç Raporu*, Ankara, 11. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/sonucraporu.pdf>. Erişim Tarihi: 05.08.20.
118. ÇŞB, (2010). T.C. Çevre Şehircilik Bakanlığı Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi 2010-2023. [https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editor/dosya/file/strateji%20belgesi/Turkiye%20Iklim%20Degisikligi%20Strateji%20Belgesi\\_TR.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editor/dosya/file/strateji%20belgesi/Turkiye%20Iklim%20Degisikligi%20Strateji%20Belgesi_TR.pdf) Erişim Tarihi: 10.08.20.
119. IEA, (2017). International Energy Agency. Key World Energy Statistics 2017. [https://www.iea.org/dataandstatistics/?country=world&fuel=Energy%20consumption&indicator=Total%20final%20consumption%20\(TFC\)%20by%20source](https://www.iea.org/dataandstatistics/?country=world&fuel=Energy%20consumption&indicator=Total%20final%20consumption%20(TFC)%20by%20source). Erişim tarihi: 05.08.20.
120. BMİDÇS (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. (INDCs Synthesis Reports). [http://unfccc.int/focus/indc\\_portal/items/8766/9240.php](http://unfccc.int/focus/indc_portal/items/8766/9240.php). Erişim Tarihi: 08.08.20.
121. Kazokoğlu, C. (2015). 10 grafikte BM İklim Değişikliği Konferansı ve Türkiye. [http://www.bbc.com/turkce/ekonomi/2015/11/151130\\_cop21\\_turkiye\\_cuneyt\\_kazokoğlu](http://www.bbc.com/turkce/ekonomi/2015/11/151130_cop21_turkiye_cuneyt_kazokoğlu). Erişim Tarihi: 10.04.2016.
122. IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *New York Cambridge University Press*.
123. NOAA, (2020). National Oceanic and Atmospheric Administration. What is the difference between climate change and global warming? <http://www.noaa.gov/explainers/what-s-difference-between-climate-and-weather> Erişim Tarihi: 07.08.20.
124. NOAA, (2020). National Oceanic and Atmospheric Administration. State of the Climate, <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/summary-info/global/201612>. Erişim Tarihi: 07.08.20.
125. NOAA, (2020). National Oceanic and Atmospheric Administration. Assessing the Globe Climate in 2017. [https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-201712?position=0&list=2mucoKpynDvvEJgJPnWZ46WILhdtPYEg0\\_HWLvsGbg](https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-201712?position=0&list=2mucoKpynDvvEJgJPnWZ46WILhdtPYEg0_HWLvsGbg) Erişim tarihi: 07.08.20.
126. WWF, (2020). Doğal Hayatı Koruma Vakfı, IPCC 5. Değerlendirme Raporu. <https://www.wwf.org.tr/?2340> Erişim Tarihi:14.11.20.
127. Türkeş, M. (2010). Küresel İklim Değişikliği: Başlıca Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler ve Etkileri. Uluslararası Katılımlı 1. Meteoroloji Sempozyumu, *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara, 9-38.
128. Karaman, S. ve Gökalp, Z. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 59-66.
129. Denhez, F. (2007). Küresel Isınma Atlası. (Ö. Aladağ, Çev.) İstanbul: *NTV Yayınları*.
130. Saraçoğlu, N. (2018). Küresel İklim Değişimi Biyoenerji Enerji Ormancılığı ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları. *Efil Yayınevi*, Ankara.
131. Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye olası Etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22, 47-65.
132. Ateş, İ. (2008). Küresel Isınmanın Sebep Olacağı Siyasal ve Ekonomik Gelişmeler ve Muhtemel Türkiye Yansımaları. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 87.
133. Geymen, A. ve Dirican, A.Y. (2016). İklim Değişikliğine Bağlı Deniz Seviyesi Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Analiz Edilmesi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 65-74.
134. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M. M.B. LeRoy Miller, H. Jr. and Chen, Z. (2007). Intergovernmental Panel on Climate

- Change (IPCC). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 2: The Physical Science.
135. Ki-moon, B. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). ClimateChange: Synthesis Report. Ban Ki-moon to attend IPCC press conference in Valencia on 17 November, Valencia/Spain.
  136. Blunden, J. and Arndt, D. S. (2017). State of the climate 2016. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(8), i-277.
  137. Türkeş, M. (2012). Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı bir Çözümlemesi. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20(1), 7-55.
  138. Turan, E.S. (2018). Türkiye'nin İklim Değişikliğine Bağlı Kuraklık Durumu. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(1), 63-69.
  139. Samur, H. (2007). Küresel İklim Değişikliği: Fırsatlar ve Riskler. 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007, İTÜ, İstanbul.
  140. Temur, B. (2017). Küresel Isınmanın Türkiye'de Tarım sektörü Üzerine Etkisi: Bir ARDL Modeli Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 121.
  141. Watts, R.G. (2007). Global warming and the future of the earth. *Colorado: Morgan and Claypool Publishers*.
  142. Mendelsohn, R. and Williams, L. (2004). Comparing Forecasts of the Global Impacts of Climate Change, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 9(4), 315-333.
  143. Wright, L. and Fulton, L. (2005). Climate change mitigation and transport in developing nations. *Transport Reviews*, 25(6), 691-717.
  144. Şanlı, B. ve Özekicioğlu, H. (2007). Küresel Isınmayı Önlemeye Yönelik Çabalar ve Türkiye. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2, 456-482.
  145. Sengupta, N. (2008). Use of Cost-Effective Construction Technologies in India to Mitigate Climate Change. *Current Science*, 94(1), 38-43.
  146. Peeters, P. and Dubois, G. (2010). Tourism travel under climate change mitigation constraints. *Journal of Transport Geography*, 18(3), 447-457.
  147. Liu, J. and Deng, X. (2011). Impacts and mitigation of climate change on Chinese cities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 188-192.
  148. Özer, B., Görgün, E. and İncecik, S. (2013). The Scenario Analysis on CO2 Emission Mitigation Potential in the Turkish Electricity Sector: 2006-2030. *Energy* 49, 395-403.
  149. Islam S. M, Tarique, K. M. and Sohag K. (2015). CO<sub>2</sub> Emission and Agricultural Productivity in Southeast Asian Region: A Pooled Mean Group Estimation. *Science Vision*, 20(1), 93-99.
  150. Karakaya, E. ve Sofuoğlu, E. (2015). İklim değişikliği müzakerelerine bir bakış: 2015 Paris İklim Zirvesi. Uluslararası Avrasya Enerji Sorunları Sempozyumu, 28-30.
  151. Uysal, D. ve Yapraklı, H. (2016). Kişi Başına Düşen Gelir, Enerji Tüketimi ve Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Emisyonu Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırılmalar Altında Analizi: Türkiye Örneği. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 16(31), 186-202.
  152. Özsoy, C. E. ve Dinç, A. (2016). Türkiye'nin Fosil Enerji Kaynaklı Sorunlarına Düşük Karbonlu Bir Çözüm: Yeşil Ekonomi. *Econ World 2016 Imperial College Proceedings*, 1-15, London, UK.

153. Bayraç, N. H. ve Doğan, E. (2016). Türkiye’de İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 23- 48.
154. Özcan, M. (2016). Estimation of Turkey's GHG Emissions from Electricity Generation by Fuel Types. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53,832–840.
155. Rüstemoğlu, H. (2016). Ekonomik Büyümenin Çevresel Maliyeti: Türkiye ve İran Ölçeğinde Co2 Emisyonlarının Belirleyicileri. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 2151-2168.
156. Karakaya, E. (2016). Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-12.
157. Pabuçcu, H. ve Bayramoğlu, T. (2016). Yapay Sınır Ağları ile CO2 Emisyonu Tahmini: Türkiye Örneği. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3),762-778.
158. Çakmak, E. G., Doğan, T. ve Hilmioğlu, B. (2017). İklim Değişikliği Süresinde Paris Anlaşması’nın Rolü ve Türkiye’nin Konumu. Akdeniz Üniversitesi Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3.
159. Güner, E. ve Turan, E. (2017). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Küresel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1), 48-55.
160. Çetintaş, H. ve Türköz, K. (2017). İklim Değişikliği İle Mücadelede Karbon Piyasalarının Rolü. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(37).
161. Seo, S. N. (2017). Beyond the Paris Agreement: Climate change policy negotiations and future directions. *Regional Science Policy&Practice*, 9(2), 121-140.
162. Gao, Y., Gao, X. and Zhang, X. (2017). The 2 °C Global Temperature Target and the Evolution of the Long-Term Goal of Addressing Climate Change—From the United Nations Framework Convention on Climate Change to the Paris Agreement, *Engineering*, 3(2), 272-278.
163. Yapraklı, S. ve 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(2), 430.
164. Dulkadiroğlu, H. (2018). Türkiye’de Elektrik Üretiminin Sera Gazı Emisyonları Açısından İncelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 67-74.
165. Somoncu, M. (2018). İklim Değişikliği Türkiye Turizmi için Bir Tehdit mi, Bir Fırsat mı? TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 3-6 Ekim 2018. Ankara. 748-771.
166. Bozoğlu, B. (2018). Paris iklim anlaşması kapsamında Türkiye'nin erken uyarı sistemine dair yapması gerekenler. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, 259.
167. Kuşkaya, S. (2018). Küresel Isınmanın Kontrol Altına Alınmasında Takip Edilen Enerji Politikalarının Etkinliği: Bir Sürekli Dalgacık Uyumu Modeli Yaklaşımı. Doktora Tezi. T.C. Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, 247.
168. Vicedo-Cabrera, A. M., Guo, Y., Sera, F., Huber, V., Schleussner, C. F., Mitchell, D., Tong, S., Stagliorio-Coelho, M. de S. Z., Nascimento-Saldiva, P. H., Lavigne, E., Correa, P. M., Ortega, N. V., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urban, A., Jaakkola, J. J. K., Rytý, N. R. I., Pascal, M., Goodman, P. G., Zeka, A., Michelozzi, P., Scortichini, M., Hashizume, M., Honda, Y., Hurtado-Diaz, M., Cruz, J., Seposo,

- X., Kim, H., Tobias, A., Íñiguez, C., Forsberg, B., Åström, D. O., Ragettli, M. S., Rösli, M., Guo, Y. L., Wu, C. F., Zanobetti, A., Schwartz, J., Bell, M. L., Dang, T. N., Van, D. D., Heaviside, C., Vardoulakis, S., Hajat, S., Haines, A., Armstrong, B., Ebi, K. L., Gasparrini, A. and Correa, P. M. (2018). Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios. *Climatic Change*, 150(3-4), 391-402.
169. Baltacı, G. (2019). Küresel İklim Değişikliği ve İklim Değişikliği Politikalarını Etkileyen Argümanlar. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, 188.
170. Can, C. (2019). Küresel İklim Değişikliği ve Uluslararası Çabalar. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, 139.
171. Kassara, C. (2019). A new definition of heat waves under climate change. Graduate Program in Computational Science and Engineering *Bogazici University*, 134.
172. Yılmaz, E. (2019). Türkiye’de aylık sıcaklık ve aylık sıcaklık farklarındaki eğilimler ve sıcaklık eğilim grupları. *Journal of Human Sciences*, 16(2), 392-427.
173. Sahin, U. A., Onat, B. and Ayvaz, C. (2019). Climate Change and Greenhouse Gases in Turkey. *Recycling and Reuse Approaches For Better Sustainability*, 201-214.
174. Akkuş Dağdeviren, S. (2019). Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye’de çevre politikaları. Yüksek Lisans Tezi. Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 105.
175. Erdoğan, S. (2020). Enerji, Çevre ve Sera Gazları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 277-303.
176. Kaya, H. E. (2020). Kyoto’dan Paris’e Küresel İklim Politikaları. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 4(10), 165-191.
177. Özışık, F. U. (2020). Türkiye’de Bir Kamu Politikası Olarak İklim Değişikliği: Tarihsel Gelişim, Uluslararası Müzakereler, Yapısal ve İdari Sorunlar Çerçevesinde Bir Değerlendirme. *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi*, 8(1), 66-96.
178. Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H. ve Gürkan, H. (2014). Türkiye’de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları. TÜCAUM-VIII. Coğrafya Sempozyumu, 23-24.
179. Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., ve Yazıcı, B. (2016). GFDL-ESM2M Modeli temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 14(2), 77-88.
180. ERA5, (2020). Climate Change Service. Climate reanalysis. <http://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis>. Erişim Tarihi: 28.07.20.
181. Meinshausen, M., S. J. Smith, K. V. Calvin, J. S. Daniel, M. L. T. Kainuma, J.-F. Lamarque, K. Matsumoto, S. A. Montzka, S. C. B. Raper, K. Riahi, A. M. Thomson, G. J. M. Velders and D. van Vuuren (2011). "The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extension from 1765 to 2300. *Climatic Change* (Special Issue). <https://www.pik-potsdam.de/en/news/latest-news/archive/2011/ein-landkarte-der-zukunft-neue-szenarien-fuer-den-ausstoss-von-treibhausgasen>. Erişim Tarihi: 08.03.21.
182. German Climate Computing Center <https://esgf-data.dkrz.de/search/cordex-dkrz/> <https://esgf-data.dkrz.de/search/cordex-dkrz/>. Erişim Tarihi: 18.04.21.
183. Ballı, C. (2019). İklim Projeksiyonu Verilerinin Analizi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire

- Başkanlığı. *İklim Değişikliğinin Kar Erimelerine ve Akımlarına Etkisinin Belirlenmesi Projesi*, 2. Eğitim Çalışması, 35.
184. Akçakaya, A., Atay, H. ve Demir, Ö. (2013). İklim Değişikliği Senaryolarında Yeni Dönem: Paralel Yaklaşım Ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs). 6th Atmospheric Science Symposium - ATMOS 2013, İstanbul.
185. CDO, (2020). Climate Data Operator Version 1.9.9. CDO User Guide. <https://code.mpimet.mpg.de/projects/cdo/embedded/cdo.pdf>. Erişim Tarihi: 26.07.20.
186. European Commission, (2014). Communication From the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. *Brussels 15 final COM*, 18.
187. Niggol Seo, S. (2017). Beyond the Paris Agreement: Climate change policy Negotiations and future directions. *Regional Science Policy&Practice*, 9(2), June.
188. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/co2/country/germany?country=~DEU> Erişim Tarihi 13.12.20.
189. UNFCCC, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Çin'in Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısı. <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/China/1/China's%20INDC%20-%20on%2030%20June%202015.pdf> Erişim Tarihi: 13.12.20.
190. Ritchie H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published. <https://ourworldindata.org/co2/country/china?country=~chn>. Erişim Tarihi: 13.12.20.
191. Zheng, X., Streimikiene, D., Balezentis, T., Mardani, A., Cavallaro, F. and Liao, H. (2019). A review of greenhouse gas emission profiles, dynamics, and climate change mitigation efforts across the key climate change players. *Journal of CleanerProduction*, 234, 1113-1133.
192. George, E. (2015). Negotiating a new UN climate agreement: Challenges on the Road to Paris. *Avrupa Parlamentosu Araştırma Servisi*, 15-16.
193. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/co2/country/united-states?Country=~USA>. Erişim Tarihi: 13.12.20.
194. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/co2/country/india?country=~IND>. Erişim Tarihi: 13.12.20.
195. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/grapher/total-ghg-emissions-excluding-lufc?tab=chart&time=earliest..latest&country=~IND>. Erişim Tarihi: 13.12.20.
196. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/grapher/total-ghg-emissions-excluding-lufc?Tab=chart&time=earliest.latest&country=~ZAF>. Erişim Tarihi: 13.12.20.
197. Taner, A. C. ve Odası, F. M. Afrika Ülkeleri Baz Yük Kaynakları Fosil Yakıt Yakan Termik Santraller Üniteleri ile Acil Çözüm Bekleyen İklim Değişiklikleri ve Bölgesel Kuraklık Sorunları. <https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/04/Afrika-Ülkeleri-Baz-Yük-Kaynakları-Fosil-Yakıt-Yakan-Termik-Santraller-Üniteleri-ile-Acil-Çözüm-Bekleyen-İklim-Değişiklikleri-ve-Bölgesel-Kuraklık-Sorunla.pdf>. Erişim Tarihi: 14.12.20.



198. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/co2/country/south-africa?country=~ZAF>.
199. UNFCCC, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. Kanada'nın Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısı. <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Canada/1/INDC%20-%20Canada%20-%20English.pdf>. Erişim Tarihi: 13.12.20.
200. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/co2/country/canada?Country=~CAN>. Erişim Tarihi: 13.12.20.
201. Liu, D., Guo, X. and Xiao, B. (2019). What causes growth of global greenhouse gas emissions? Evidence from 40 countries. *Science of The Total Environment*, 661, 750-766.
202. UNFCCC, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. Rusya Federasyonunun Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısı. <http://www4.unfccc.int/submissions/indc/Submission%20Pages/submission.aspx> Erişim Tarihi: 14.12.20.
203. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/co2/country/russia?country=~RUS>. Erişim Tarihi: 14.12.20.
204. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/co2/country/thailand?Country=~THA>. Erişim Tarihi: 13.12.20.
205. UNFCCC, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. Sırbistan Cumhuriyetinin Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısı. [https://www4.unfccc.int/sites/ndc\\_staging/PublishedDocuments/Serbia%20First/Republic\\_of\\_Serbia.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndc_staging/PublishedDocuments/Serbia%20First/Republic_of_Serbia.pdf). Erişim Tarihi: 14.12.20.
206. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/co2/country/serbia?country=~SRB>. Erişim Tarihi: 13.12.20.
207. UNFCCC, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. Kore'nin Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısı. <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Republic%20of%20Korea/1/INDC%20Submission%20by%20the%20Republic%20of%20Korea%20on%20June%2030.pdf>. Erişim Tarihi: 14.12.20.
208. UNFCCC, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. Meksika'nın Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısı. <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Mexico/1/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf>. Erişim Tarihi: 14.12.20.
209. UNFCCC, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. Fas'ın BMİDÇS uyarınca Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısı. <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Morocco/1/Morocco%20INDC%20submit%20ted%20to%20UNFCCC%20-%202015%20june%202015.pdf>. Erişim Tarihi: 15.12.20.
210. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org.<https://ourworldindata.org/co2/country/morocco?country=~MAR>. Erişim Tarihi: 15.12.20.
211. UNFCCC, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. Federal Demokratik Etiyopya Cumhuriyetinin Niyet Edilen Ulusal

- Olarak Belirlenmiş Katkısı. [http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20 Documents/Ethiopia/1/INDC-Ethiopia-100615.pdf](http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Ethiopia/1/INDC-Ethiopia-100615.pdf). Erişim Tarihi: 15.12.20.
212. Ritchie, H. and Roser, M. (2017). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Published online at Our World in Data. Org. <https://ourworldindata.org/co2/country/ethiopia?country=~ETH>. Erişim Tarihi: 15.12.20.
213. UNFCCC, (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. Gabon Cumhuriyeti Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısı. <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Gabon/1/20150331%20INDC%20Gabon.pdf>. Erişim Tarihi: 15.12.20.
214. TUP, (2019). Türkiye Ulusal Programı. Düşük Karbonlu Kalkınma için Çözümsel Tabanlı Strateji ve Eylem Geliştirilmesi Teknik Destek Projesi. Faaliyet 3.1 UİDEP faaliyetlerinin ve seçilen sektörlerle ilgili diğer planların emisyon azaltım potansiyelinin değerlendirilmesi, Ankara.
215. Bavbek, G. (2015). Bir Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı Oluşturulması: Türkiye için Dikkate Alınacak Temel Hususlar. EDAM İklim Eylem Kâğıtları Serisi 2015/2, 20.
216. Climate Action Tracker, (2020). <https://climateactiontracker.org/countries/turkey/>. Erişim Tarihi: 16.12.20.
217. BBC News, (2020). İklim Değişikliği: 7 Grafikte Krizin Neresindeyiz, Her Birimiz Neler Yapabiliriz? <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-51133428>. Erişim Tarihi: 16.12.20.
218. ÇŞB, (2018). T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Türkiye'nin Yedinci Ulusal Bildirimi. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı. <https://web.dosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/yed-nc--ulusal-b-ld-r-m-20190909092640.pdf>. Erişim Tarihi: 15.12.20.
219. ÇŞB, (2012). T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı 2011-2023, Ankara.

## DİZİN

**A**

ANOVA · 70

**B**

biyoyakıt · 89

**C**CO<sub>2</sub> · v, vii, x, xi, xii, xiv, 1, 9, 13,  
20, 41, 43, 47, 48, 51, 53, 63,  
64, 71, 79, 80, 81CO<sub>2</sub> salınımı · 9, 61**Ç**çevre kirliliğinin · 1  
çölleşme · 5, 55, 57, 59, 62**D**

deniz seviyesi · xii, 41, 58, 63, 88

**E**elektrik üretimi · 28, 32, 37, 50  
enerji ihtiyacı · 1, 50, 52  
Enerji Koridoru · 22  
enerji sistemi · 25**F**fosil yakıt · 1, 19, 24, 45, 49, 50,  
52, 55, 64, 67, 78, 80, 83, 85,  
88, 89**G**güneş · xii, 1, 19, 20, 26, 27, 43,  
45, 46, 49, 80, 89**H**hava kirliliği · 50, 52  
hidroelektrik santrali · 34**İ**iklim değişikliği · iv, 2, 3, 4, 5, 6,  
7, 9, 10, 15, 41, 51, 53, 58, 59,  
60, 61, 66, 67, 71,, 84, 86, 88  
iklim değişikliği · xi, 1, 3, 5, 10,  
13, 15, 41, 49, 59, 88, 97**J**

jeotermal · 19, 32, 33, 89

**K**katı atık yönetiminin · 89  
kuraklık · 5, 20, 42, 55, 56, 59, 62,  
87  
küresel ısınma · iv, 11, 24, 34, 41,  
50, 55, 57  
Kyoto Protokolü · iv, ix, xiv, 1, 2,  
8, 9, 10, 11, 12, 13, 62, 67, 78,  
88, 94**M**

Metan gazı · 72

**P**Paris İklim Zirvesi · 1, 62, 64, 78,  
88, 97**S**Sanayi Devrimi · 1, 15, 19, 23, 24,  
41, 50, 51, 55, 56, 60, 88  
sera etkisi · 1, 25, 43, 45  
sera gazı · 1, 5, 6, 7, 8,9, 10, 13,  
14, 15,, 24, 25, 39, 43, , 63,  
65,, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87,  
88  
sera gazlarının · iv, viii, xii, 1, 2, 5,  
6, 13, 64, 71, 74, 78, 80  
sıcaklık dağılımı · 77**T**TÜİK · xv, 69, 70, 71, 74, 75, 76,  
79, 92, 94  
Türkiye İstatistik Kurumu · v, xv,  
2, 88, 94**Y**yenilenebilir enerji · xii, 1, 18, 19,  
20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 31,



**TEKNOVERSİTE**



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

**İSTE**

