

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT POLİTİKASI ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON SALINIMININ
EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ:
TÜRKİYE ÖRNEĞİ

AYFER YERLİKAYA

2501180334

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. HALİL TUNALI

İSTANBUL - 2021

ÖZ

ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON SALINIMININ BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Ayfer YERLİKAYA

Ekonomik büyüme geçmişten günümüze kadar incelenen, üzerine teoriler üretilen bir konu olmuştur. Bu durumda da ekonomik büyümeyi etkileyen unsurlar devreye girerek bu hususlar üzerinde birçok incelemeler yapılmıştır. Enerji kaynakları da geçmişten bugüne kadar ekonomik büyüme ve kalkınmada önemli rol sahibi olmuştur. Küreselleşme ve toplumların gelişmesiyle enerjiye olan taleple birlikte enerji tüketimi de artmıştır. İnsanoğlunun enerji ihtiyaçları için yaktıkları fosil yakıtlar nedeniyle de çoğunlukla karbondioksit konsantrasyonları artmaktadır. Bunun sonucunda da küresel ısınma meydana gelmektedir. Küresel ısınmanın artması ile uluslararası düzeyde önlem ve yaptırımlar uygulanmaya başlamıştır.

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de enerji tüketimi ve karbon salınımının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Bu amaç için enerji tüketimi ve karbon salınımının ekonomik büyüme üzerindeki etkileri uygulamalı ve teorik olarak ele alınmıştır. Tez dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde enerji kavramı ve enerji kaynakları ele alınmıştır. İkinci bölümde karbon salınımı ve iklim değişikliği ile mücadelede uluslararası alanda atılan adımlar ve bu adımlar sonucunda karbonun fiyatlandırılması ile ilgili konular ele alınmıştır. Üçüncü bölümde ekonomik büyüme kaynakları ve ekonomik büyüme modellerine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise söz konusu değişkenlerin birbiri arasındaki ilişki ele alınmıştır.

Bu çalışmada söz konusu değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek üzere Türkiye’nin 1980-2019 yıllık verileri kullanılmıştır. ADF ve PP Birim kök testi ile durağanlıkları test edilen değişkenlerin hepsinin birinci derecede durağan olduğu tespit edilmiştir. Johansen Eşbütünleşme Testi ile eşbütünleşme olduğu ve seriler arasında uzun dönem ilişkisinin olduğu bulunmuştur. Son olarak değişkenler arasındaki nedenselliğin yönünün tespiti için Granger Nedensellik Testi uygulanmış ve şu sonuçlara varılmıştır; enerji tüketiminin büyüme üzerinde %10 istatistiksel anlamlılık düzeyinde, karbon salınımının da ekonomik büyüme üzerinde %1 istatistiksel anlamlılık düzeyinde tek yönlü nedenselliği vardır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Karbon Salınımı, Ekonomik Büyüme, Türkiye

ABSTRACT

EFFECT ON GROWTH OF CARBON EMISSIONS AND ENERGY CONSUMPTION: IN TURKEY

Ayfer YERLİKAYA

Economic growth has been a subject on which theories have been produced and analyzed from past to present. In this case, factors affecting economic growth got involved and researches were conducted on these issues. Energy resources have also played an important role in economic growth and development from past to present. With the development of societies and globalization, consumption has increased along with the energy demand. Because of the fossil fuels people consume for their energy needs, carbon dioxide concentrations are often increasing. With the increase of global warming, measures and sanctions started to be applied at the international level.

The aim of this is to reveal the effect of energy consumption and carbon emissions on economic growth in Turkey. For this purpose, the effects of energy consumption and carbon emissions on economic growth are discussed both practically and theoretically. The thesis consist of four parts. In the first chapter, energy resources and the concept of energy is discussed. In the second part, the steps taken in the international arena in struggling carbon emissions and climate change and as a result of these steps the issues related to carbon pricing were discussed. In the third chapter, sources of economic growth and economic growth models are given. In the fourth chapter, the relationship between these variables is discussed.

In this study, Turkey's 1980-2019 data were used to examine the relationship between these variables. It was determined that all variables whose stationarities were tested by ADF and PP Unit root test were stationary in the first order. It was found that there is a cointegration and there is a long-term relationship between the series with the Johansen Cointegration Test. Finally, Granger Causality Test was applied to determine the direction of causality between variables, and it was determined that energy consumption has a statistical significance level of 10% on growth and that carbon emission has one-way causality on economic growth at a statistical significance level of 1%.

Keywords: Energy Consumption, Carbon Emission, Economic Growth, Turkey

ÖNSÖZ

Bu çalışmada enerji tüketimi ve karbon salınımının büyüme üzerindeki etkisi ve ilişkisi teorik ve ampirik düzeyde ele alınmıştır. Türkiye örneği üzerinde tüketilen enerji ve karbon salınım miktarlarının Gayrı Safı Yurt İçi Hasıla tutarları üzerindeki yansımaları incelenmiştir. Ekonometrik çalışmada nedenselliğin varlığı ve yönü tespit edilerek politika önerileri geliştirilmesine katkı sunulması amaçlanmıştır.

Tez çalışması sürecinde gösterdiği anlayış ve destek için değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Halil Tunalı'ya, ekonometri alanında sağlamış olduğu katkılardan dolayı sayın Prof. Dr. Ferda Yerdelen Tatoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez jürimde yer alan Prof. Dr. Yusuf Tuna'ya ayrıca teşekkürü borç bilirim. Hayatım boyunca eğitimimde desteklerini esirgemeyen annem Deryagül Yerlikaya ve babam Ersoy Yerlikaya başta olmak üzere kardeşim Aleyna Yerlikaya'ya, abim Doç. Dr. Turgay Yerlikaya'ya, yengem Şeyma Yerlikaya ve ailemizin en küçük ferdi yeğenim Mehmed Akif Yerlikaya'ya ayrıca teşekkür ederim. Beni her konuda destekleyen ve bu süreçte de motivasyonumu sağlayan dostum Gülbeyaz Ergünöz'e teşekkür ederim.

İstanbul-2021

Ayfer Yerlikaya

İÇİNDEKİLER

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	viii
GRAFİKLER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ TÜKETİMİ

1.1. Enerji Kavramı	3
1.2. Enerji Kaynakları	4
1.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynaklar	4
1.2.1.2. Petrol	8
1.2.1.3. Doğal Gaz	11
1.2.1.4. Nükleer Enerji	15
1.2.2. Yenilenebilen Enerji Kaynaklar	21
1.2.2.1. Güneş Enerjisi	24
1.2.2.2. Hidrolik Enerjisi	27
1.2.2.3. Jeotermal Enerji	28
1.2.2.4. Rüzgar Enerjisi	31
1.2.2.5. Biyokütle Enerjisi	33

İKİNCİ BÖLÜM

KARBON SALINIMI VE SALINIMIN AZALTILMASI

2.1. Küresel Isınma ve Küresel Isınmanın Etkileri	36
2.1.1. Küresel Ortalama Sıcaklık Artışı	36
2.1.2. Karbondioksit Konsantrasyonu	37
2.1.3. Buzul Kütle Dengesi	38
2.1.4. Okyanus Isı İçeriği	39
2.2. İklim Değişikliği ile Mücadelede Uluslararası Alanda Atılan Adımlar	40
2.2.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi	40
2.2.2. Kyoto Protokolü	42
2.2.3. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları	42
2.2.4. Paris Anlaşması	44
2.3. İklim Değişikliği ile Mücadelede Karbon Fiyatlandırması	45
2.3.1. Karbon Vergisi	48
2.3.2. Emisyon Ticaret Sistemi	49
2.3.3. Gönüllü Karbon Piyasası.....	51
2.3.4. Yenilenebilir Enerji Sertifikası Ticareti	52
2.3.5. Uluslararası Havacılığa Yönelik Karbon Denkleştirme ve Azaltma Şeması (CORSIA)	55

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

EKONOMİK BÜYÜME VE MODELLERİ

3.1. Ekonomik Büyüme	57
3.2. Ekonomik Büyümenin Kaynakları	58
3.2.1. İşgücü	59
3.2.2. Sermaye	60
3.2.3. Doğal Kaynaklar	61

3.2.4. Teknolojik Gelişme	61
3.3. Ekonomik Büyümenin Türleri	63
3.4. Ekonomik Büyüme Modelleri	64
3.4.1. Klasik Büyüme Modeli	65
3.4.1.1.Adam Smith Büyüme Modeli	65
3.4.1.2.David Ricardo Büyüme Modeli	67
3.4.1.3.Thomas R. Malthus Büyüme Modeli.....	68
3.4.1.4.Karl Marx Büyüme Modeli.....	69
3.4.2. John M. Keynes Büyüme Modeli.....	70
3.4.3. Harrod-Domar Büyüme Modeli	71
3.4.4. Neo Klasik Slow Büyüme Modeli	72
3.4.5. İçsel Büyüme Modeli	74
3.4.5.1.Bilgi Üretimi ve Dışsallıklar Modeli	74
3.4.5.2.Beşeri Sermaye Modeli.....	75
3.4.5.3.Kamu Politikası Modeli	76
3.4.5.4.AR-GE Modeli.....	76

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE ÖRNEĞİNDE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON SALINIMININ BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ EKONOMETRİK ANALİZ

4.1. Literatür Taraması.....	78
4.2. Ekonometrik Analiz Teorik Çerçevesi	85
4.2.1.Birim Kök Testi	85
4.2.1.1.Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) Testi	86
4.2.1.2.Philips Perron (PP) Testi.....	87
4.2.2.Johansen Eşbütünleşme Testi	87
4.2.3.Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM).....	89

4.2.4.Granger Nedensellik Testi	89
4.3.Ekonometrik Analiz Sonuçları.....	91
4.3.1.Verit Seti ve Model	91
4.3.2.Metodoloji.....	91
4.3.3.Tanımlayıcı İstatistikler	92
4.3.4.Değişkenlerin Grafiksel Gösterimi	93
4.3.5.Korelogram Testi Sonuçları.....	95
4.3.6.Birim Kök Testi Sonuçları (Unit Root Test).....	99
4.3.7.Johansen Eşbütünleşme Testi	100
4.3.8.Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM).....	102
4.3.9.Granger Nedensellik Testi	103
SONUÇ.....	104
KAYNAKÇA	107

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	5
Tablo 2: Dünyada İşletilen ve İnşaat Aşamasındaki Reaktörler Sayısı.....	20
Tablo 3: Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları.....	23
Tablo 4: Dünyada Yenilenebilir Enerjide Yıllık Yatırım, Net Kapasite Artırımı ve Biyoyakıt Üretiminde İlk Beş Ülke	24
Tablo 5: Dünyada Biyoyakıt Üretiminde İlk 10 Ülke (Milyar Litre).....	36
Tablo 6: Birleşmiş Milletler Çerçeve Sözleşmesi Tarafları	44
Tablo 7: Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları.....	45
Tablo 8: Gönüllü Karbon Piyasası Projelerin Sektörlere Göre Dağılımları.....	56
Tablo 9: Literatür Özeti	87
Tablo 10: Değişkenler, Açıklama ve Kaynaklar	95
Tablo 11: Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri	96
Tablo 12: ADF Birim Kök Test Sonuçları (Düzeyde)	103
Tablo 13: ADF Birim Kök Test Sonuçları (Birinci Farkı Alınmış)	104
Tablo 14: PP Birim Kök Test Sonuçları (Düzeyde).....	104
Tablo 15: PP Birim Kök Test Sonuçları (Birinci Farkı Alınmış).....	104
Tablo 16: Var Modeli için Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi.....	105
Tablo 17: Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları	106
Tablo 18: Vektör Hata Düzeltme Modeli Uzun Dönem Test Sonuçları	107
Tablo 19: Vektör Hata Düzeltme Modeli Kısa Dönem Test Sonuçları.....	107
Tablo 20: Granger Nedensellik Test Sonuçları	108

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Dünya Kömür Rezervleri Sıralamasında İlk 10 Ülke	6
Grafik 2: Dünya Kömür Tüketimi Sıralamasında İlk Beş Ülke 2018 (MTEP)	8
Grafik 3: Dünya Petrol Rezervleri Sıralamasında İlk 10 Ülke (Milyon varil).....	10
Grafik 4: Dünya Petrol Tüketiminin Kıtalar İçerisindeki Oranı	11
Grafik 5: Dünya Doğal Gaz Rezervinin Kıtalar İçerisindeki Yüzdesel Oranı (2018).....	13
Grafik 6: Dünya Doğal Gaz Rezerv Sıralamasında İlk 10 Ülke Payları (%).....	13
Grafik 7: Dünya Nükleer Enerji Tüketimi Sıralamasında İlk 10 Ülke (MTEP)	21
Grafik 8: Dünya Birincil Enerji Tüketiminin Kaynak Bazlı Dağılım Oranları (2018).....	23
Grafik 9: Küresel Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerji Türlerinin Payı	24
Grafik 10: Dünya Geneline Kümülatif Kurulu Güneş PV Kapasitesi 2008-2018 (GW).....	26
Grafik 11: Güneş Fotovoltaik Sistem Kapasite Sıralamasında İlk 5 Ülke, 2018.....	26
Grafik 12: Dünya Hidroelektrik Kapasite Sıralamasında İlk 10 Ülke	28
Grafik 13: Dünyada Jeotermal Güç Kapasite Sıralamasında İlk 10 Ülke (GW)	30
Grafik 14: Türkiye Jeotermal Kurulu Güç Yıllar İtibariyle Gelişimi	31
Grafik 15: Dünyada Rüzgar Kurulu Gücün Yıllar İtibariyle Gelişimi (GW)	32
Grafik 16: Rüzgar Gücü Tüketimi Sıralamasında İlk 10 Ülke (MTEP)	33
Grafik 17: Türkiyede Yıllar İtibariyle Rüzgar Kurulu Gücün Gelişimi (MW)	34
Grafik 18: Türkiye'nin Biyokütle Enerji Potansiyeli (TEP/yıl).....	37
Grafik 19: 1890-2019 Yılları Arasındaki Küresel Yüzey Sıcaklık Geçmişi.....	39
Grafik 20: Küresel Karbondioksit Emisyon Miktarı (Milyon Metrik Ton).....	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1:Dünya Çapında 2018 Yılı Doğal Gaz Ticaret Hareketler	14
Şekil 2:Sıcaklığa Göre Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları	29
Şekil 3:Türkiye Potansiyel Jeotermal Alanlar Haritası	30
Şekil 4:1958-2018 Yılları Arası Küresel Buzul Kütlesindeki Değişim (Su Eşdeğeri)	40
Şekil 5:1993-2018 Yılları Arası Okyanus Isı İçeriği Ortalaması (10^{21} Joule)	40
Şekil 6:Karbon fiyatlandırma araçlarına genel bakış (ETS ve karbon vergisi)	48
Şekil 7:Karbon fiyatlandırma girişimlerinin kapsadığı küresel emisyon payı	48
Şekil 8:Emisyon Ticaret Sistemi	52
Şekil 9:Yenilenebilir Enerji Sertifikası Ticareti	55
Şekil 10:Dünyada Yenilenebilir Enerji Sertifikası Uygulamaları	56
Şekil 11:Üretim Olanakları Eğrisi ile Ekonomik Büyüme Sürecinin Açıklanması	60
Şekil 12:Adam Smith'e Göre Ekonominin Gelişimi	68
Şekil 13:LNGDP Serisinin Grafiği	95
Şekil 14:DLNGDP Serisinin Grafiği	96
Şekil 15:LNEC Serisinin Grafiği	96
Şekil 16:DLNEC Serisinin Grafiği	96
Şekil 17:LNCO2 Serisinin Grafiği	97
Şekil 18:DLNCO2 Serisinin Grafiği	97
Şekil 19:LNGDP Korelogram Test Sonucu	98
Şekil 20:LNEC Korelogram Test Sonucu	98
Şekil 21:LNCO2 Korelogram Test Sonucu	99
Şekil 22:LNGDP Korelogram Test Sonucu (Birinci Farkı Alınmış)	99
Şekil 23:LNEC Korelogram Test Sonucu (Birinci Farkı Alınmış)	100

KISALTMALAR LİSTESİ

AAU	: Assigned Amount Units (Tahsislendirilmiş Emisyon Miktarının)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AIB	: Association of Issuing Bodies (İhraç Kuruluşları Derneği)
API	: American Petroleum Institute (Amerikan Petrol Enstitüsü)
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
BAE	: Birleşik Arap Emirlikleri
BDEW	: Almanya Enerji ve Su Endüstrileri Birliği (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft)
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
BEPA	: Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BP	: British Petroleum
BTC	: Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı
BTE	: Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı
CCB	: Climate Community Biodiversity (İklim, Topluluk ve Biyoçeşitlilik İttifakı)
CCX	: Chicago Climate Exchange (Chicago İklim Borsası)

CDM	: Clean Development Mechanizm (Temiz Kalkınma Mekanizması)
CDP	: Carbon Disclosure Project (Karbon Saydamlık Projesi)
CER	: Certified Emission Reduction (Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım Kredisi)
CO	: Karbonmonoksit
CO2	: Karbondioksit
COP21	: At the Paris Climate Conference (21.Taraflar Konferansı)
CORSIA	: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (Uluslararası Havacılığa Yönelik Karbon Denkleştirme ve Azaltma Şeması)
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ	: Enerji Piyasaları İşletim Anonim Şirketi
ERU	: Emission Reduction Unit (Emisyon Azaltma Birimi)
ET	: Emission Trading (Emisyon Ticareti)
ETKB	: Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ETS	: Emisyon Ticaret Sistemi
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına
GO	: Guaratees of Origin (Menşee Garantileri)
GW	: Gigavat
GWEC	: Global Wind Energy Council (Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi)
IAEA	: International Atomic Energy Agency (Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu)
ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)

IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
I-REC	: International Renewable Energy Certificates(Uluslararası Yenilenebilir Enerji Sertifikası)
ITER	: International Thermonuclear Experimental Reactor (Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör)
ITG	: Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Enterkonnektörü
JI	: Joint Implementation (Ortak Yürütme)
KP	: Kyoto Protokolü
kWh	: kiloWatt Saat
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MTA	: Maden Tetkik Arama
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Megawatt
NOAA	: National Centers for Enviromental Information (Ulusal Çevre Bilgisi Merkezleri)
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
PMR	: Partnership for Market Readiness (Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı)
ppm	: parts per million (milyonda bir birim)
REC	: Renewable Energy Certificates (Yenilenebilir Enerji Sertifikası)
SARPs	: Standard and Recommended Practises (Standart ve Tavsiye Edilen Uygulamalar)
SETA	: Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı

TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TANAP	: Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEP	: Ton Eş Değer Petrol
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
TWh	: Terawatt saat
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi)
VCS	: Voluntary Carbon Standart (Gönüllü Karbon Standardı)
VER	: Verified Emission Reduction (Doğrulanmış Emisyon Azaltım)
WCA	: World Coal Association (Dünya Kömür Birliği)
WGMS	: World Glacier Monitoring Service(Dünya Buzulu İzleme Servisi)
WMO	: World Meteorological Organization (Dünya Meteoroloji Örgütü)
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEKA	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
YEK-G	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti

GİRİŞ

Enerji kaynakları geçmişten bugüne ekonomik büyüme ve kalkınmada çok önemli rol sahibi olmuştur. Toplumlar geliştikçe enerjiye olan gereksinim artmış bunun sonucunda enerjinin elde ediliş biçimleri ve kullanım alanları gelişme göstermiştir. Sanayileşmeyle birlikte artan enerji talebi enerjinin önemini bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Enerji ihtiyacı, ekonomi büyüdükçe artmaktadır. Ülkelerin sahip oldukları enerji kaynakları ister bol ister kıt olsun bu enerji taleplerini karşılamak için ellerinde bulunan enerji kaynağını işleyerek yakıta dönüştürmesi gerekecektir. Üretimi ve ekonomik büyümeyi gerçekleştirebilmek için enerji politikaları gündeme gelmeye başlamış ve ülkeler enerji arz güvenliklerini sağlamak üzere de çalışmalar başlatmıştır.

Özellikle 1970’li yıllarda Petrol Krizi ile enerjinin üretim sürecindeki görevi önem kazanmış ve enerji, bir üretim faktörü gibi düşünülerek üretim fonksiyonuna dahil edilmiştir. Petrol krizinin etkileri sosyal, siyasal ve ekonomik alanlarda hissedilmiştir. Kriz sonucu ülkeler alternatif enerji kaynağı aramak için çeşitli yatırımlar ve araştırmalar yapmaya başlamışlardır. Ülkeler arasındaki enerji rezerv farklılıkları da göz önüne alındığında enerjinin rekabet seviyesini de yükselttiği gözler önüne serilmektedir. Ortaya çıkan bir diğer konu da enerji arz güvenliği olmuştur. Arz güvenliğinin sağlanması ülkelerin enerji ile birlikte önemli gündem maddeleri arasında yerini almıştır.

Artan enerji talebi fosil kaynaklı enerjilerin tüketimini hızlandırmıştır. Sera gazı etkisi yapan bu enerji kaynakları dünya sıcaklığının artması ve küresel ısınmayı beraberinde getirmektedir. Dünya atmosferinde bulunan karbondioksit, metan gibi sera gazlarının oranları sanayi devriminden itibaren insan faaliyetleri, toplumsal-ekonomik gelişim ile beraber paralel bir şekilde artış göstermeye başlamıştır.

Toplumların giderek artan enerji talebi ve küresel ısınma ile mücadele de yapılabilecek en önemli adım yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek olacaktır. Yenilenebilir enerji için gerekli çalışmalar ve yatırımlar desteklenmelidir. Toplumların sosyo-ekonomik olarak kalkınmasını desteklemeye yardımcı olacak kaliteli, temiz, sürekli, güvenilir ve ekonomik enerji temini önem kazanmıştır. Tüm bu hususlar çerçevesinde ekonomistler, politikacılar ve çevre bilimciler için önemli hale gelen enerji tüketimi, karbon salınımı ve ekonomik büyüme üzerinde birçok çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada 1980-2019 yıllarına ait yıllık veriler kullanılarak Türkiye için enerji tüketimi ve karbon salınımının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma dört bölümden meydana gelmektedir. İlk bölümde enerji kavramı ve enerji kaynaklarına değinilmiştir. Dünya ve Türkiye özelinde enerji kaynak rezervleri ve enerji tüketim verilerine grafiklerle yer verilmiştir.

İkinci bölümde, çalışmanın bir diğer önemli konusu olan karbon salınımı ve karbon salınımının küresel etkilerine yer verilmiştir. Küresel etkileri çerçevesinde iklimle mücadelede uluslararası düzeyde atılan adımların en önemli ilk adımı olan BMİDÇS ve Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmalarına değinilmiştir. İklim değişikliği ile mücadelede karbonun fiyatlandırılması ve fiyatlandırma araçlarına yer verilmiş ülkemizde ve dünyada bu araçların uygulanma durumları ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, iktisadi ekonomik büyüme tanımı ve büyümenin kaynakları ele alınmıştır. Ekonomik büyüme türleri ve iktisat literatüründe yer alan ekonomik büyüme modelleri incelenmiştir.

Son olarak dördüncü bölümde çalışmanın da adında yer aldığı gibi enerji tüketimi ve karbon salınımının büyüme üzerindeki etkisini araştırmak üzere literatür taraması yapılmıştır. Ekonometrik çalışmada kullanılan testlere ait teori kısımlara yer verilmiş ve ekonometrik analiz için ADF ve PP birim kök testleri uygulanmıştır. Johansen Eşbütünleşme testi ile değişkenler arasındaki ilişkinin var olup olmadığı test edilerek eşbütünleşik olduğu sonucunun üzerine Granger Nedensellik testi ile değişkenlerin birbiri ile nedensellik yönleri tespit edilmiştir. Tüm bu sonuçlar üzerinden öneri ve değerlendirilmelerde bulunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ TÜKETİMİ

1.1. Enerji Kavramı

Enerji sözcüğü, énergie olarak ifade edilen Fransızca “iş yapma gücü” ifadesinden türetilmiştir. Fransızca olan bu ifade Eski Yunanca enérgeia ενεργεια "çalışkanlık, etkinlik" ifadesinden alıntı olup έργον “iş, çalışma” ifadesinden en+ önekiyle türetilmiştir.¹ Genel bir ifadeyle enerji, madde veya maddeler sistemine ait iş oluşturabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır.²

Bilim insanları tarafından eskiden beri değişik enerji tanımlamaları içerisinde belli başlı enerji türleri belirlenmiş olsa da, bilim ve teknoloji de gerçekleşen gelişmeler yeni enerji türleri tanımlamaları ortaya çıkmıştır. Güncel enerji türleri olarak; potansiyel, kinetik, ışık, ısı, elektrik, kimyasal, nükleer ve ses enerjisi olmak üzere sekiz enerji türünden bahsedilebilir.

Potansiyel enerji, bir cismin durumu ve konumu sebebiyle elde edilen enerji olarak tanımlanmaktadır. Kinetik enerji ise bir cismin kütlesi ve hızına bağlı meydana gelen enerjidir. Isı enerjisi, cisimlerin sıcaklıkları kaynaklı elde edilen enerjidir. Işık enerjisi ise enerji türünün ışığa dönüşmesi ile ortaya çıkmıştır. Kimyasal enerji, maddelerin kimyasal reaksiyonlar oluşturması ile ortaya çıkar. Atom enerjisinin tepkimesi olan fisyon (parçalanma) ve füzyon (birleşme) sonucu meydana gelen nükleer enerjidir. Maddesel ortamda titreşimin oluşumu ile aktarılması sağlanan ses enerjisidir. Bir diğer enerji türü yaşamımızda en sık etkileşimde olduğumuz elektrik enerjisi; metallerin içerisinde yer alan serbest elektronların, elektriksel potansiyel fark altında meydana gelen hareketi sayesinde ortaya çıkan bir enerji türü olarak tanımlanmaktadır³

Enerji kaynakları geçmişten bugüne ekonomik büyüme ve kalkınmada çok önemli rol sahibi olmuştur. Toplumlar geliştikçe enerjiye olan gereksinim artmış bunun sonucunda enerjinin elde edilme biçimleri ile kullanım alanları gelişme göstermiştir.⁴Günümüzde yokluğu tam olarak fark edilmemekle birlikte, yakın bir zaman içerisinde ülkelerin enerji ihtiyacına olan taleplerinde hızlı bir artış yaşanacaktır. Sürekli, güvenilir, kaliteli, temiz ve

¹ Etimoloji Türkçe,(Çevrimiçi), <https://www.etimolojiturkce.com/kelime/enerji> , 15.10.2019

² C. Nejat Berberoğlu, **Türkiye'nin Ekonomik Gelişmesinde Elektrik Enerjisi Sorunu**, E.İ.T.İ.A. Yayını No 245/165, Eskişehir,1982.s.9.

³ YEGM,(Çevrimiçi) http://www.yegm.gov.tr/genc_cocuk/Enerji_Nedir.aspx,15.10.2019

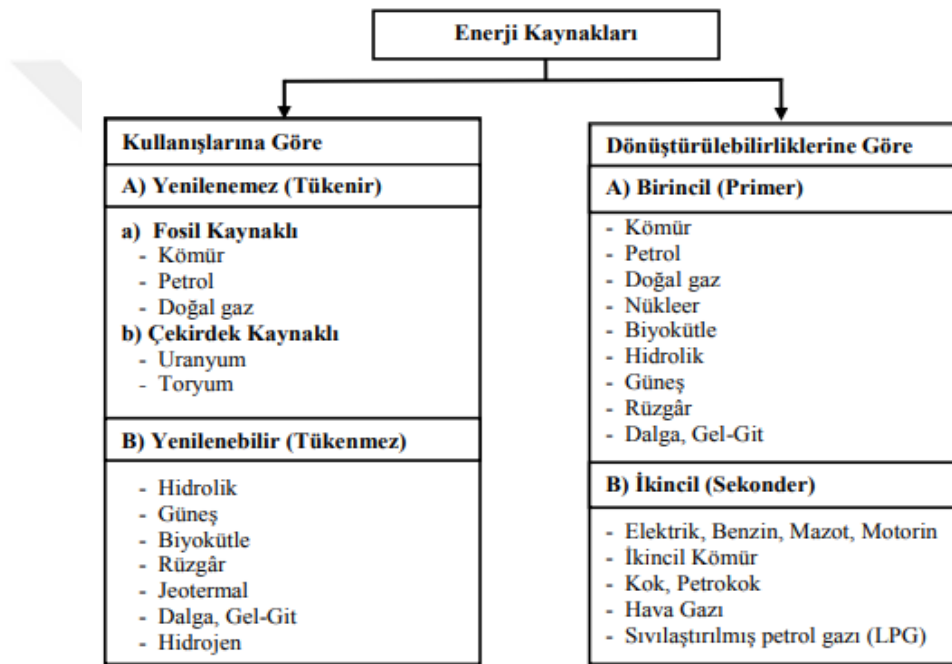
⁴ John O'M Bockirs, T. Nejat Veziroğlu, Debbi L. Smith, **Güneş Enerjisi**, İletişim Yayınları, İstanbul,1993.s.9.

ekonomik enerjinin elde edilmesi sebepleri ile ekonomik ve sosyal kalkınmanın desteklenmesinde önem kazanacaktır.

1.2. Enerji Kaynakları

Ekonomik anlamda farklı yöntemlerin kullanılması sonucu meydana gelen enerji kaynakları, enerji kaynakları olarak adlandırılmakta ve farklı şekillerde sınıflara ayrılmaktadır. Kullanışlarına göre enerji kaynaklarını, yenilenebilir enerji kaynağı ile yenilenemez enerji kaynağı olarak ikiye ayrılmakta olup, dönüştürülebilirliklerine göre ise enerji kaynakları; birincil (primer) ve ikincil (sekonder) enerji kaynakları olarak ikiye ayrıldığı bilinmektedir.⁵

Tablo 1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması



Kaynak: Koç, Şenel, 2013;33

1.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynaklar

Yenilenemeyen enerji kaynakları, yakın bir gelecekte tükenebileceği öngörülen enerji kaynakları; fosil kaynaklılar ile çekirdek kaynaklılar şeklinde iki farklı gruba ayrılmaktadır. Fosil kaynaklı olanlar; kömür, doğalgaz, petrol iken çekirdek kaynaklı olanlar uranyum ve toryum olmak üzere beş çeşit enerji kaynağıdır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının yapısı karbonlu, kükürtlü, azotlu olmasından dolayı CO,CO₂ gibi maddeleri açığa çıkartarak çevre kirliliğine neden olmaktadır.

⁵ Erdem Koç, Mahmut C. Şenel **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme**, Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt:54,Sayı:639,2013, s.32-44

ile direkt yanabilen ve %50-95 civarında bileşik karbon ya da serbest karbon içeren bir organik kayadır. Siyah, koyu gri, kahverengi olabilir. Kömürleşme olayı; organik materyalin turba, linyit, taşkömürü ve antrasit aşamalarını ifade etmektedir.⁶Kömürleşme süresi, 15 ile 400 milyon yıl arasında değişmektedir. Yıllanmış, yer altında uzun yıllar kalmış kömürlerin daha kaliteli olduğu bilinmektedir.⁷

Kömür, fosil yakıtlar içerisinde dünyada en çok ve yaygın olarak bulunan enerji kaynağıdır. Bu nedenden dolayı kömürün, diğer fosil yakıtlara göre daha uzun yıllar enerji talebini karşılayacağı uzmanlar tarafından belirtilmektedir.⁸Dünyada genel olarak daha çok yayılma alanına sahip kömür rezervleri toplamı 1,03 trilyon ton ve en büyük pay ise Asya kıtasına aittir. 80'den fazla ülkede kömür rezervi bulunmakta olup en büyük rezerv 250 milyar ton ile ABD'ye aittir. Rusya ABD'yi 160 milyar ton ile ve 147 milyar tonla Avustralya takip etmektedir.⁹

Grafik 1'de görüldüğü gibi ABD %24, Rusya %15, Avustralya %14, Çin %13, Hindistan %10, Endonezya %4 rezerv paya sahip iken Almanya %3, Ukrayna %3, Polonya %3, Kazakistan %3 ve diğer ülkelerin kanıtlanmış kömür rezerv payı ise %9'dur.

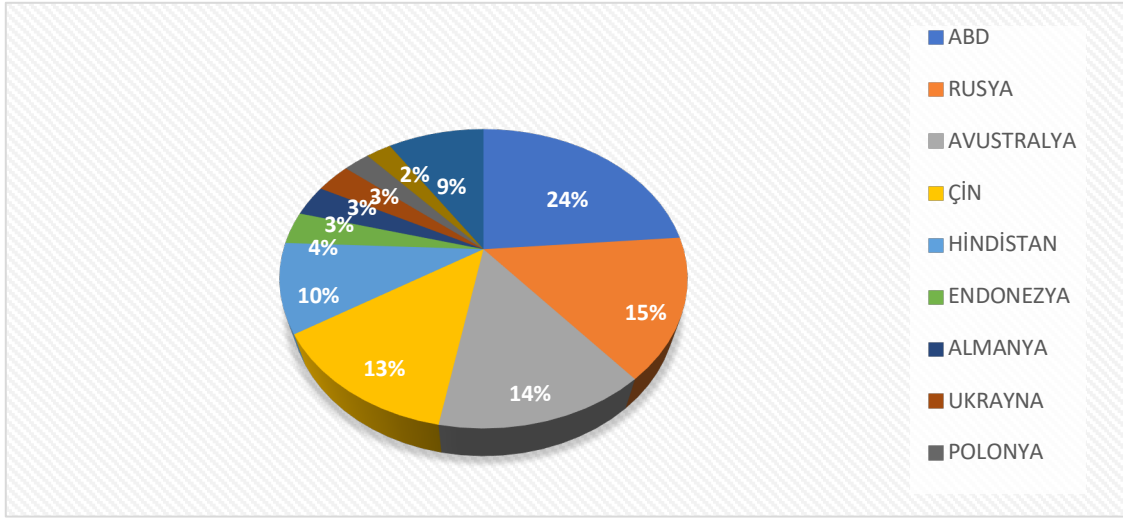
⁶ İlker Şengüler, “Ülkemiz Enerji Bütünlemesinde Marmara ve Trakya Bölgesi Kömürlerinin Yeri”, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi Başkanlığı, Ankara

⁷ Mücella Ersoy, “Genel Enerji Kaynakları Katı Fosil Yakıtlar”, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Yayınları, Ankara, s.6

⁸ Dünya Enerji Konseyi Raporu 2012, (Çevrimiçi), https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2017/11/enerjirapor2012.pdf?bcsi_scan_1203a430644bd07d=0&bcsi_scan_filename=enerjirapor2012.pdf, 15.11.2019

⁹ Statista, **Proven Coal Reserves of Ten Countries** , (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/237096/proven-coal-reserves-of-the-top-ten-countries/>,18.10.2019

Grafik 1: Dünya Kömür Rezervleri Sıralamasında İlk 10 Ülke



Kaynak: BP

Kömür, kalori oranları ve kimyasal özelliklerine göre çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bunların başında sanayi, kimya endüstrisi ve enerji üretimi gelmektedir. Elektrik üretiminde kömürün yoğun bir şekilde kullanıldığı ve küresel elektrik üretimi kaynakları arasındaki yer alan en önemlilerinden biri olduğu bilinmektedir.¹⁰ Küresel elektrik üretiminin kömür tarafından sağlanan oranın yüzde 38'si olduğu bilinmektedir. Daha sonra ilk sırada gelenin ise bu alanda en fazla yüzde 25 ile yenilenebilir enerji kaynaklarının yer aldığı ve yüzde 23 ile de doğal gazın kullanıldığı söylenebilir.

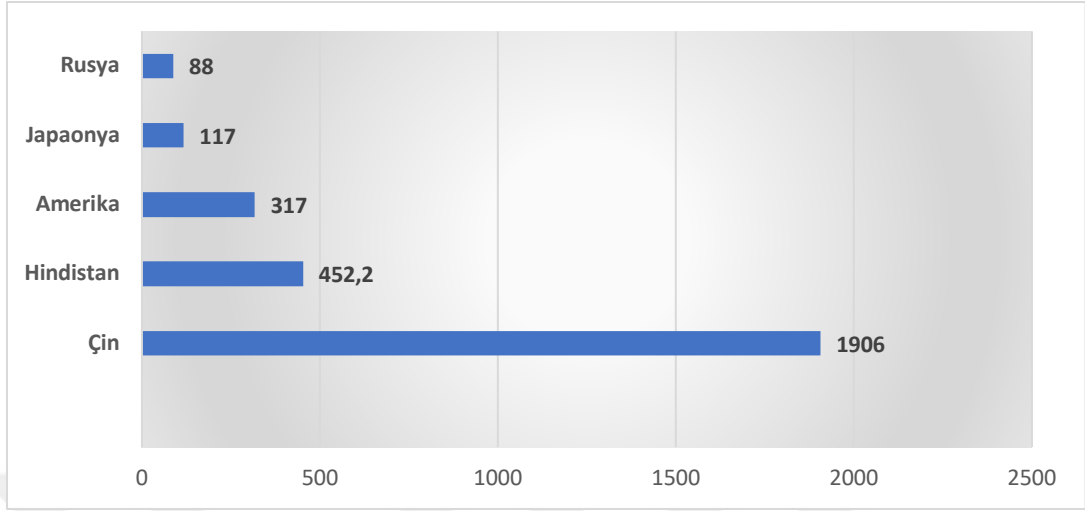
Kömür kullanımı sonucu atmosfere toz, kükürt oksitler, azot, karbondioksit gibi kirletici maddeler salınmaktadır. Bunun sonucunda; asit yağmurları oluşmakta ve atmosferde CO2 artışı yaşanmaktadır.¹¹ Küresel iklim değişikliği sebebiyle ortaya çıkan çevresel sorunlar fosil yakıt tüketiminin sınırlandırılması hususunu gündeme getirmiştir. Kömür kullanımı özellikle Çin ve Hindistan gibi ülkelerde artış gösterdiği gözlemlenirken, bir çok çevresel kaygılardan dolayı Almanya ve İngiltere gibi ülkelerde de azaltılmaktadır. Hatta Almanyada, Almanya Enerji ve Su Endüstrileri Birliği (BDEW)'nin ileri sürdüğü bilgilere göre ilk defa 2018'in ilk yarısında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılarak elektrik üretiminin kömürü geride bıraktığı görülmüştür.¹²

¹⁰ World Coal Association (WCA) , Coal & Electricity, (Çevrimiçi) <https://www.worldcoal.org/coal/uses-coal/coal-electricity>,21.11.2019

¹¹ Thomas F.Edgar,” **Coal Processing and Pollution Control**”, Houston, Tex: Gulf Publishing,1983,

¹² Brian Parkin, “German Wind, Solar Power Beat Coal Generation for First Time”, (Çevrimiçi), <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-07-10/german-wind-and-solar-power-beat-coal-generation-for-first-time> ,21.11.2019

Grafik 2:Dünya Kömür Tüketimi Sıralamasında İlk Beş Ülke 2018 (MTEP)



Kaynak: BP

2018 BP Statistical Review of World Energy raporuna göre kömür tüketiminde ilk sırada 1906 Milyon Ton Eş Değer Petrol (MTEP) ile Çin gelmektedir.Çin'i 452.2 MTEP ile Hindistan, 317 MTEP ile Amerika, 117 MTEP ile Japonya ve 88 MTEP ile Rusya takip etmektedir.Çin üretim ve tüketimde ilk sırada iken rezerv de ise ABD ilk sırada yer almaktadır.

Ülkelerin bazıları çevresel kaygılardan ötürü kömür üretim ve tüketim miktarlarını azaltırken, diğerleri ise enerji çeşitleri arasında kömürün uygun maliyetli olmasından dolayı mevcut potansiyellerini ekonomilerine kazandırmak için kömürü kullanmaya devam etmektedirler.Öte yandan kömürün zararlı etkileri azaltılmasına yönelik çalışmalar başlatılmıştır.¹³Temiz kömür projesi ile kömürün temizlenerek emisyonlarının muhafaza edilmesi açısından bir çok teknoloji kullanarak çevresel etkileri minimum seviyeye indirmek amaçlanmıştır.¹⁴

Türkiye kömür üretiminde 17 MTEP ile dünya genelinde %0.4'lük paya sahiptir.Tüketimi ise yıllara göre dalgalanmalar göstererek genelde artan seyrinde devam etmiştir.2018 yılında kömür tüketimi 42.3 MTEP olarak hesaplanmıştır. Bu tüketimin yaklaşık %78'i çevirim ve elektrik üretimi sektöründe kullanılmaktadır.Türkiye'nin enerjide ithal

¹³ İsmail Kavaz, "Yerli ve Milli Enerji Politikaları Ekseninde Kömür", SETA Analiz,2019,S.265,s.15

¹⁴ İnovatif Kimya Dergisi, Temiz Kömür Nedir? ,(Çevrimiçi) , <https://inovatifkimyadergisi.com/temiz-komur-nedir>,18.11.2019

kaynakları için oluşan talebi azaltmak için yerli kaynak üretimi ve kullanımını arttırma çalışmaları yapılmaktadır.¹⁵

1.2.1.2.Petrol

Petrol sözcüğü, Latin kökenli petro (taş) ve oleum (yağ) kelimelerinden oluşmaktadır.¹⁶ Milyonlarca yıl önce, denizlere sürüklenen bitki kalıntıları ile hayvan kalıntıları havasız bir ortamda uygun koşullar içerisinde, ham petrole benzer kerojeni meydana gelmesini sağlamıştır. Kerojen yukarı tabakalara doğru taşınması ile değişmekte ve ham petrolü meydana getirmektedir.¹⁷ Kimyasal bileşimlerine göre, normal basınç ve sıcaklıklarda katı, sıvı veya gaz halinde petrol bileşikleri bulunmaktadır. Petrol bileşeninin içerisinde %80-%85 oranında kimyasal bileşen olan karbon elementi bulunmaktadır. Bu nedenle petrol tüketildiğinde havaya yoğun bir karbondioksit gazı salınmış olur.¹⁸

Dünyada üretilen petrolün sınıflandırılmasında özgül ağırlık (spesifik gravite), akışkanlık (viskozite) ve içeriğindeki kükürt miktarı dikkate alınmaktadır. Amerikan Petrol Enstitüsü (API) tarafından öne sürülen, özgül ağırlığa bağlı API Gravitesi tanımı, dünya çapında petrolün sınıflara ayrıştırılması için genel kabul görmüştür. Gravite, uluslararası bir birim olup, 10 ila 48 arasında değişim gösterdiği gözlemlenmektedir. Gravite büyüdükçe petrolün kalitesi de yükselmektedir. Yoğunluk ile gravite arasında ters orantı vardır.

Ham petrol; sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), benzin, motorin, asfalt, madeni yağlara dönüştürülerek tüketiciye sunulmaktadır. 1 varil (159,5 lt=42 galon) petrolden elde edilen ürünlerin yüzdesi; ortalama olarak %43 benzin, %11 LPG,%18 fuel oil9 jel yakıt,%5 asfalt ve %14 diğer ürünlerdir.¹⁹

Teknolojik gelişmelerle birlikte petrol üretimi ve tüketimi dünyada önemli hale gelmiştir ve günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Ulaştırma, enerji, konut, tarım, sanayi bu alanların başında gelir. Ulaştırmada yakıt ve farklı özellikteki alanlarda, imalat sektöründe plastik, boru vb. ürünlerin üretiminde, tarımda seraların ısıtma ve soğutma aşamalarında kullanılmaktadır.

¹⁵ Kavaz, a.g.e. , s.24-27

¹⁶ Petform, Petrol Nedir?, (Çevrimiçi) <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/petrol-nedir/>,30.10.2019

¹⁷ Angelfire, Enerji Tanımı ve Kaynaklar, (Çevrimiçi) <http://www.angelfire.com/dragon/asif/temel.htm> , 30.10.2019

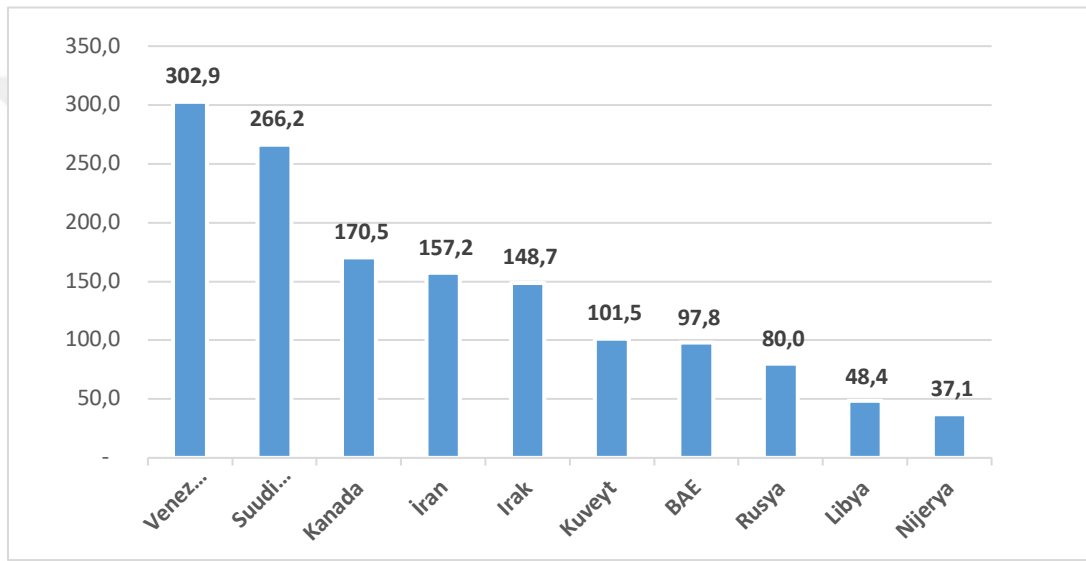
¹⁸ Koray Başol, “Doğal Kaynaklar Ekonomisi, Doğal Kaynaklar, Enerji ve Çevre Sorunları”, Akliselim Ofset Tesisleri, İzmir, s.116

¹⁹ Petrole Dair Merak Edilenler,(Çevrimiçi) <http://www.tpao.gov.tr/tpfiles/userfiles/files/petrolmerak.pdf>, 03.12.2019

BP verilerine göre 2018 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi 1,729.7 milyar varildir. Orta Doğu'nun 1998'den 2018 yılına kadar petrol rezervinde %12'lik azalma meydana gelmiş olmasına rağmen Dünya'daki en çok petrol rezervine sahip olan bölge olarak yerini korumaktadır. Bölgelerin petrol oranları ise %48.3 Orta Doğu,%18.8 Güney ve Merkez Amerika,%13.7 Kuzey Amerika,%8.4 BDT,%7.2 Afrika,%2.8 Asya ve % 0.8 Avrupa'dır.²⁰

2018 yılı itibari ile dünyada kanıtlanmış toplam rezerve sahip ilk on ülke; Venezuela 302, Suudi Arabistan 266, Kanada 170, İran 157, Irak 148, Kuveyt 101, BAE 97, Rusya 80, Libya 48, Nijerya 37 milyar varil petrol varille ilk sıralarda yer almaktadır.

Grafik 3: Dünya Petrol Rezervleri Sıralamasında İlk 10 Ülke (Milyon varil)



Kaynak:BP

Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) Venezuela, Suudi Arabistan, Irak, İran ve Kuveyt'in kurucu olduğu kuruluştur. Örgüt üye ülkelerin petrol politikalarını birleştirmek ve organize etmek, piyasanın etkin ve düzenli arzını sağlamak amacıyla 1960 yılında Irak'ın başkenti Bağdat'ta kurulmuştur. OPEC üyesi ülkeler 1,189.80 milyon varille dünya petrol rezervinin %79.4'üne sahiptir.²¹

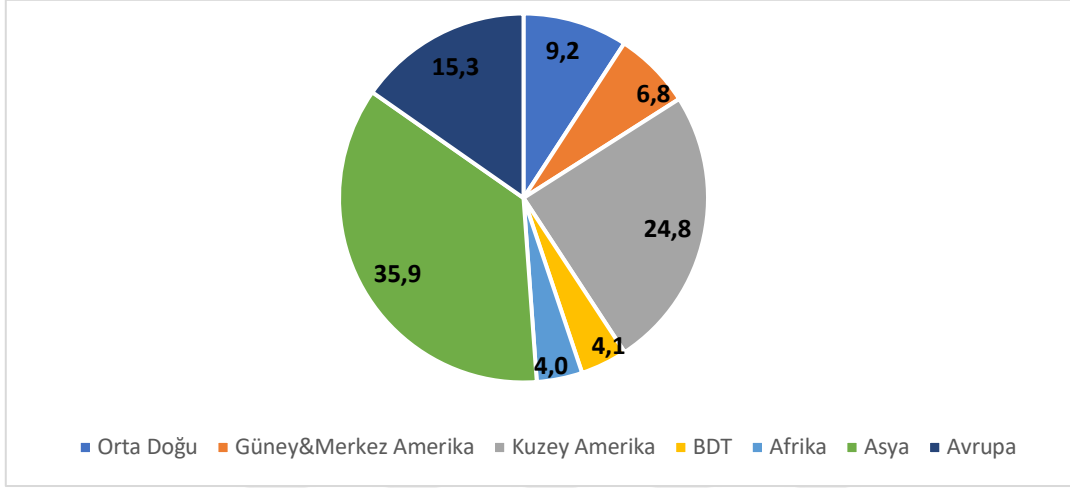
2018 yılı itibariyle ispatlanmış petrol tüketimi günde ortalama 99,843 bin varildir. Bu tüketimin kıtalar içerisindeki payı ise Asya ve Okyanusya bölgesinde 35,863 varil, Kuzey Amerika bölgesinde 24,714 varil, Avrupa bölgesinde, 15,276 varil, Orta Doğu 9,136 varil, Güney ve Merkez Amerika 6,795 varil, Bağımsız Devletler Topluluğu 4,099 varil, Afrika 3,959

²⁰ BP Statistical Review of World Energy, (Çevrimiçi) <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-oil.pdf> ,03.12.2019

²¹ OPEC, Share of World Crude Oil Reserves, (Çevrimiçi), https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm , 04.12.2019

varil düzeyinde tüketim gerçekleşmiştir. Bu tüketimin dünya içerisindeki yüzdesel oranı ise Grafik 4’da belirtildiği gibi sırasıyla %35 ile Asya bölgesi birinci, %24.8 ile Kuzey Amerika ikinci, % 15.3 ile Avrupa üçüncü, %9.2 ile Orta Doğu dördüncü, %6.8 ile Güney & Merkez Amerika beşinci,%4.1 ile Bağımsız Devletler Topluluğu altıncı ve %4 ile Afrika yedinci sırada yer almaktadır.

Grafik 4: Dünya Petrol Tüketiminin Kıtalar İçerisindeki Oranı



Kaynak: BP

Dünya’daki petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %70’i Türkiye çevresinde bulunmaktadır. Türkiye’nin bulunduğu jeopolitik konumu itibariyle, enerji rezervi bakımından zengin ülkeler ile Avrupa’da ithalat bağımlılığı yüksek olan ülkeler arasında doğal bir “Enerji Merkezi” olmaktadır. Ayrıca birçok önemli projeye destek vererek projelerde yer almaktadır. Bu doğrultuda mevcut ve planlanan projeler aşağıda yer almaktadır.²²

- Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı (BTC)
- Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP)
- Türk Akımı Doğal Gaz Boru Hattı
- Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Enterkonnektörü (ITG)
- Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı
- Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı (BTE)
- Samsun-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı
- Irak-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı

²² TPAO, 2018 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu , (Çevrimiçi) <https://www.tpa.gov.tr/raporlar-1> ,17.12.2019

Türkiye üretilebilir petrol rezervi 2018 yılında 342 milyon varil' dir. Rezervlerin büyük bir kısmı güneydoğudadır. Türkiye petrol üretiminin yaklaşık %75'lik kısmı Türkiye Petrolleri A.O. (TPAO) tarafından gerçekleştirilmektedir. 2018 yılı içerisinde Türkiye'de 51 adet arama ve tespit kuyusu, 56 adet üretim kuyusu olmak üzere toplam 107 adet kuyu açılmıştır. Bu kuyulardan 67'si Türkiye Petrolleri A.O. tarafından, 2'si TPAO ortaklı şirketler ve 38'i ise diğer şirketler tarafından açılmıştır.

On Birinci Kalkınma Planına (2019-2023) göre petrol ve doğal gaz ile sanayi sektöründe meydana gelen hammadde ihtiyacını karşılamak için yurtiçi ve yurtdışında oluşacak arama faaliyetlerinin hızlandırılacağı belirtilmiştir. Arama çalışmaları maliyetli ve riski yüksek yatırımlar olduğundan yatırımın artırılması ve yatırım riskinin azaltılması, gelişmiş ve son teknolojinin ülkemize aktarılması için yabancı petrol şirketleri ile ortaklık çalışmalarına ağırlık verilmiştir.

Türkiye'nin rafinelerde işlenen ham petrol miktarı 2000'li yıllardan itibaren üçte bir oranında artmıştır; buna rağmen artan talep karşılanamamıştır. Bu talebin ortalama %90'lık kısmı ithal edilirken, ithalatın %62'lik kısmını Rusya, İran, Irak'tan yapmıştır.

1.2.1.3.Doğal Gaz

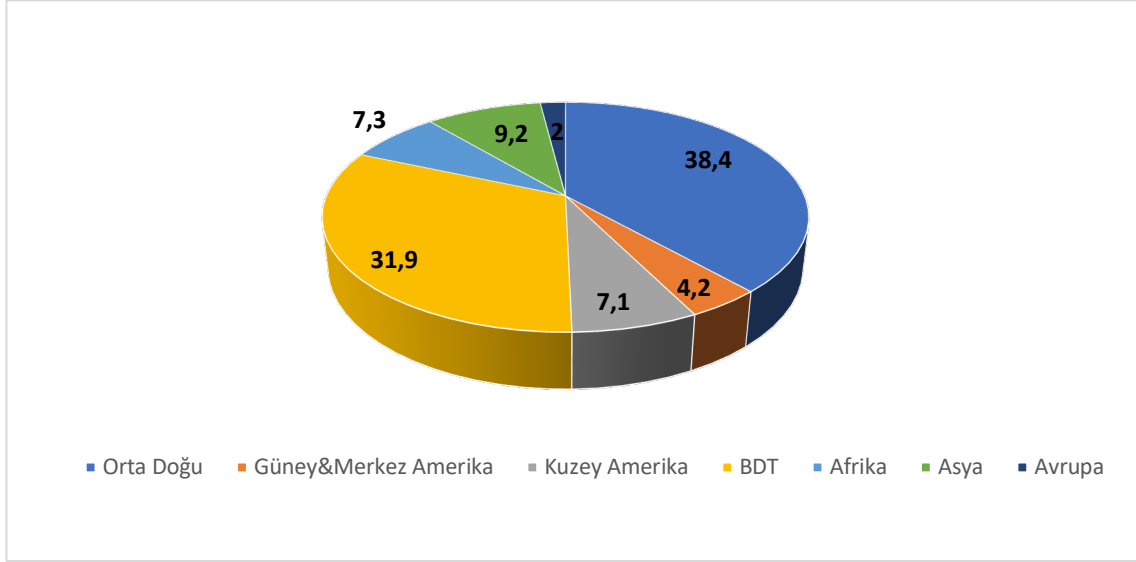
Doğal gaz, uzun yıllar boyunca kayaların arasına biriken bitki ve hayvan fosillerinin yüksek basınç altında kalmasıyla oluşan gazdır. Metan gazı (CH₄), propan (C₃H₈), bütan (C₄H₁₀) ve etan (C₂H₆) gibi çeşitli hidrokarbonlardan oluşur. Bu karışımın %70-90 oranını metan oluşturur. Doğal gaz renksiz, havadan daha hafif ve kokusuz bir gaz olarak bilinmektedir. Sızıntısı fark edilemeyeceğinden özel olarak kokulandırılmıştır. Doğal gazın kimyasal yapısının basit olması nedeniyle yanma işlemi kolay gerçekleşir. Böylece; havayı kirletici karbon tanecikleri meydana gelmez. Yanma verimliliğinin yüksek olması ve yanması kolay ayarlanabildiğinden dolayı kullanım kolaylığı da sağlamaktadır.

Diğer fosil yakıtlar arasında doğal gazın daha temiz olması; çevre, doğa ve insan geleceği için önemini artırmıştır. Bu nedenle dünya genelinde tüketimi gittikçe artan bir enerji kaynağı haline gelmiştir. BP verilerine göre 2018 yılı doğal gaz tüketimi,1984 yılından bugüne kadar en hızlı büyüme oranlarını gerçekleştirerek 195 milyar metreküp ile %5,3 artış göstermiştir. Günümüzde enerji tüketiminin %24'ü doğal gazdan karşılanmaktadır.

2018 yılsonu itibariyle dünya ispatlanmış doğal gaz rezervi 196.9 trilyon metreküp'tür. Grafik 5' de rezervlerin bölgesel dağılımına bakıldığında en çok 75.5 trilyon metreküp ile Orta Doğu %38.4'üne, 62.8 trilyon metreküp ile Bağımsız Devletler Topluluğu %31.9, 18.1 trilyon

metreküp ile Asya %9.2, 14.4 trilyon metreküp ile Afrika %7.3, 13.9 trilyon metreküp ile Kuzey Amerika %7.1, 8.2 trilyon metreküp ile Güney & Merkez Amerika %4.2, 3.9 trilyon metreküp ile Avrupa %2 oranına sahiptir.

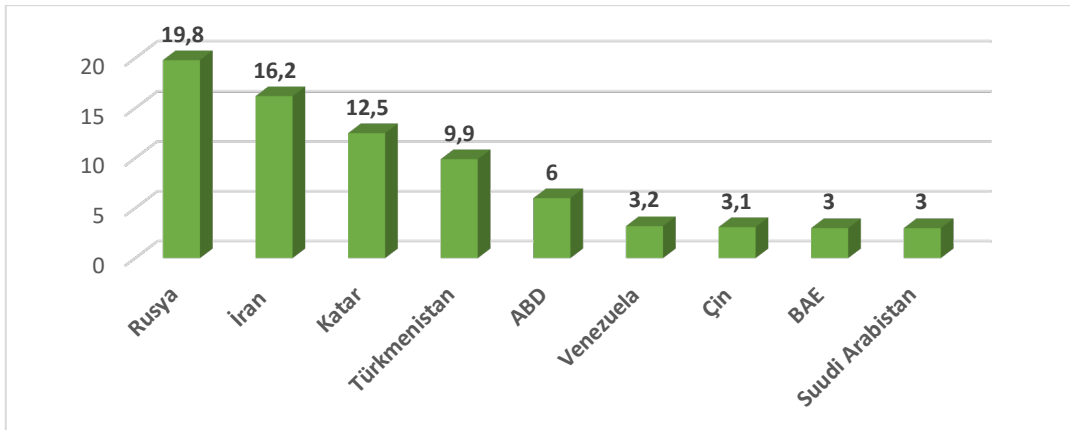
Grafik 5: Dünya Doğal Gaz Rezervinin Kıtalar İçerisindeki Yüzdesel Oranı (2018)



Kaynak: BP

Rusya 38.9 trilyon m³, İran 31.9 trilyon m³, Katar 24.7 trilyon m³, Türkmenistan 19.5 trilyon m³ ile ilk dört ülke olarak rezervin %58'ini oluşturmaktadır. Amerika 11.9 trilyon m³, ile %6, Venezuela 6.3 trilyon metreküp ile %3.2, Çin 6.1 trilyon m³ ile % 3.1, Birleşik Arap Emirlikleri 5.9 trilyon m³ ile %3, Suudi Arabistan 5.9 trilyon m³ ile %3 oranı ile sıralamada yer almaktadır.

Grafik 6: Dünya Doğal Gaz Rezerv Sıralamasında İlk 10 Ülke Payları (%)

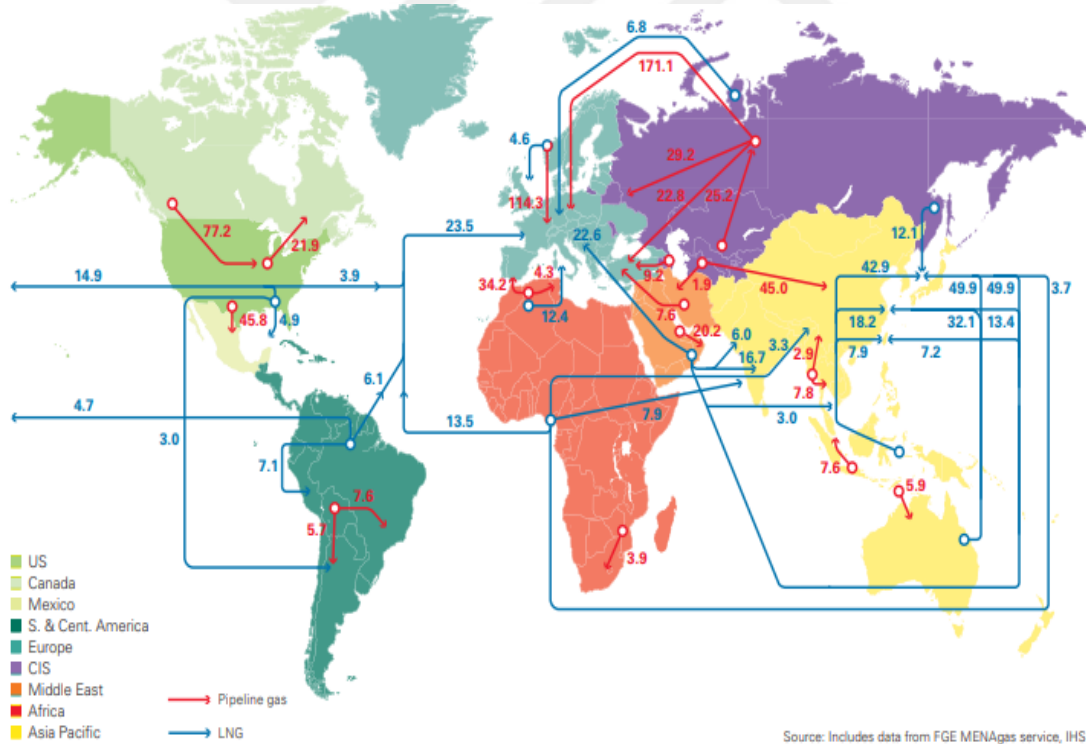


Kaynak: BP

Ülkeler artan talep ihtiyaçlarını karşılamak için, doğal gaz üretimi gerçekleştiren ülkeler ile ticaret yapmaktadırlar. Küresel ticaretin artmasını tetikleyen sebepler ise Çin'in kömürden doğal gaza geçiş politikası, Avrupa'daki gaz tüketiminin artması, Rusya'nın üretimini artırması ve yeni LNG Projeleri'dir. LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) ve gaz formunda boru hatları ile ticaret gerçekleştirilmektedir. LNG ticaretinin gelişmesi ile doğal gazın arz ve talep güvenliği önemli hale gelmiş olup güvenliğe yatırım yapan ülkeler de önemli bir konuma ulaşmıştır. Bu kapsamda büyüme ivme kazanmıştır.

BP'nin 2019 yılı Statistical Review of World Energy verilerine bakıldığında 2018 yılı doğal gaz piyasasında toplam ithalat ve ihracat 1236.4 milyar metreküp' tür. Bunun 431 milyar metreküp' lük kısmı LNG olarak, geriye kalan 805.4 milyar metreküp' lük kısmı ise boru hattı ile gerçekleştirilmiştir. Doğal gaz üretimindeki önemli yere sahip olan Rusya, Katar, Avustralya, Nijerya, Malezya gibi ülkeler dünya ticaretinin %85'lik bölümünü gerçekleştirmektedir.

Şekil 1:Dünya Çapında 2018 Yılı Doğal Gaz Ticaret Hareketler



Kaynak: BP

Küresel doğal gaz ticaretine ilişkin başlıca rotalara göre, Güney ve Orta Amerika, Orta Doğu, Afrika ve Eski Sovyet ülkelerinin doğal gaz ihracatçısı, buna karşılık Avrupa ve Asya Pasifik ülkelerinin ise doğal gaz ithalatçısı oldukları görülmektedir. Avrupa ve ABD'de doğal

gaz talebinin daha çok boru hattı kanalı ile karşılandığını söylemek mümkündür. Japonya ve Çin gibi Asya Pasifik ülkelerinin ise LNG ithalatında en yüksek paya sahip ülkeler olduğu söylenebilmektedir.

Ülkemizde 2018 yılı itibari ile doğal gaz tüketimi 48.9 milyar metreküp olduğu görülmüştür. Türkiye'nin doğal gaz arz-talep dengesi incelendiğinde gaz talebinin yıllık olarak karşılanmasında herhangi bir sorun ile karşılaşılmemektedir. Fakat, kış aylarında talebin yoğunlaşması ile talebin en üst düzeyde olduğu aylarda, kaynak ülkelerde meydana gelen aksamların oluşturabileceği dönemsel arz-talep dengesizliklerini minimize etmek amacıyla çalışmalara devam edilmektedir. Türkiye'nin doğal gaz ithalatının ülke bazında yoğunlaşması söz konusu olduğundan ithalat yaptığı ülkeleri çeşitlendirmesi, depolama kapasitesini ve LNG terminal sayısını artırması arz güvenliği için önemlidir. Bu doğrultuda, kapasitesi 2,84 milyar standart metreküp olan Kuzey Marmara, Silivri ve Değirmenköy Doğal Gaz Depolama Tesisinin toplam depolama kapasitesinin 4,6 milyar standart metreküp'e çıkarılması çalışmaları devam etmektedir. Mevcut durumunda Türkiye Rusya, Azerbaycan ve İran' dan boru hattı yoluyla, Nijerya ve Cezayir'den tankerle LNG ithalatı yapmaktadır. Diğer taraftan Tuz Gölü Doğal Gaz Yer Altı Depolama Projesinde ilk faz tamamlanmış ve doğal gaz depolamaya başlanılmıştır. Deponun çalışma gazı kapasitesi 2023 yılı itibari ile 5,4 milyar standart metreküp ve geri üretim kapasite miktarı ise 80 milyon standart metreküp/gün' e çıkarılacaktır.²³

Türkiye doğal gaz kaynaklarının yoğunlaştığı Asya ile talebin yüksek olduğu Avrupa arasında yer almasından dolayı boru hattı ile doğal gaz taşınması konusunda oldukça yüksek stratejik öneme sahiptir. Bu stratejik önem sayesinde birçok projenin içerisinde yer almaktadır. Örneğin; Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı'nın (TANAP), Azerbaycan doğal gazını ilk önce Türkiye'ye, ardından Avrupa'ya taşıyacak olup 12 Haziran 2018 açılmıştır.²⁴ Bir diğer proje ise Türk Akımı projesi Rusya'nın gazını yeni bir boru hattı yardımıyla Türkiye toprakları üzerinden Avrupa'ya taşımak amacıyla inşa edilmiştir. Proje iki hattan oluşmakta ve ilk hattan gelen gaz Türkiye'ye ikinci hattan gelen gaz ise Balkanlar ve Avrupa'ya pompalanmaktadır. Türk Akım doğal gaz boru hattı 8 Ocak 2020 tarihinde açılmıştır.²⁵

²³ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Doğal Gaz , (Çevrimiçi),<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz> ,07.01.2020

²⁴ TANAP, Tanap Projesi Nedir? , (Çevrimiçi) <https://www.tanap.com/tanap-projesi/tanap-nedir/> ,07.01.2020

²⁵ Anadolu Ajansı, Türk Akım Doğal Gaz Boru Hattı, (Çevrimiçi),<https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkakim-dogal-gaz-boru-hatti-acildi/1696633> ,08.01.2020

1.2.1.4.Nükleer Enerji

Atom çekirdeğinin tepkimesi sonucu parçalanma (filyon) veya birleşme (füzyon) yöntemleri ile açığa çıkan enerji türüdür.²⁶ Parçalanma yöntemi, bugün halen nükleer elektrik santrallerinde kullanılsa da ilk olarak atom bombası yapımında kullanıldığı bilinmektedir. Füzyon (birleşme, birleştirme) tekniği ise iki veya daha çok atom çekirdeğinin (hidrojen gibi) birleştirilmesini sağlamak için daha ağır ve yeni olan atom çekirdeğini oluşturmaktır.²⁷

Filyon tepkimesinin denetlenebilirliği çok daha kolay olduğu için nükleer enerji reaktörlerinde kullanılır. Füzyon tepkimesi ise tam tersi olarak, denetlenebilirliğinin kolay olmaması ve gerekli koşulların oluşturması için yüksek maliyetin olması nedeni ile güncel süreçte kullanılamamaktadır. Füzyon tepkimesiyle enerji üretmek için ilk çalışmalar Sovyetler Birliği'nde başlamıştır. İlerleyen zaman içerisinde ABD başta olmak üzere bazı ülkelerde de teorik/deneysel çalışmaların yapıldığı bilinmektedir.2006 yılında Çin, Avrupa Birliği, Hindistan, Japonya, Kore, Rusya ve ABD güçlerini birleştirerek International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) adlı bir projeye imza atmışlardır. Proje inşaatı, işletme ve hizmetten oluşan maliyetleri bu ülkeler paylaşacaktır. Projede, 10 birim kullanılabilir enerjinin elde edilebilmesi karşılığında bir birim enerji harcanacağı bilinmektedir.

Dünya ilk kez nükleer enerji kavramını 2.Dünya Savaşı sırasında Japonya'nın Hiroşima ve Nagazaki kentlerine atılan atom bombalarıyla duymuştur. İnsan yaşamına giren bu enerjiden faydalanmak için Rusya ve ABD'nin öncülük ettiği çalışmalarda başlamıştır. Çalışmalar sonucunda atomların parçalanmasıyla meydana gelen ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştüğü mekanizmalar geliştirilmiştir. Bir başka ifadeyle nükleer santraller; nükleer enerjinin güvenilir, kontrollü ve sürdürülebilir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Elektrik üreten ilk ticari santral 1957'de ABD'de kurulan Shippingport' tur. 1970'li yılların başlarındaki petrol krizi ile birlikte nükleer santraller yaygınlaşmıştır. Petrol ve diğer hidrokarbon kaynakları kıt olan ülkeler dışa bağımlılıklarını minimum seviyeye indirmek için nükleer enerjiye yönelmişlerdir.

Nükleer teknolojinin enerji üretimi dışında birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlar; tıp, tarım, askeri araçlar, sanayi, bilim ve uzay araştırmaları, gıda güvenliği gibidir. Nükleer tıp yardımıyla birçok hastalığın teşhis edilmesi ve tedavi edilmesi mümkün olabilmektedir. En yoğun olarak kullanıldığı alan röntgendir. Tarım da ise zararlı böceklerin

²⁶ Baki Erden, **Çağımız ve Çevre Kirliliği**, Kadioğlu Yayıncılık, Ankara,1990, s.109

²⁷ Hayati Doğanay, Ogün Coşkun, **Enerji Kaynakları**, Pegem Akademi, Erzurum,2017

tarım ürünlerini imha etmesi sebebiyle bu alanda zararlı böceklerle mücadele etmek mümkün hale gelmiştir. Askeri alanda ise denizaltı ve gemilerin enerjilerini sağlamak, yiyeceklerin bozulmadan uzun süre korunabilmesi için kullanılmaktadır. Uzay çalışmalarında insansız uzay gemilerine yakıt sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bilimsel araştırmada ise kanser, AIDS gibi hastalıkların araştırılması, eski devirlerde yaşayan hayvan, bitkilerin ne zamana ait olduklarının tespit edilmesinde kullanılmaktadır.²⁸

2018 Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın yayınlamış olduğu bilgilere göre dünyada 31 ülkede 451 nükleer reaktör aktif haldedir. İnşası devam eden reaktör sayısı 55'dir. ABD dünya aktif nükleer reaktör santralleri sıralamasında 99 santralle lider konumdadır. Fransa 58, Çin 46, Japonya 39 ve Rusya 36 nükleer santralle sıralamayı takip etmektedir. Fransa, elektrik ihtiyacının % 72'sini nükleer santrallerinden karşılamaktadır. Çin ve Japonya nükleer santral sayısı yüksek olmasına rağmen enerji gereksiniminin sadece sırasıyla % 4 ve % 6'lık kısmını nükleer enerjiden elde etmişlerdir.²⁹

Nükleer enerji dünyada yaşanan bazı olumsuz hadiselerden dolayı hep tartışma konusu olmuştur. Bunlar arasında Çernobil Nükleer Santral kazasının yaşandığı 26 Nisan 1986'da sivil amaçlı nükleer enerjinin kullanım tarihinin çevreye en çok miktarda radyoaktif madde salındığı nükleer kaza olduğu bilinmektedir. Meydana gelen Çernobil olayından sonra havaya yayılan radyoaktif madde 10 gün boyunca yayılımını sürdürmüştür. Çernobil'den sonra meydana gelen en büyük bir diğer olay ise 11 Mart 2011 tarihinde Sendai şehrinden 130 km uzaklıkta oluşan 9.0 büyüklüğündeki deprem ve onu takip eden tsunami sonucu Fukushima Nükleer Santrali kazasıdır. Japonya'da, yaşanan nükleer felaket öncesinde mevcut olan 54 nükleer reaktörün, ülkenin elektrik ihtiyacının yüzde 29'unu karşıladığı bilinmektedir. Felaket sonrası Japonya'da nükleer santrallerin enerji üretimindeki payı azalmıştır. Bazı ülkeler mevcut ve ileriye yönelik nükleer çalışmalarını yaşanan kaza ve felaketten sonra gözden geçirme yoluna gitmiştir.³⁰

Nükleer enerjinin avantajları sıralanacak olursa;

²⁸ Nükleer Enerji Dünyası, Nükleer Enerjinin Kullanım Alanları ,(Çevrimiçi), http://www.nukleer.web.tr/temel_konular/faydalar.html,07.02.2020

²⁹ Internatioanl Atomic Energy Agency, Nuclear Power Reactors, (Çevrimiçi), <https://www.iaea.org/publications/13552/nuclear-power-reactors-in-the-world> , 21.01.2020

³⁰ AFAD, Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler,(Çevrimiçi) <https://www.afad.gov.tr/kbrn/kbrn-olaylarinin-tarihcesi>,26.03.2020

- Nükleer enerjinin alternatif diğer enerji kaynaklarına göre çevreye karbondioksit salınımı daha düşüktür. Termik santrallerden kaynaklı salınım miktarının %1-2'si kadarı nükleer enerji üretim kaynaklı salınım miktarına eşittir.³¹
- İşletime geçtikten sonra uzun dönem olarak sayılmayacak bir sürede kendini amorti edebilmekte olup, çok daha düşük elektrik üretim maliyetine ve işletim giderlerine sahiptir. Dolayısı ile tüketici için düşük maliyette, öngörülebilir ve istikrarlı elektrik fiyatları sağlar.³²
- Uranyumun fiyatı diğer kaynaklara göre daha ucuz olup, dünya coğrafyasında yaygın olarak bulunmaktadır. Potansiyel rezervi yüksek olması sebebiyle nükleer enerjinin 150 yıl kadar daha nükleer santralleri besleyebileceği öngörülmektedir.³³
- Diğer birincil kaynaklara göre hammaddesinden yüksek miktarda enerji üretimi sağlanmaktadır. Örneğin; 1 kg kömürden 3 kWh, 1 kg petrolden 4 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Buna karşın 1kg uranyumdan 50.000 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir.³⁴
- Nükleer enerjide yakıtın on yıl kadar depolanabilme özelliği olduğundan dışa bağımlılığı azaltmaktadır.³⁵
- Nükleer enerji santralleri kurarak orada çalışabilecek deneyimli mühendis ve bilim adamlarına sahip olmak bir ülke için büyük prestij kaynağıdır. Aynı zamanda az gelişmiş bir bölgenin kalkınması için de büyük rol oynamaktadır.³⁶
- Nükleer, elektrik üretimi dışında tıp ve sanayi alanlarında da kullanılmaktadır.³⁷

Nükleer enerjinin dezavantajları sıralanacak olursa;

- Uranyum hacim olarak hafif olmasına rağmen çıkarılma aşamasında çok fazla atık meydana getirmektedir.³⁸

³¹ Ahmet Yüksel, Ahmet Bayülgen, Şarman Gençay, "50 Soruda Türkiye'nin Nükleer Enerji Sorunu", İstanbul, Kaknüs Yayınları, 2000, s.12

³² Zafer Ateş, Küresel Enerji Sisteminde Köklü Dönüşüm İhtiyacı, **Uluslararası Ekonomik Sorunlar**, Ankara, S.42, 2011

³³ A.e., s.64

³⁴ ATO, Nükleer Enerji Raporu, Ankara Ticaret Odası Yayınları, Ankara, 2005

³⁵ Nermin Demet Kırteke, **Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Enerji Politikaları Bağlamında Nükleer Enerjinin Ekonomik Etkileri**, Yüksek Lisans Tez, Malatya, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, 2014

³⁶ Basil Brown, "The Economics of Nuclear Power", **Maden Tetkik ve Arama Dergisi**, İstanbul, C.62, 1964,

³⁷ Saniye Şehnaz Altunakar, **Enerji Ekonomisinin Yapısal Sorunları ve Nükleer Enerji Örneği**, Doktora Tezi, Denizli, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Anabilim Dalı, 2014

³⁸ Kadir Temurçin, Alpaslan Aliağaoğlu, "Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye'de Nükleer Enerji Gerçeği", **Coğrafi Bilimler Dergisi**, Ankara, 2003, s.28

- Nükleer enerji için kurulan santrallerin inşa, bakım, çalışma bakımından ön maliyeti yüksek olmaktadır.³⁹
- Nükleer santrallerin kurulması sırasında yer seçiminde soğutma suyuna yakınlık ve pazara yakınlık en önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Hammaddeye yakınlık santrallerin kurulumunda önem arz etmemektedir. Santraller genel olarak deniz kıyıları, göl ve soğutma suyuna yakın olan yerlere kurulmalıdır.⁴⁰
- Uranyumun kolayca alınıp satılma ile el değiştirebilmesi, nakliyesinin yapılmasının sıkı kurallara, uluslararası bazı anlaşmalar ile uluslararası denetime tabi olması, nükleer santral kuran veya nükleer santral kurmak isteyen ülkeler açısından kendi uranyum kaynaklarını keşfederek değerlendirmeyi amaç edinmişlerdir. Fakat her ülkede doğal bir yeraltı rezervi olarak bulunmayan uranyum dışa bağımlılığı gerektirmektedir.⁴¹
- Nükleer santrallerinde radyoaktif izotopların, reaktör kalbini soğutan suya karışması diğer bir dezavantajdır. Soğutma suyu, reaktörün içerisinde turladıkça radyasyon biriktirmesinden dolayı dışarıda taşmaması önemlidir.⁴²
- Santraller üretimden önce, üretim aşamasında ve atıklar nedeni ile radyoaktivite tehlike arz etmektedir. Üretimden sonra oluşan atıktaki zehrin etkisi 600 yıl sonra kaybolmaktadır.⁴³

Tablo 2:Dünyada İşletilen ve İnşaat Aşamasındaki Reaktörler Sayısı

Ülke	İşletilen Reaktörler		İnşaat Aşamasındaki Reaktörler	
	İşletmedeki Reaktör Sayısı	Toplam Net Elektrik Kapasitesi (MW)	Santral Sayısı	Toplam Net Elektrik Kapasitesi (MW)
ABD	98	99061	2	
Almanya	7	9515	1	
Arjentin	3	1633	1	25
Bangladeş			2	2160

³⁹ John O'M.Bockirs, T.Nejat Veziroğlu, Debbi L.Smith, **Geleceğin Enerjisi Güneş ve Hidrojen**, Çev. Ömer Faruk Noyan,2002,s.42

⁴⁰ Erol Tümertekin, Nazmiye Özgüç, **Ekonomik Coğrafya: Küreselleşme ve Kalkınma**, İstanbul, Çantay Kitabevi,1999,s.420

⁴¹ Ioannis N.Kessides," Nuclear Power: Understanding the Economic Risks and Uncertainties",**Energy Policy**, C.38,s.3851,2010,

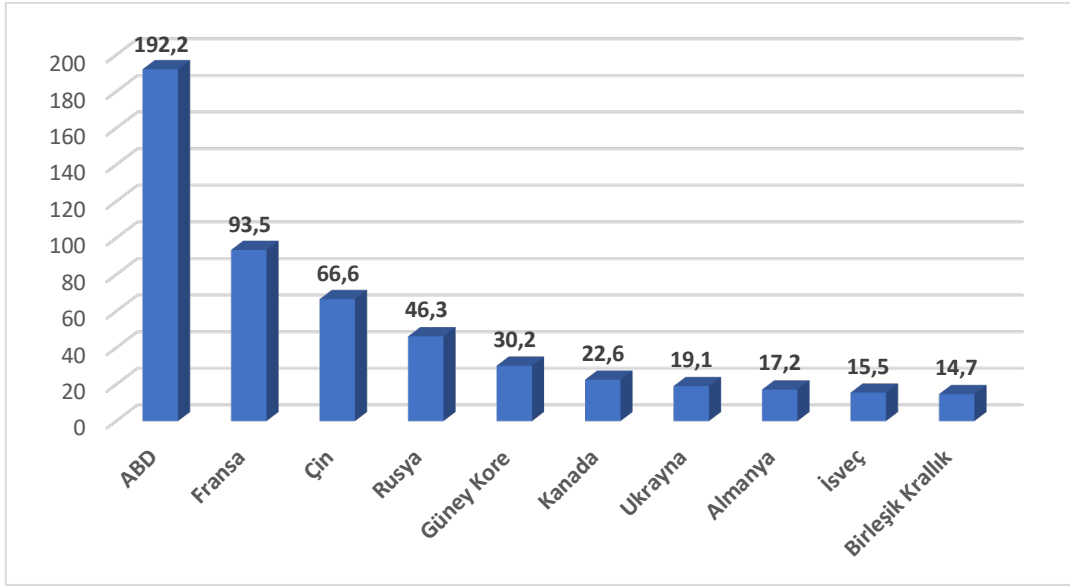
⁴² Vural Altın, "Nükleer Dosya", **Bilim ve Teknik Dergisi**, S.460,İstanbul,2006,s.49

⁴³ Bernand L.Cohen, "**Çok Geç Olmadan**", Çev. Miyase Göktepe, TÜBİTAK,1996,s.136

Belarus			2	2220
Belçika	7	5918		
Birleşik Arap Emirlikleri			4	
Birleşik Krallık	15	8923	1	
Brezilya	2	1884	1	1340
Bulgaristan	2	1966		
Çek Cumhuriyeti	6	3932		
Çin	46	42858	11	10982
Ermenistan	1	375		
Finlandiya	4	2784		1600
Fransa	58	63130	1	1630
Güney Afrika	2	1860		
Hindistan	22	6255	7	4824
Hollanda	1	482		
İran	1	915		
İspanya	7	7121		
İsveç	8	8613		
İsviçre	5	3333		
Japonya	39	36974	2	2653
Kanada	19	13554		
Kore	24	22444	5	6700
Macaristan	4	1902		
Meksika	2	1552		
Pakistan	5	1318	2	2028
Romanya	2	1300		
Rusya	36	27252	6	4573
Slovakya	4	1814	2	
Slovenya	1	688		
Tayvan	5	4448	2	
Türkiye			1	
Ukrayna	15	13107	2	880
TOPLAM	451	396911	55	41615

Kaynak: IAEA,Nuclear Power Reactors in The World 2019

Grafik 7:Dünya Nükleer Enerji Tüketimi Sıralamasında İlk 10 Ülke (MTEP)



Kaynak: BP

2018 BP verileri incelendiğinde dünyada nükleer enerji tüketimi sıralamasında ilk sırada 192.2 MTEP’ le ABD yer almaktadır. ABD’yi 93.5 MTEP ile Fransa ve 66.6 MTEP ile Çin takip etmektedir. Dünya nükleer enerji kullanımının yüzdesel dağılımında bu üç ülkenin payları ise sırasıyla %31.4, % 15.3 ve % 10.9 ile dünya genelinde %67.6’lık payı oluşturmaktadır.

Türkiye’nin nükleer enerji tarihine bakacak olursak; 1955 yılında Atom Enerjisinin barışçıl amaçlarla kullanılması amacıyla toplanan 1.Cenevre Konferansından sonra, 1956 yılında Başbakanlığa bağlı bir “Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği” kuruldu.Sekreterliğe 1982 yılında 2690 sayılı yasa ile Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) adı verilmiştir. Kurum 1957 yılında Birleşmiş Milletlerin bir kuruluşu olan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)’nın üyesi olmuştur.Ülkemizde ise ilk nükleer çalışmalar İstanbul’da 1 MW’ lık TR-1 araştırma reaktörüyle Küçükçekmece gölü kıyısında başlamıştır. 1980'lere gelindiğinde TR-1 reaktörünün gücü 5 MW'a çıkarıldı (TR-2).

ETKB’ nin hazırlamış olduğu “Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler” raporda Türkiye’nin nükleer enerji politikasının enerji arz güvenliğinin sağlanarak, enerji ithal bağımlılığının ve cari açığın azaltılması açısından büyük öneme sahip olduğu belirtilmiştir. Ülkemizin yarım asırdan beri nükleer santral kurma hedefi 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanan “Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Arasında Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma” ile hayata geçmiştir. Antlaşma TBMM tarafından 15 Temmuz 2010 tarihinde kabul edilerek 6 Ekim 2010 tarihli ve 27721 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanmıştır. Nisan

2015'te Akkuyu NGS'nin deniz yapılarının temel atma töreni düzenlenmiştir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Akkuyu Nükleer A.Ş' ye elektrik üretimi için ön lisansını vermiştir. TAEK tarafından, 2 Nisan 2018'de onaylanmış olup, Akkuyu Nükleer Santralinin ilk ünitesinin temeli bu sayede yapılan törenle de temelinin atımı gerçekleştirilmiştir. Antlaşma çerçevesinde Rusya Federasyonu tarafından, Türk öğrencilere Rusya Ulusal Nükleer Araştırma Üniversitesi (MEPhI) ve St. Petersburg Politeknik Üniversitesi'nde (SPbPÜ) eğitim alma imkânı sunulmuştur. Mezun olduktan sonra Rosatom eğitim merkezinde teknik eğitimden geçtikten sonra Türkiye'nin ilk nükleer santrali olan Akkuyu Nükleer Güç Santralinde çalışmaya başlayacaktır.⁴⁴Ülkemizin ikinci nükleer güç santral projesinin ise Sinop'ta kurulması planlanmaktadır. Buna ilişkin, Japonya ile nükleer santral yapımı ve işbirliğine ilişkin antlaşma 3 Mayıs 2013 tarihinde imzalanmıştır.

1.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklar

Yenilenebilir enerji; kaynağı doğal olan, kaynağın tükenme hızına oranla daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilen ve tekrar tekrar kullanılabilen enerji kaynağı olarak tanımlanabilmektedir. Bu enerji çeşitleri ise güneş, jeotermal, rüzgar, hidrolik, dalga, hidrojen ve biyokütle' dir.⁴⁵

Tablo 3:YenilenebilirEnerji Çeşitleri ve Kaynakları

Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları	
Enerjinin Kaynağı	Enerji Çeşitleri
Güneş	Güneş Enerjisi
Rüzgar	Rüzgar Enerjisi
Yer Altı Suları	Jeotermal Enerji
Nehir ve Akarsular	Hidrolik Enerji
Biyolojik Atıklar	Biyokütle Enerjisi
Okyanus ve Denizler	Dalga Enerjisi
Su ve Hidroksitler	Hidrojen Enerjisi

Kaynak: SETA,Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji,2017,s.8

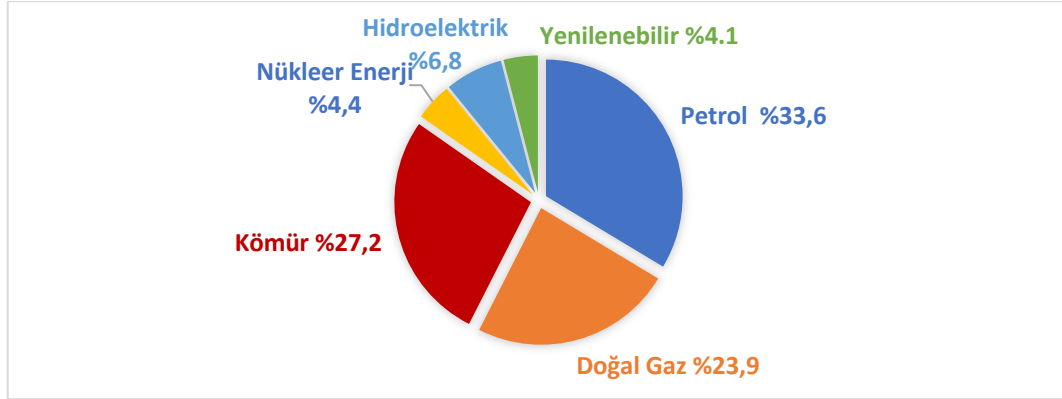
Ülkeler enerji kaynaklarının tükenmesi, küresel ısınmanın artması, çevresel kirliliğin artış göstermesi ile alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir. Bu kaynaklar daha çok güvenli,

⁴⁴ Akkuyu NGS, Proje Hakkında, (Çevrimiçi), <http://www.akkuyu.com/projenin-tarihcesi> ,07.02.2020

⁴⁵ Australian Renewable Energy Agency, What is Renewable Energy?, (Çevrimiçi), <https://arena.gov.au/what-is-renewable-energy/> ,11.02.2020

ucuz ve temiz olması nedeniyle tercih edilmektedir. Dünya birincil enerji tüketimi kaynak bazlı dağılımında “temiz enerji” olarak adlandırılan yenilenebilir enerjinin payı %4,1 civarındadır.

Grafik 8:Dünya Birincil Enerji Tüketiminin Kaynak Bazlı Dağılım Oranları (2018)



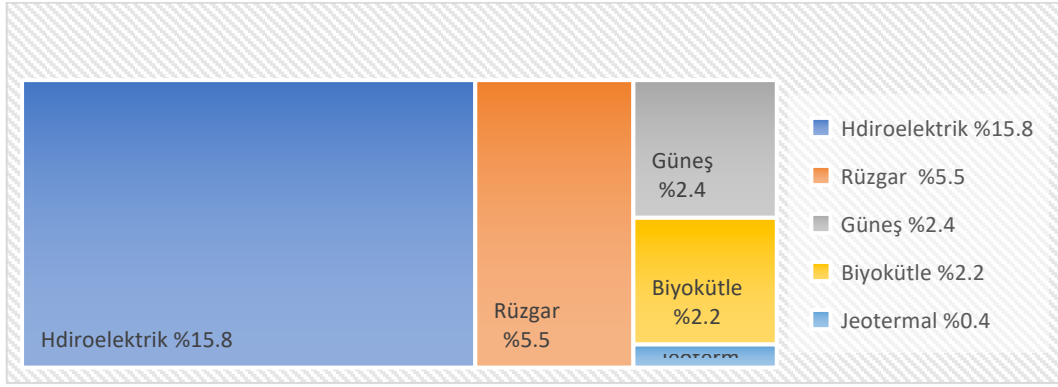
Kaynak: BP

Toplam enerji tüketimi içerisindeki yenilenebilir enerji tüketiminin payının artması belli bir süre alacağı öngörülmektedir. Ülkeler de uyguladıkları politikalarını yenilenebilir enerji kullanımının artması yönünde ve bu alandaki teknolojik ilerlemeler kaydederek bu süreci hızlandırabilecektir. Yenilenebilir enerjinin meydana getirdiği çeşitli faydaları nedeni ile küresel çapta politika hareketlerinin tetiklemesinde ve bu durumun yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması açısından önem arz ettiği yadsınmamaktadır.

Küresel elektrik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talebin yıllar itibarıyla arttığı görülmektedir. Ancak bu talep yeterince iyi bir seviyede değildir. Bu durumun gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklı sebepleri bulunmaktadır; gelişmiş ülkelerde mevcut olan altyapı ve enerji tüketim seviyesinin değiştirilmesi zaman almakta, gelişmekte olan ülkelerde ise enerji talebinin çoğu fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Renewable Energy Policy 2019 Raporuna göre, toplam küresel elektrik üretiminin % 26.2 'si yenilenebilir kaynaklardan ve bununda %15.8'i hidroelektrik, %5.5'i rüzgar, %2.4 güneş enerjisi, %2.2 biyokütle,%0.4'ü jeotermal enerjidir.⁴⁶

⁴⁶ BP, a.g.e,s.41

Grafik 9:Küresel Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerji Türlerinin Payı



Kaynak: Renewables Global Status Report, 2019,s.41

2000’li yıllarda iklim değişikliği ve küresel ısınma ile mücadelede farkındalığın artması ile dünya çapında yenilenebilir enerji sektöründe yatırımlar da artmaya başlamıştır. Renewables 2019 Global Status Raporu’na göre, dünya genelinde yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların 2018 yılında 289 milyar dolara ulaşmış ve bu sektördeki istihdam sayısı da yaklaşık 11 milyon olmuştur.2018 yıl sonu itibariyle, dünyada yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesi ise 2017 yılına göre %8 artmış ve 2378 GW (gigavat) yükselmiştir. Tablo 4’ te belirtildiği üzere; Çin yenilenebilir enerji ve yakıtlara yatırımda başı çekmektedir. Çin’i ABD, Japonya, Hindistan ve Avustralya takip etmektedir.

Tablo 4:Dünyada Yenilenebilir Enerjide Yıllık Yatırım, Net Kapasite Artırımı ve Biyoyakıt Üretiminde İlk Beş Ülke

	1	2	3	4	5
Yenilenebilir Enerji ve Yakıtlara olan Yatırım	Çin	ABD	Japonya	Hindistan	Avustralya
Yenilenebilir Enerji ve Yakıtlara olan Birim GSYİH Başına Yatırım	Palau	Cibuti	Morocco	İzlanda/Sırbistan	
Jeotermal Enerji Kapasite Artışı	Türkiye	Endonezya	ABD	İzlanda	Yeni Zelanda
Hidrolik Enerji Kapasite Artışı	Çin	Brezilya	Pakistan	Türkiye	Angola
Güneş Fotovoltaik Sistem Kapasite Artışı	Çin	Hindistan/ABD		Japonya	

Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Sistemleri Kapasite Artışı	Çin /Morocco		Güney Afrika	Suudi Arabistan	X
Güneş Kollektörü Kapasite Artışı	Çin	ABD	Almanya	Hindistan	Brezilya
Rüzgar Enerjisi Kapasite Artışı	Çin	Türkiye	Hindistan	Brezilya	
Biyodizel Üretimi	ABD	Brezilya	Endonezya	Almanya	Arjantin
Etanol Yakıt Üretimi	ABD	Brezilya	Çin	Kanada	Tayland

Kaynak: Renewables Global Status Report, 2019,s.25

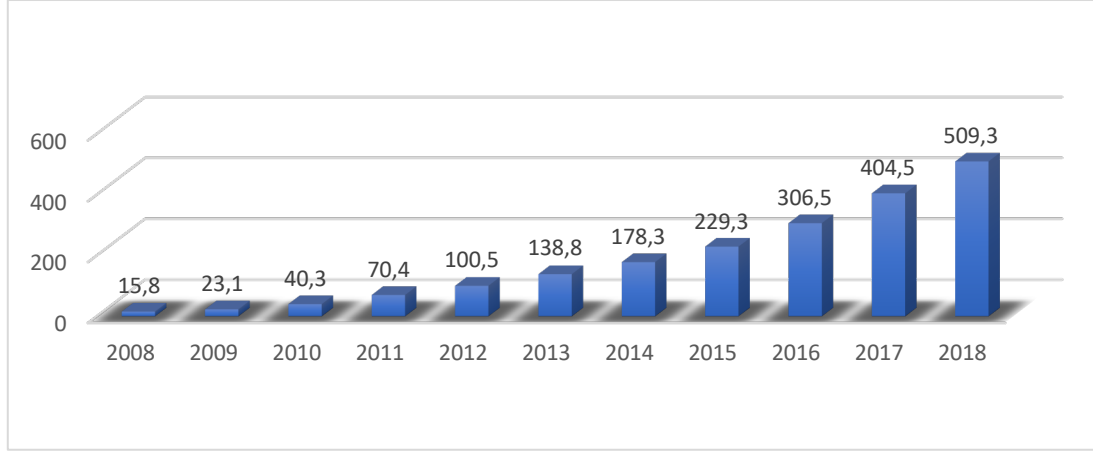
1.2.2.1.Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeği içerisindeki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile meydana gelen enerjidir. Güneş enerjisinin ortalama olarak şiddetinin 1370 W/m^2 değerinde olduğu bilinmektedir. Ancak sadece $0-1100 \text{ W/m}^2$ kadarı yeryüzüne ulaşır. Bu enerji ise insanlığın mevcut enerji tüketiminden oldukça fazla olduğunu göstermektedir.⁴⁷

Güneş enerjisinden yararlanma ile ilgili çalışmalar 1970’li yılların sonundan itibaren hız kazanmıştır. Güneş kollektörleri, güneş pilleri (fotovoltaik) ve güneş santralleri gibi teknolojiler güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilmiştir. Bu teknolojiler vasıtasıyla güneşin enerjisi direk ısı enerjisi veya elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılabilir. Son dönemlerde güneş enerjisi üretim ve depolama teknolojilerindeki gerçekleştirilen ilerlemeler sayesinde maliyetler oldukça hızlı bir şekilde düşmüş ve bu sayede de yatırımların sayısı artmıştır. Maliyetlerin düşmesiyle birlikte güneş enerjisi fosil yakıtlarla daha rekabetçi hale gelmiştir.

⁴⁷ Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, Güneş Enerjisi ve Teknolojileri ,(Çevrimiçi), http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 05.03.2020,

Grafik 10:Dünya Geneline Kümülatif Kurulu Güneş PV Kapasitesi 2008-2018 (GW)

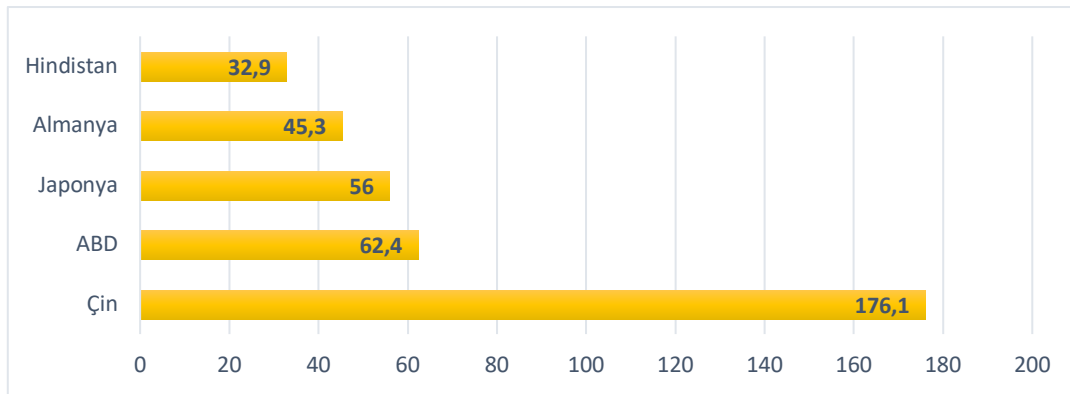


Kaynak: Statista, Global Cumulative Installed Solar PV Capacity,2020

Grafik 10’da görüldüğü üzere güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi 2008 yılından 2018 yılına kadar önemli ölçüde artmıştır. Özellikle 2010 ve 2011 yıllarında yüzde 42’lik bir büyüme kaydetmiştir.2018 yılında 104.8 gigawatt ilave artış göstererek toplam 509.3 gigawatta ulaşmıştır.

2018 yılı güneş fotovoltaik sistem kapasite artışında Çin 45 GW’ lık kapasite artırımını ile ilk sırada yer alırken Hindistan 10.8 GW ve ABD 10.6 GW artış ile ikinci ve üçüncü sıralarda bulunmaktadır. Güneş fotovoltaik sistem kapasitesi bakımından ise Çin 176.1 GW ile yine başı çekmekte ABD 62.4 GW, Japonya 56GW ile sıralamayı takip etmektedir.

Grafik 11:Güneş Fotovoltaik Sistem Kapasite Sıralamasında İlk 5 Ülke, 2018

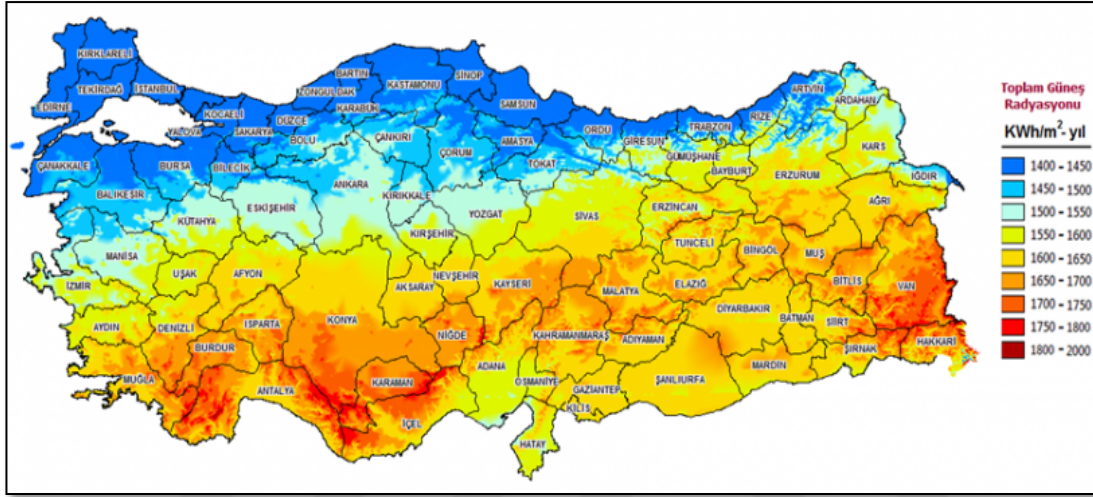


Kaynak: Renewables Global Status Report, 2019,s.219

Türkiye coğrafi konumu dolayısıyla yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Ancak finansal ve teknolojik kısıtlar nedeniyle, güneş enerjisi potansiyeli elektrik sektöründe verimli

biçimde kullanılamamaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın hazırlamış olduğu Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m² yıl (günlük ortalama 4.18 kWh/m²) olduğu belirtilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre ülkemizde haziran ayında 10.3, temmuz ayında 11.96 ve ağustos ayı içerisinde 10.42 saat güneşlenme süresi vardır.⁴⁸

Şekil 3:Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası



Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,2020

TEİAŞ verilerine göre ülkemizin Aralık 2019 tarihi itibari ile güneş enerjisi kurulu gücü 6.901 santralle 5.995,2 MW' a ulaşmıştır.2019 yılında güneş enerjisi kurulu gücü 2018 yılına göre 932.4 MW artış göstererek yüzde 18.5 iyileşme kaydetmiştir.

Türkiye'nin güneş enerjisi alanında yaptığı çalışmalarda en son olarak 20.03.2017 tarihinde Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) çerçevesinde Konya-Karapınar'da 1.000 MW kapasiteli kurulacak olan GES çalışmaları devam etmektedir. Çalışma kapsamında, Türkiye'de yıllık minimum 500 MW fotovoltaik modül üretim kapasitesine sahip güneş paneli fabrikası kurulacak olduğu ve 10 yıl süre zarfında da Karapınar YEKA' da 1000 MW' lık bağlantı kapasitesinin tahsisi yapılacağı planlanmaktadır. Güneş enerjisiyle 1 GW' lık elektrik üretimi yapacak olan santral sayesinde yılda ortalama 1.5 milyon ton karbon salınımının da engellenmesi hedeflenmektedir.⁴⁹

⁴⁸ Meteoroloji Genel Müdürlüğü,(Çevrimiçi), <https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>,05.22.2021

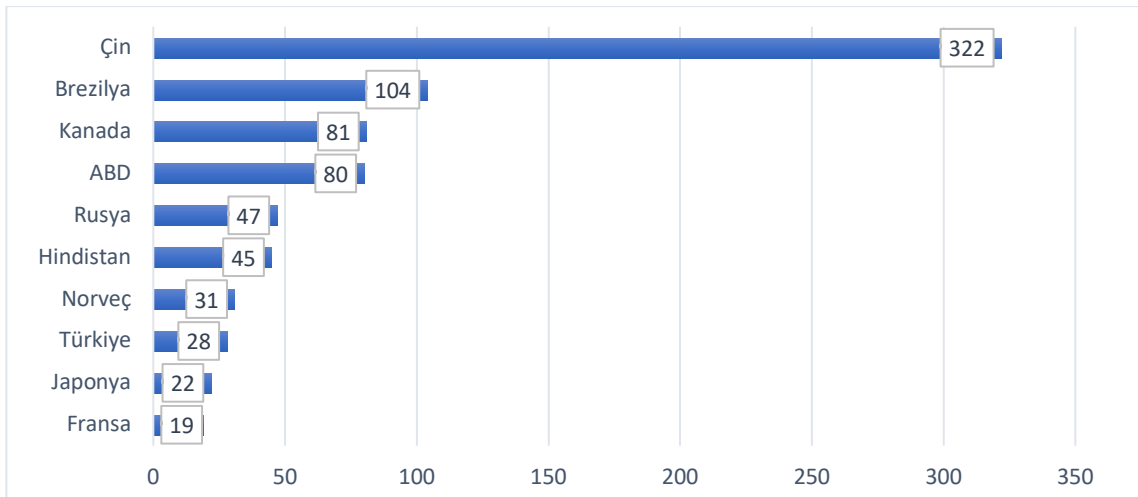
⁴⁹ Enerji Portalı, YEKA GES,(Çevrimiçi), <https://www.enerjiportali.com/yeka-ges-1-icin-yeni-bir-anlasma-yapildi/>,13.03.2020

1.2.2.2. Hidrolik Enerjisi

Hidrolik enerji akan suyun akış veya düşüş hızı kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesi sonucu meydana gelen enerji türüdür. Nehirler üzerine hidroelektrik santral inşa ederek akan suyun gücü elektriğe dönüştürülür. Ülkenin dünya üzerinde bulunduğu coğrafi konumu hidrolik enerji açısından oldukça öneme sahiptir. Yağışa bağlı olması sebebiyle de iklim koşullarındaki değişimlerden etkilenen bir enerji türü olduğu yadsınamayacak bir gerçektir. Bu özelliklere sahip olan ülkeler hidrolik enerji potansiyeli açısından avantaja sahiptir. Brüt hidrolik enerji potansiyeli tabii akışların maximum verimle değerlendirilmesi varsayımı ile belirlenmektedir. Fakat bu potansiyelin tamamının kullanılması mümkün değildir. Hidroelektrik santraller; su gibi yenilenebilir kaynaktan enerji elde edilmesi, inşaatların yapımında yerli imkanların kullanılabilmesi, teknik ömrünün uzun sürmemesi ve yakıt giderlerinin oluşmaması, işletmede meydana gelen bakım giderlerinin az seviyede oluşması ve istihdam oluşturma imkanı açısından en yaygın kullanılan enerji kaynaklarıdır.⁵⁰

Renewables 2019 Global Status Report' una göre hidrolik enerji 2018 yılı tahmini olarak 20 GW daha artarak 1132 GW' a ulaşmıştır. Hidrolik enerji kapasite artışında Çin 7 GW artış ile birinci sırada yer alırken onu Brezilya 3.8 GW artış, Pakistan 2.5 GW artış ile Çin'i takip etmektedir. Toplam kapasite içerisinde ise dünyada ilk on ülke Grafik 12'de belirtildiği gibidir. Çin 322 GW ile dünya hidrolik kapasitesinin %28'ini, Brezilya 104 GW ile %9, Kanada 81 GW ile %7 ile ilk üç sırayı almaktadır.

Grafik 12:Dünya Hidroelektrik Kapasite Sıralamasında İlk 10 Ülke



Kaynak: Renewables Global Status Report, 2019,s.218

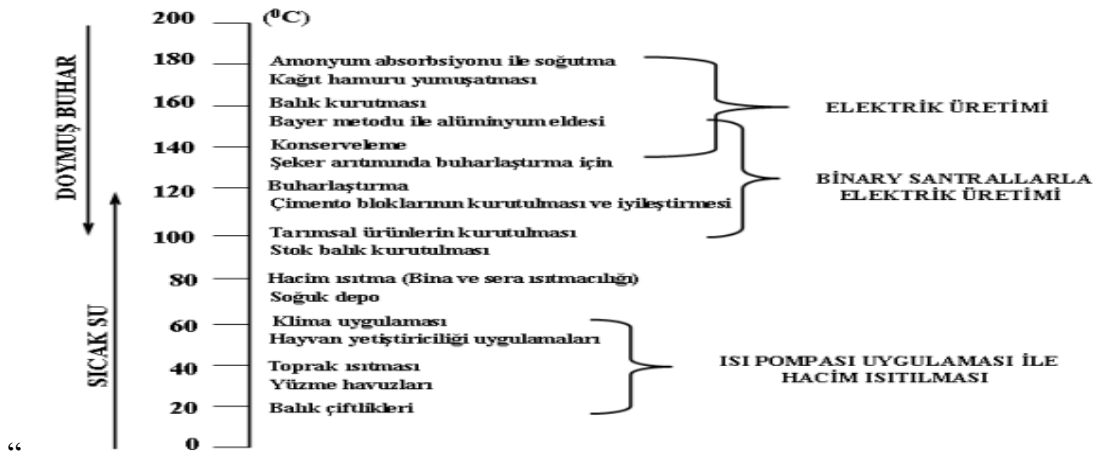
⁵⁰ Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, Hidrolik Enerjisi Nedir?,(Çevrimiçi), http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx,17.03.2020

1.2.2.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkabuğunun derinliklerinde oluşan ısı ve soğuma işlemini gerçekleştirmiş magmanın kayaçlar arasında oluşan ve ısı enerjisinin akışkanlar açısından rezervuarlara alınarak depolanması sonucu oluşan sıcak su ve buhar olarak tanımlanmaktadır. Bunun dışında yeraltındaki bazı granit benzeri sert kayaların oluşturduğu ve bünyesinde su oluşumunu bulundurmamasına rağmen jeotermal enerji kaynağı olarak belirtilmektedir.⁵¹

Jeotermal enerjinin rüzgar ve güneş gibi hava şartlarına bağlı olan ve bahsedilen diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre iklimden etkilenmemesi diğer kaynaklara kıyasla avantaj olarak görülmektedir. Bu enerji genel olarak endüstriyel ısı ihtiyaçlarımızın karşılamasında, konutların ısıtılmasında aynı zamanda soğutulmasında ve sıcak su ihtiyaçlarımızı karşılamada kullanılmakta olup dünyanın farklı bölgelerinde bulunduğu bilinmektedir. Şekil 2’de sıcaklığa göre jeotermal enerjinin kullanım alanlarına yer verilmiştir. Temiz enerji üretimi açısından fayda sağlayan jeotermal enerji sayesinde çevreye çok az oranda karbon salınımı yapılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı jeotermal enerji ülkelerin önem verdiği ve kullanılmasını teşvik ettiği yenilenebilir enerji çeşiti olmuştur.

Şekil 2:Sıcaklığa Göre Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları



Kaynak: Öner Atalay,2004

Renewables Global Status Report 2019’a göre 2018 yıl sonu itibariyle küresel jeotermal güç kapasitesi 527 MW artış ile toplam 13.3 GW’ a ulaşmıştır. Dünya jeotermal enerji kapasitesi sıralamasında ilk ABD yer alırken onu Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni

⁵¹ Mary H. Dickson and Mario Fanelli, What is Geothermal Energy, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, İtalya,2004,s.5

Zelanda takip etmektedir. Grafik 13’de jeotermal güç kapasite sırlamasında ilk on ülke ve sahip oldukları GW yer almaktadır.

Grafik 13:Dünyada Jeotermal Güç Kapasite Sıralamasında İlk 10 Ülke (GW)

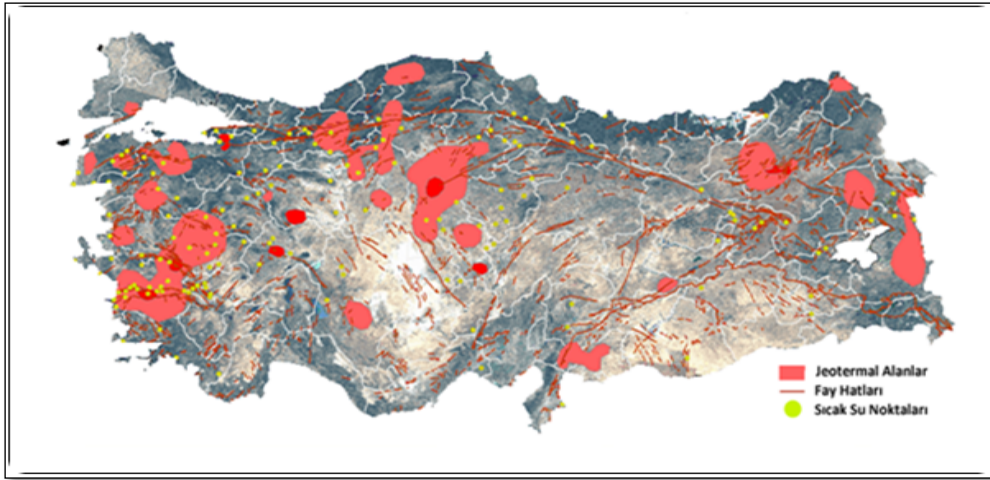


Kaynak: Renewables Global Status Report, 2019,s.217

Ülkemiz coğrafi konumu itibari ile Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde yer aldığı için jeotermal açıdan diğer ülkelere göre daha zengin bir konuma sahiptir. Ülkemizin bölgelere göre jeotermal alanların oranları şöyledir; Batı Anadolu'da %78 oranında, İç Anadolu'da %9 oranında, Marmara Bölgesi'nde %7 oranında, Doğu Anadolu'da %5 ve diğer bölgelerde %1 oranındadır. Jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel vb, şeklindeki uygulamalar için, %10' u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. Ülkemizin her tarafına yayılmış yaklaşık 1.000 adet doğal çıkış şeklinde değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynaklar mevcuttur.⁵²

⁵² ETKB, Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları,(Çevrimiçi), <https://www.enerji.gov.tr/tr-tr/sayfalar/jeotermal>,01.04.2020

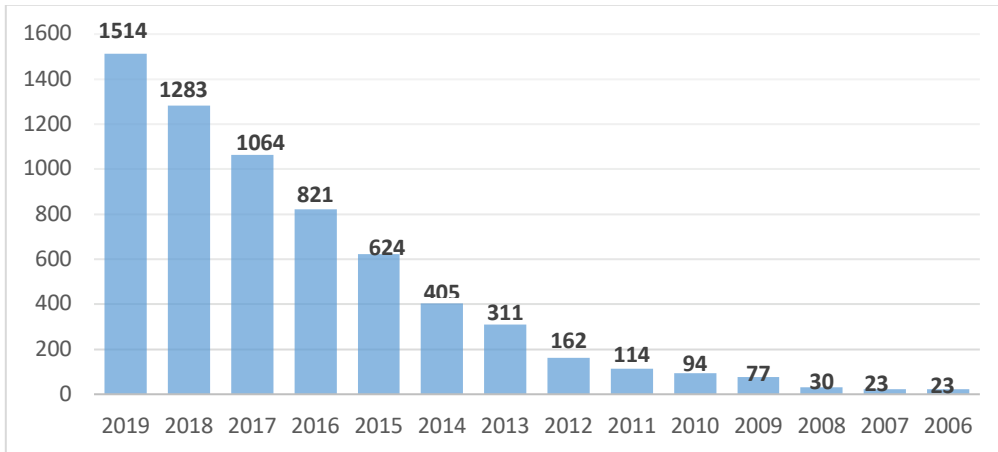
Şekil 3:Türkiye Potansiyel Jeotermal Alanlar Haritası



Kaynak: ETKB,2020

Türkiye’de MTA tarafından 1962 yılından beri jeotermal enerji araştırma ve geliştirme çalışmaları yürütülmektedir.1975 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından 0.5 MW’e güce sahip Kızıldere Santrali kurulmuştur. Bu santralde jeotermal kaynaktan ilk elektrik üretimi yapılmıştır. Ülkemizde 2008 yılında “Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu” nun yürürlüğe girmesi bunun akabinde özel sektörün de jeotermal alan saha araştırma geliştirme ve yatırım çalışmalarının hız kazanması sonucu toplam jeotermal ısı kapasitesi (görünür ısı miktarı) 35.500 MWt’e ulaşmıştır. Grafik 14 Türkiye’nin jeotermal kurulu gücünün 2006-2019 yılları arasındaki değişimini göstermektedir.2008 yılından 2009 yılına geçişte kurulu güç kapasitesi iki buçuk kat artış göstermiştir. TEİAŞ 2019 Aralık raporuna göre jeotermal kurulu gücünde yer alan santral adedi 54 ve toplam kurulu gücü 1514 MW ‘dır.

Grafik 14:Türkiye Jeotermal Kurulu Güç Yıllar İtibariyle Gelişimi



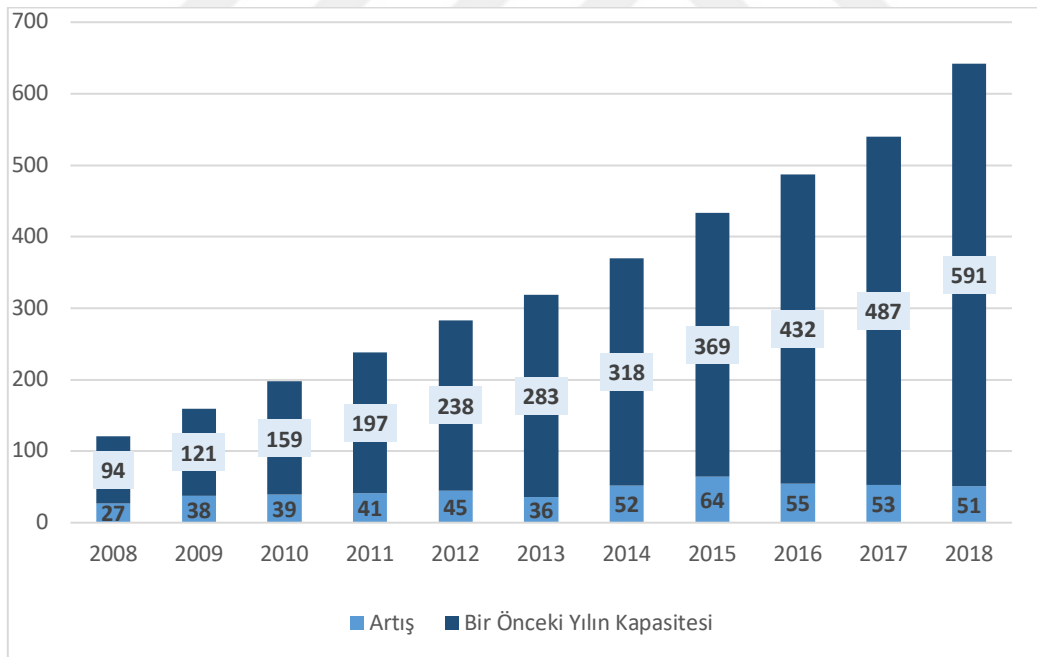
Kaynak: TEİAŞ, Elektrik İstatistikleri, 2019

1.2.2.4.Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi kaynağını güçten alan, temiz, doğal ve sürdürülebilir özellikleriyle sonsuz bir güçtür. Güneşin atmosfer ve yeryüzünü homojen biçimde ısıtmamasının sonucu olarak hava akımı oluşur. Hava kütlesi fazla ısınma sonucu atmosferin yukarısına doğru yükselir ve yükselmesi sonucu boşalan yere aynı hacme sahip soğuk hava kütlesi yerleşir ve bu yer değişimine rüzgar denilmektedir. Yeryüzünün homojen ısınmaması ve yerel coğrafi farklılıklar rüzgarın özelliklerini belirleyen faktörler arasındadır.⁵³

Rüzgar enerjisinin avantajları; atmosferde bolca bulunur, ham maddesinin yerli olması sebebiyle dışa bağımlılığı olmayan yenilenebilir ve temiz enerji kaynağıdır. Yatırım alanının %1'i kullanılır geri kalan kısımlarında hayvancılık ve tarım yapılabilir. Dezavantajları ise ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, değişen enerji üretimi ve kapasite faktörlerinin düşük olması, görüntü ve gürültü kirliliği, kuş göç yollarında kuşlara zarar verebilmesi.

Grafik 15:Dünyada Rüzgar Kurulu Gücün Yıllar İtibariyle Gelişimi (GW)

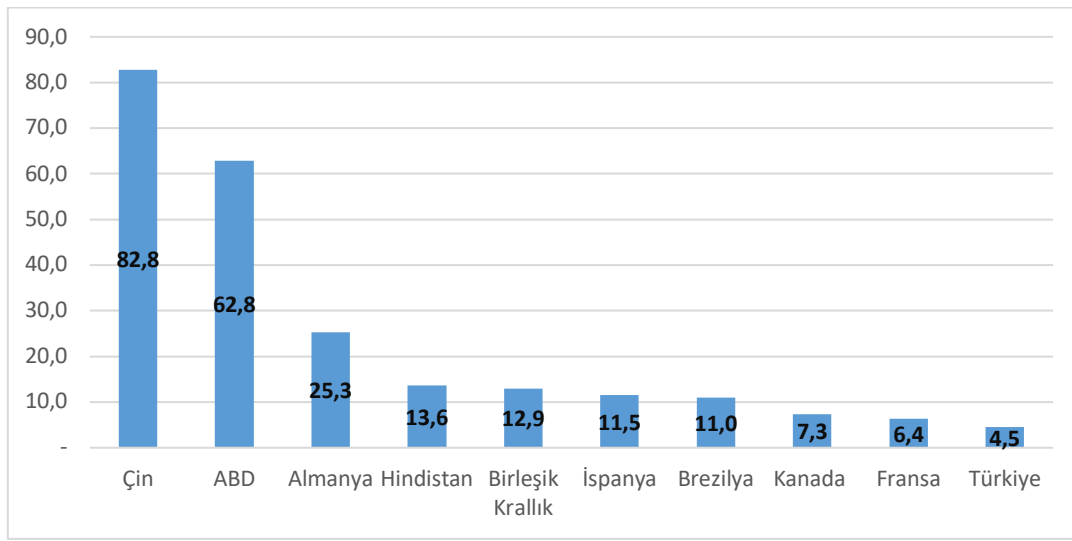


Kaynak: Renewables Global Status Report, 2019,s.118

⁵³ YEGM, Rüzgar Enerjisi, (Çevrimiçi) http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, 02.04.2020

Grafik 15’de küresel rüzgar kurulu gücünün 2008-2018 yılları arasındaki gelişimi gösterilmektedir.2018 yılında 51 GW artış ile toplam kapasite 591 GW’ a ulaşmıştır. Kıtalara göre rüzgar kurulu gücünde en fazla paya sahip Asya’dır. Asya da Çin 366 Terawaat/saat ile %28.8’lik büyük payı elinde tutmaktadır. İkinci sırada yer alan Avrupa da ise Almanya 111.6 Terawaat/saat ile %8.8, Kuzey Amerika’da ise ABD 277.7 Terawaat/saat ile %21.9, Güney&Merkez Amerika’da ise Brezilya 48.5 Terawaat/saat ile %3.8,Afrika ‘da Güney Afrika 6.9 Terawaat/saat ile %0.5’lik güce sahiptir.

Grafik 16:Rüzgar Gücü Tüketimi Sıralamasında İlk 10 Ülke (MTEP)



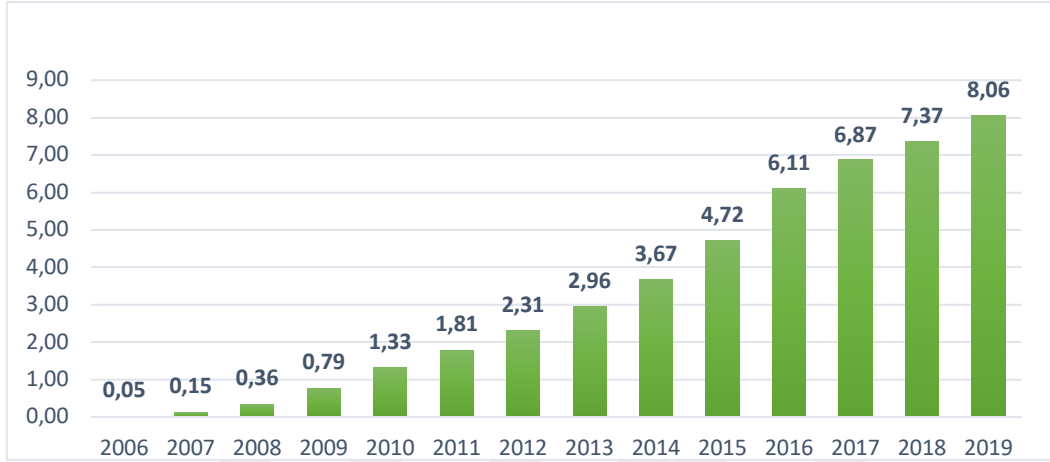
Kaynak: BP

Rüzgar enerjisi santralleri karada ve denizde kurulabilmektedir. Denizlerde rüzgar potansiyeli karadaki rüzgar potansiyeline göre daha yüksek olduğundan daha fazla enerji sağlanır. İlk deniz üstü (offshore) rüzgar enerji santrali 1991 yılında Danimarka’da Looland Adası yakınlarında kurulan 5 MW kurulu güce sahip olan Vindeby’dir. Rüzgar kaynaklı offshore elektrik üretimi son yıllarda yapılan yatırımlarla birlikte önemli bir şekilde artmıştır. Bu artış Avrupa’nın Kuzey Denizi’nin derin olmayan sularında gerçekleşmiştir. Küresel Rüzgar Enerjisi Konsey’ nin (GWEC) 2019 raporuna göre gelecek 5 yılda 50 bin megavatlık RES’in açık denizlerde inşa edileceği tahmin ediliyor. Aynı zamanda 2020-2024 yılları arasında yıllık 71 bin megavat olmak üzere toplamda 355 bin megavat artış göstereceği öngörülüyor.

Türkiye’de km² başına 5 MW gücünde rüzgâr santrallerinin, yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kurulabilmesi kabul edilmiştir. Türkiye’nin rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. 2006-2019 yılları

arasında en fazla kurulum güç artışı 2016 yılında 1.388 MW ile olmuştur. Türkiye Rüzgar Enerji Birliği İstatistik Raporu'na göre ülkemizin 2019 yıl sonu itibariyle rüzgar enerji santrali kurulu gücü % 9.32 artış ile 8.056 MW' a ulaşmıştır. Ülkemizde 2019 yılı itibariyle işletmedeki rüzgar enerji santrallerinin sayısı 198'dir. Bu santrallerin kurulu güçleri bakımından bölgelere dağılımı ise; %38'i Ege bölgesinde, %34'ü Marmara, %12'si Akdeniz de, %9'u İç Anadolu'da, %3'ü Karadeniz, %1 'i Güneydoğu ve %0.15'i Doğu Anadolu yer almaktadır.⁵⁴

Grafik 17:Türkiyede Yıllar İtibariyle Rüzgar Kurulu Gücün Gelişimi (MW)



Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB) İstatistik Raporu 2020,

1.2.2.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, yaşayan veya yakın dönemde yaşamış canlı organizmalardan elde edilen fosilleşmiş kaynaktır. Biyokütle enerjisi ise bu fosilleşmiş kaynakların kimyasal enerjiye dönüşmesidir. Bu enerji kaynağına; buğday, mısır, yosunlar, hayvan dışkıları, gübreler, kaynak oluşturmaktadır. Biyokütle enerji kaynakları kullanılarak çeşitli yakıtlar elde edilmektedir. Bu yakıtlar şöyledir; biyoetanol, biyodizel ve biyogaz'dır.

Petrol, kömür, doğal gaz gibi enerji kaynaklarının kısıtlı olması ve çevre kirliliği oluşturmasının aksine biyokütle enerjisi hemen hemen her yerde yetiştirilebilmesi, depolanabilir olması, çevre kirliliği oluşturmaması, sera etkisi yaratmaması sebepleriyle biyokütle enerjisi kullanımı dünyada giderek önem kazanmaktadır.

2018 yılında dünyada biyoetanol ve biyodizel üretim miktarları yaklaşık %7 oranında artış göstererek 153 milyar litreye ulaşmıştır. Dünyada biyoyakıt üretiminde ilk on ülke

⁵⁴ TÜREB, Türkiye RES Durumu İstatistik Raporu, (Çevrimiçi),
https://www.tureb.com.tr/files/bilgi_bankasi/turkiye_res_durumu/istatistik_raporu_ocak_2020.pdf,
06.04.2020

arasında yer alan ülkelerin dağılımı Tablo 5’de verilmiştir. 70 milyar litre ile ABD ilk sırada yer alırken, 38.4 milyar litre ile onu Brezilya takip etmektedir. ABD ve Brezilya tüm dünya biyoyakıt üretiminin %69’unu üretmektedir. Biyoenerjinin sektör bazında en büyük katkısı %5 oranıyla ısıtma ve soğutmada, %3 ile ulaşım sektöründe ve % 2.1 ile elektrik arzındadır.

Tablo 5:Dünyada Biyoyakıt Üretiminde İlk 10 Ülke (Milyar Litre)

	Biyoetanol	Biyodizel	Toplam
ABD	60.9	9.1	70.0
Brezilya	33.0	5.4	38.4
Çin	4.1	1.0	5.1
Almanya	1.0	3.5	4.5
Endonezya	0.1	4.0	4.1
Arjantin	1.2	2.8	4.0
Fransa	0.9	2.2	3.1
Tayland	1.5	1.6	3.1
Kanada	1.9	0.4	2.3
Hollanda	0.3	1.8	2.1

Kaynak: Renewables Global Status Report, 2019,s.216

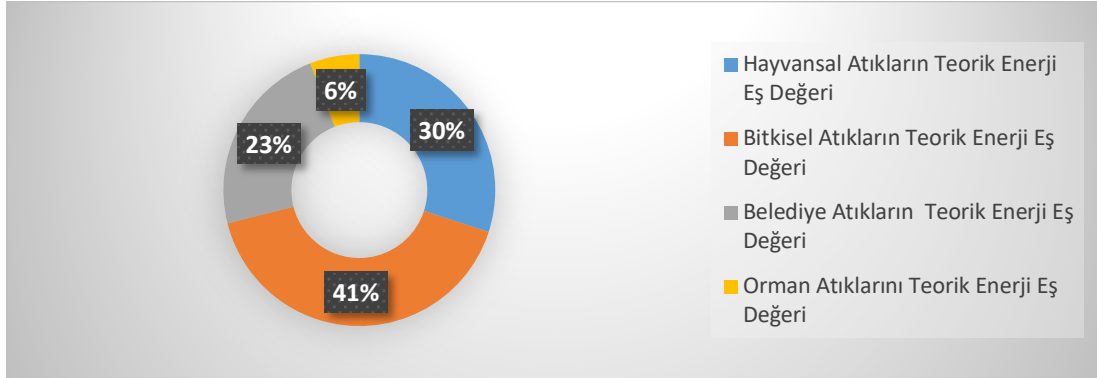
Türkiye’de diğer yenilenebilir enerjilere kıyasla potansiyel seviyesi daha yüksek olan biyokütle enerjisinin kullanımı ise daha geri planda kalmıştır. Ülke genelinde, ısınma ve pişirme gibi geleneksel tekniklerin kullanımından biyokütle enerjisi oluşmaktadır. Ülkemizdeki biyokütle enerji kaynaklarının potansiyelini belirlemek amacıyla Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA) hazırlanmıştır. Bu atlasta il ve ilçe bazında çeşitli bilgiler yayınlanmaktadır. BEPA ile ülkemizin güncel biyokütle enerji potansiyelinin belirlenmesi, biyokütle elektrik üretiminin artırılması için bu alanda yapılacak yatırımcıların yönlendirilmesi, mevcut biyokütle kaynaklı elektrik santrallerinin ve biyoyakıt işleme lisansı sahibi firma bilgilerinin kamuoyuna sunulması amaçlanmıştır.

BEPA’ya göre Türkiye’nin toplam biyokütle enerjisi potansiyeli 14.627.330 TEP/yıl’dır. Grafik 18’de de belirtildiği üzere en yüksek potansiyele sahip olan kaynak ise %41’lik bir oranla bitkisel atıklardır.⁵⁵Toplam 801 MW’lık kurulu güce sahip biyokütle

⁵⁵ BEPA, Türkiye’nin Biyokütle Enerji Potansiyeli,(Çevrimiçi) <https://bepa.enerji.gov.tr/> ,13.04.2020

kaynaklı elektrik üretim santrallerinden, 2019 yılında 4.523 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Biyokütle kaynaklı elektrik üretim santral sayısı ise 181’dir.⁵⁶

Grafik 18:Türkiye’nin Biyokütle Enerji Potansiyeli (TEP/yıl)



Kaynak: Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası (BEPA),2019

⁵⁶ TEİAŞ, Sektör Raporları,(Çevrimiçi), <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari>,13.04.2020

İKİNCİ BÖLÜM

KARBON SALINIMI VE SALINIMIN AZALTILMASI

2.1.Küresel Isınma ve Küresel Isınmanın Etkileri

İnsan faaliyetleri sonucu sera etkisi yaratan gazların atmosferde hızlı bir şekilde artış göstererek atmosferin dünya yüzeyine yakın kısımlarında artan ortalama dünya sıcaklığı küresel ısınmayı meydana getirmektedir. Küresel ısınmanın artması ile hava sıcaklıklarının artması, karbondioksit oranının yükselmesi, buzulların eriyerek azalması, denizlerin yükselmesi, kuraklık ve çölleşme gibi iklim değişiklikleri meydana gelmektedir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarına göre; dünya atmosferinde bulunan karbondioksit, metan gibi sera gazlarının oranları sanayi devriminden itibaren insan faaliyetleri, toplumsal-ekonomik gelişim ile beraber paralel bir şekilde artış göstermeye başlamıştır. Günümüzde CO₂ birikimleri, temel bakımdan fosil yakıt yanması ve net arazi kullanımı değişikliğinden oluşan salımlar nedeniyle, sanayi öncesi döneme kıyasla, % 40 oranında artmıştır. IPCC senaryolarına göre sera gazı emisyonları mevcut şekilde devam ettiği takdirde küresel ısınma 2030 ile 2052 yılları arasında 1.5°C'yi sınırını aşacaktır.⁵⁷Yapılan çalışmalara göre 1,5°C sınırı, sürdürülebilir kalkınma ve yoksulluğu önleme için kritik öneme sahiptir.

2.1.1. Küresel Ortalama Sıcaklık Artışı

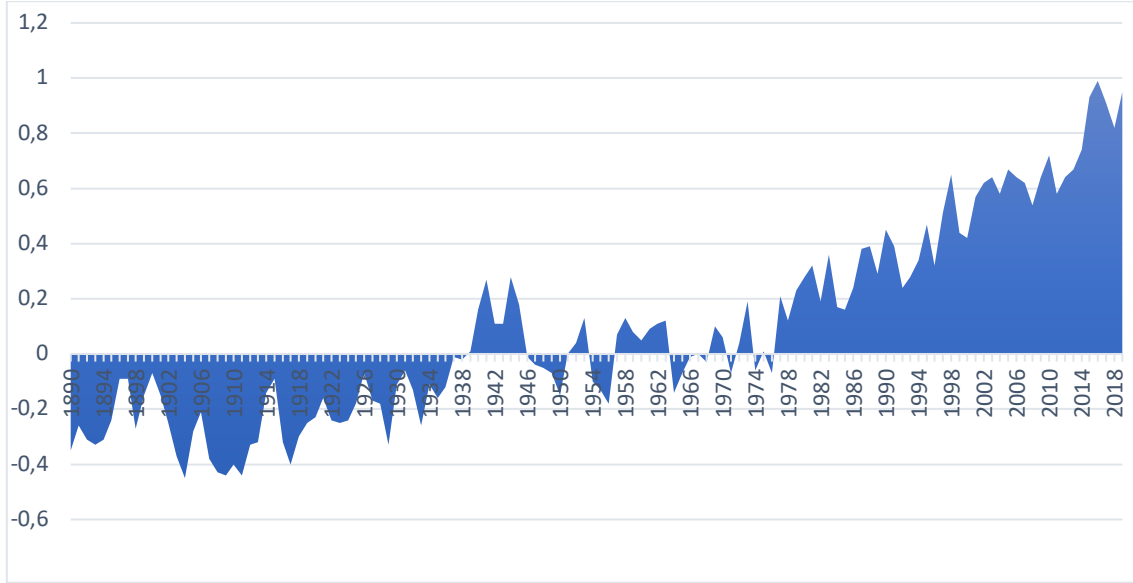
Dünya'nın yıllık ortalama yüzey sıcaklığını çok az bir miktarda bile yükseltmek için çok büyük miktarda ısı enerjisine gerek vardır. Bu büyük miktardaki ısı, bölgesel ve mevsimsel sıcaklıkları aşarak buzulları eritir, şiddetli yağışları arttırır, bitki ve hayvan yaşam alanlarını büyütür veya küçülterek değiştirir.

National Centers for Enviromental Information (NOAA) 2019 Küresel Raporu'na göre 1880'den beri kara ve okyanus sıcaklığı her on yılda bir ortalama 0.07 °C artmıştır. Fakat 1981'den bu güne dek ortalama artış hızı 0.18 °C' dir ve bu da yaklaşık iki katından fazladır.1880-2019 yılları arasında 2015 yılından beri en sıcak beş yıl gerçekleşirken, en sıcak on yılın dokuzu da 2005'ten beri gerçekleşmiştir. Tarihin en sıcak yılı ise El Niño hava olayının

⁵⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), İklim değişikliğinin Fiziksel Bilim Temeli Raporu,(Çevrimiçi), <http://www.wwf.org.tr/?2340>,14.04.2020

görüldüğü 2016 yılında 0.99 °C'lık anomali kaydederek kayıtlara geçmiştir.2019 yılı ise 1850'den itibaren ölçülen en sıcak ikinci yıl olmuştur.

Grafik 19:1890-2019 Yılları Arasındaki Küresel Yüzey Sıcaklık Geçmişi



Kaynak: NOAA,2020

2.1.2. Karbondioksit Konsantrasyonu

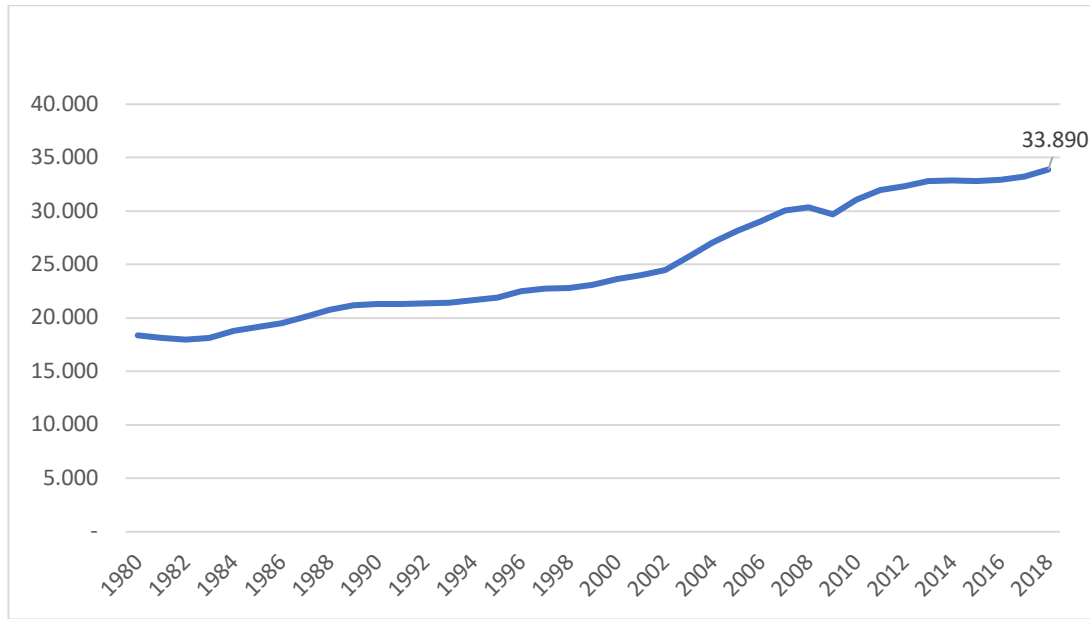
Karbondioksit, Dünya'nın uzun ömürlü sera gazlarının en önemlisidir. Molekül başına sera gazı metan veya azot oksitten daha az ısı emer, ancak daha bol miktarda bulunur ve atmosferde daha uzun süre kalır. Karbondioksit, molekül başına su buharından daha az bol ve daha az güçlü olmakla birlikte, su buharının yapmadığı termal enerjinin dalga boylarını emer, yani sera etkisine benzersiz bir şekilde katkıda bulunur. Atmosferik karbondioksitteki artışlar, Dünya sıcaklığının yükselmesine neden olan toplam enerji dengesizliğinin yaklaşık üçte ikisinden sorumludur.

İnsanoğlunun enerji ihtiyaçları için yaktıkları fosil yakıtlar nedeniyle çoğunlukla karbondioksit konsantrasyonları artmaktadır. Sanayi Devrimi başlamadan önce, küresel ortalama karbondioksit miktarı yaklaşık 280 ppm idi. 1960'larda, atmosferik karbondioksitin küresel büyüme hızı yılda yaklaşık 0.6 ± 0.1 ppm idi. Bununla birlikte, son on yılda büyüme hızı yılda 2,3 ppm'ye yakın olmuştur. Son 60 yılda atmosferik karbondioksitteki yıllık artış oranı, 11.000-17.000 yıl önceki son buzul çağının sonunda meydana gelenler gibi önceki doğal

artışlardan yaklaşık 100 kat daha hızlıdır. Küresel ortalama atmosferik karbondioksit miktarı 2018’de milyonda 407.4 ppm seviyesine çıkmıştır.⁵⁸

BP Statistical Report 2019’a göre küresel karbon salınım miktarı 2018 yılında 33.890 milyon metrik ton’a ulaşmıştır. Sektörlere göre küresel karbondioksit emisyonlarının yaklaşık %39’u elektrik ve ısı üretimi sonucu meydana gelmektedir. Bunu %23 oranla ulaşım ve %18 imalat sanayi takip etmektedir. Geri kalan % 20’lik pay ise diğer sektör ve konut, ticari ve kamu hizmetleri tarafından gerçekleştirilmektedir.

Grafik 20:Küresel Karbondioksit Emisyon Miktarı (Milyon Metrik Ton)



Kaynak: BP Statistical Report 2019,s.57

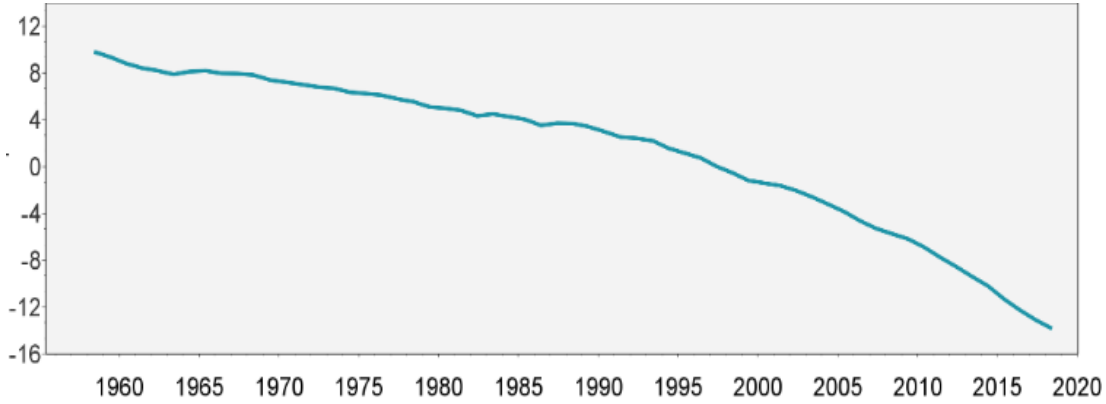
2.1.3. Buzul Kütle Dengesi

Kütle dengesi, (hidrolojik) bir yıl boyunca atmosferik koşulları yansıtır ve uzun bir süre boyunca ölçülür ve birikimli bir şekilde görüntülenirse, kütle dengesindeki eğilimler iklim değişikliğinin bir göstergesi olarak belirtilebilir. Dünya’nın ikliminin ısındığına dair en dramatik kanıtlar arasında dünyadaki dağ buzullarının azalması ve kaybolması yer almaktadır. Dünya Buzul İzleme Servisi tarafından dünya çapında 41 referans buzuldan yapılan incelemelerde; 1960 yılından bu yana küresel referans buzulların kümülatif kütle değişiminin, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi 23 m su eşdeğeri bir buz kaybı olduğu tahmin edilmektedir. Eriyen buzullar ve buz tabakaları son yıllarda deniz seviyesinin yükselmesinin en büyük

⁵⁸ Climate.gov, Climate Change:Atmospheric Carbon Dioxide,(Çevrimiçi) <https://climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide> ,15.04.2020

nedenidir. Aynı zamanda buzul kaybı dünyanın birçok yerinde ekolojik ve insan su kaynakları için ciddi bir tehdittir.

Şekil 4:1958-2018 Yılları Arası Küresel Buzul Kütlesindeki Değişim (Su Eşdeğeri)



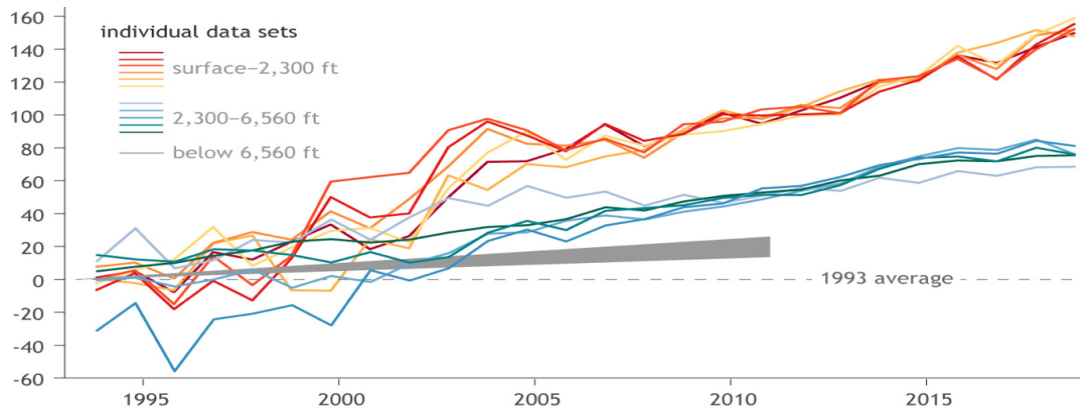
Kaynak: WGMS,2020

2.1.4. Okyanus Isı İçeriği

Su sadece gezegenimizin yüzeyinin yüzde 70'inden fazlasını kaplamakla kalmaz, aynı zamanda sıcaklıkta büyük bir artış olmadan büyük miktarlarda ısıyı emebilir. Isıyı uzun süre depolayabilen ve serbest bırakabilen okyanuslar dünya'nın iklim sistemini stabilize etmede merkezi bir rol oynamaktadır. Okyanus ısısının ana kaynağı güneş ışığıdır. Okyanus tarafından emilen ısı bir yerden başka bir yere taşınır, ancak kaybolmaz.

Sera gazlarının artışı dünya yüzeyinden yayılan ısıyı uzaya kaçmasını engeller ve aşırı atmosferik ısıyı çoğunu okyanusa geri gönderir. Sonuç olarak, üst okyanus ısı içeriği de son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Isınan okyanus suları deniz ekosistemlerini ve insan geçim kaynaklarını tehdit etmektedir.

Şekil 5:1993-2018 Yılları Arası Okyanus Isı İçeriği Ortalaması (10^{21} Joule)



Kaynak: WGMS,2020

Şekil 5'te 1993-2018 yılları arasındaki ortalama okyanus ısı içeriği; kırmızı turuncu ve sarı tonları yüzeyden 700 metreye kadar (2.300fit) derinliği, yeşil ve mavi tonları 700-2.000 metre (6.600 fit) ve gri tonu ise 2.600 metrenin (6.000fit) altında yer alan alanı göstermektedir. Buna göre 2000'li yıllardan itibaren okyanus ısı içeriğinin artışı oldukça dikkat çekmektedir.

2.2.İklim Değişikliği ile Mücadelede Uluslararası Alanda Atılan

Adımlar

Dünya genelinde sıcaklıklarda yaşanan önemli artışlar, kuraklıklar, buzulların erimesi, mevsim sürelerinin değişmesi, fırtına, sel vb. doğal afetler iklim değişikliklerinin temel göstergeleri arasında sayılmaktadır. Yaşadığımız evrende iklim değişikliği tüm toplumları etkisi altına alan sorun olması nedeni ile küresel çapta tedbirler alınması gereksinimi duyulmuştur. Bu kapsamda tüm dünya ülkeleri bu soruna karşı önlem almak durumunda kalmıştır.

İlk kez 1896 yılında Nobel ödüllü İsveçli bilim adamı Svante atmosferdeki karbondioksit oranının her geçen gün arttığını yayımladığı makalede belirtmiştir. Ancak ilk önemli adımla 1979 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) 1. Dünya İklim Konferansı'nda konunun önemi resmileşmiştir. İkinci adım olarak da 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) yapılmıştır. 1990 yılına gelindiğinde İkinci Dünya Konferansı'nda çerçeve sözleşmesi için Bakanlar Deklarasyonu onaylanmıştır.1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) sera gazı salınımlarının minimum seviyelere indirilmesi amacıyla imzalanmış ve 1994 yılından itibaren de uygulanmaya başlanmıştır.1997 yılında Kyoto Protokolü hazırlanarak 2005 yılında yürürlüğe girmiştir.⁵⁹

2.2.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

Küresel ısınmanın insan faaliyetleri kaynaklı olduğu ve bu faaliyetlerin iklim üzerindeki etkileri Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nde ortaya koyulmuştur. Birleşmiş Milletler, Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda 188 ülke ve AB'nin onaylaması ile 1994 yılında BMİDÇS yürürlüğe girmiştir. Böylece uluslararası arenada en önemli ve ilk adım atılmış oldu.

Sözleşmede, sanayi ve diğer sektörlerden kaynaklı sera gazlarından iklim sisteminin zarar gördüğü kabul edilmektedir. Sözleşme çerçevesinde amaç ve ilkeler ortaya konulmuştur

⁵⁹ Murat Türkeş, Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye, Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın 61,İstanbul,2001,s. 14-29.

ve ülkeler atmosfere saldıkları sera gazlarının etkisinin de farklı olması sebebiyle katlanmak zorunda oldukları yükümlülüklerde farklı olacağı görüşüyle Ek-I ve Ek-II olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Ek-I’ de yer alan ülkeler sera gazı emisyonu sınırlandırmak ve iklim değişikliği mücadelesinde aldıkları önlem ve uygulamış oldukları politikaları, emisyonlarla ilgili verileri BMİDÇS Sekreteryasına bildirmekle yükümlüdürler. Ek-II ülkeleri ise Ek-I’ de üstlenmiş oldukları yükümlülüklerin yanı sıra çevre dostu teknolojilerini taraf ülkelere aktarmak veya bu teknolojilere ulaşımını desteklemek, finanse etmek gibi hususlarda sorumlu tutulmuşlardır. Sözleşmeye 197 ülke taraftır. Sözleşme yürürlüğe girdiği zaman Türkiye her iki Ek’ te de yer almış olup 2001 yılında Fas Marakeş’te gerçekleştirilen 7.Taraflar Konferansı’nda ülkemizin tarihsel sorumluluk, ekonomik gelişmişlik seviyesi, insani kalkınma göstergesi vb. gibi özel durumları nedeniyle Ek-II’ den çıkarılmasına ve özel şartlar tanınarak Ek-I’ de yer almasına karar verilmiştir. Türkiye 24 Mayıs 2004 tarihinde taraf olmuştur.⁶⁰

Tablo 6:Birleşmiş Milletler Çerçeve Sözleşmesi Tarafları

Ek-I	Ek-II
Avustralya,Avusturya,Belçika,Belarus,Belçika,Bulgaristan,Kanada,Hırvatistan,Kıbrıs	Almanya,ABD,AB,Avustralya,Avusturya,Belçika,Büyük Britanya ve Kuzey İrlanda Birleşik Krallığı
Çekya Cumhuriyeti,Danimarka,AB,Estonya,Finlandiya, Almanya,Yunanistan,Macaristan,Fransa	Japonya, Portekiz Lüksemburg,Kanada,Norveç, Yunanistan, Yeni Zelanda,
Lüksemburg,İzlanda,İrlanda,Japonya,Letonya, İtalya,Liechtenstein,Litvanya, Malta	Danimarka,Finlandiya,Fransa,Hollanda,İrlanda,İspanya,İsveç,İsviçre,İtalya,İzlanda
Monako,Hollanda,Yeni Zelanda,Norveç,Polonya,Portekiz,Romanya, Rusya Federasyonu,Slovakya,	
Slovenya,İspanya,İsveç,İsviçre,Türkiye,Ukrayna,ABD, Büyük Britanya ve Kuzey İrlanda Birleşik Krallığı	

Kaynak: UNFCCC,2020

⁶⁰ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, BMİDÇS,(Çevrimiçi), <https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362> ,23.05.2021

2.2.2. Kyoto Protokolü

İklim değişikliğinin olumsuz yansımalarının gün geçtikçe daha fazla tespit edilir olması sebebiyle gelişmiş ülkelere uyulması zorunlu yükümlülükler verilebilmesi için BMİDÇŞ' ne üye ülkeler Kyoto Protokolü'nü (KP) müzakere etmeye başlamışlardır. KP, Kyoto'da 1997 yılında 3.Taraflar Konferansı'nda kabul edilmesine rağmen ancak 2005 yılında yürürlüğe girebilmiştir. Protokol ile birlikte BMİDÇŞ' nin eksiklikleri giderilerek niteliği güçlendirilmiştir.

Protokolün iki ek listesi vardır; Ek-A ve Ek-B. Ek-A listesinde emisyonu azaltılacak olan sera gazı listesi ve bu gazların kaynaklandığı sektörler yer almaktadır. Ek-B listesinde taraflar ve tarafların sayısallaştırılış salım sınırlama ya da azaltım yükümlükleri yer almaktadır. Protokolün 3.Maddesine göre Ek-A ülkeleri için ilk taahhüt dönemi olan 2008-2012 yılları arasındaki 1990 yılındaki düzeyinin %5 altına indirmekle sorumlu tutulmuşlardır. 8 Aralık 2012'de yapılan "Doha Değişikliği" ile Ek-B listesinde yer alan tarafların ikinci taahhüt dönemi için 2013-2020 yılları arasında emisyonlarını 1990 yılına göre en az %18 azaltılması kararlaştırılmıştır.126 ülke tarafından kabul edilmiş olup ancak Doha Değişikliği henüz yürürlüğe girmemiştir; değişikliğin yürürlüğe girmesi için toplam 144 kabul belgesi gerekmektedir.⁶¹ . Ülkemiz Protokol'e 2009 yılında taraf olmuştur ve sayısallaştırılmış emisyon azaltma taahhüdü bulunmamaktadır.

2.2.3. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları

Protokol çerçevesinde sera gazı azaltımlarının daha etkin gerçekleştirilmesi ve düzenlenmesi çerçevesinde esneklik mekanizmaları oluşturulmuştur.

1. Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism)
2. Ortak Yürütme (Joint Implementation)
3. Emisyon Ticareti (Emission Trading)

⁶¹ UNFCCC, Kyoto Protokol, (Çevrimiçi), https://unfccc.int/kyoto_protocol,17.04.2020

Tablo 7:Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları

Mekanizma Türü	Kyoto Protokolü Maddesi	Taraflar		Emisyon Birimi
		Yatırımcı (Karbon Alıcı)	Ev Sahibi (Karbon Satıcı)	
Temiz Kalkınma Mekanizması	12. Madde	Ek-B Ülkeleri	Ek-I Dışı Ülkeler	Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım (CER)
Ortak Yürütme Mekanizması	6.Madde	Ek-I Ülkeleri		Emisyon Azaltım Birimi (ERU)
Emisyon Ticareti	17.Madde	Ek-I Ülkeleri		Tahsislendirilmiş Miktar Birimi (AAU)

Kaynak: UNFCCC,2020

1.Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanizm):KP'nün 12.Maddesinde hukuki dayanağı ve ilkeleri belirlenmiştir. Ek-B listesinde emisyon azaltma veya emisyon sınırlama taahhüdü olan ülkelerin, Ek-I Dışı Ülkeler'de emisyon azaltma projesi uygulamasını sağlar. Bu tür projelerle, her biri bir ton CO₂'ye eşdeğer olan Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım Kredisi (Certified Emission Reduction-CER) kazanabileceklerdir. CER' lerin ticaretinin yapılmasından elde edilen gelirlerden %2'si BMİDÇŞ' nin "Uyum Fonu" na gelir kaynağı olmaktadır. Bu Fon iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı gelişmekte olan Taraf ülkelerin adaptasyon projelerini ve programlarını finanse etmek için kullanılmaktadır. Bu sayede, sürdürülebilir kalkınma ve emisyon azaltımlarını teşvik ederken, sanayileşmiş ülkelere emisyon azaltma sınırlama hedeflerine ulaşma konusunda biraz esneklik kazandırılmaktadır. TKM'nin 2019 Yönetim Kurulu Raporuna göre 2019 yılı itibariyle 8.100 den fazla projenin kayıtlı olduğu ve bu projelerden 2 milyardan fazla Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım Kredisi (CER) kazanıldığı bildirilmektedir.⁶²

2.Ortak Yürütme (Joint Implementation):Kyoto Protokolünün 6.Maddesinde belirtilen proje merkezli bir mekanizmadır. Ek-I ülkeleri kendi aralarında emisyonu minimum seviyeye düşüren projeler yaparak ya da yutak alanlarının artırılmasını gerçekleştirmektedir. Bu mekanizma ile gerçekleştirilen projeler sayesinde ülkeler emisyonlarda azaltım kaydederek

⁶² UNFCCC, About CDM,(Çevrimiçi), <https://cdm.unfccc.int/about/index.html>,18.04.2020

Emisyon Azaltma Birimi (Emission Reduction Unit-ERU) kazanmakta ve kazanılan bu birimler KP çerçevesinde ülkenin kendi belirlenmiş azaltım biriminden düşülmektedir.

3. Emisyon Ticareti (Emission Trading):Kyoto Protokolünün 17. Maddesi ile emisyon hedefi belirleme yükümlülüğü olan Ek-I Ülkeleri kendi aralarında Ek-B’de Tahsislendirilmiş Emisyon Miktarının (Assigned Amount Units-AAU) bir kısmının ticaretini yapabilecektir. Bu ticaret sonucunda satan ülkenin belirlenmiş emisyon azaltım birimi düşerken, satın alan ülkenin belirlenmiş azaltım birimi artmaktadır. Emisyon Ticareti, CDM ve JI mekanizmalarıyla kazanılan veya salınımı azaltmaya yönelik ihtiyacı olunan CER ya da ERU’ ların satışı yapıldığı mekanizmadır. ET’ yi diğer mekanizmalardan farklı kılan yanı ise piyasa temelli mekanizma olmasıdır. Bu piyasada taahhüdünü yerine getiremeyen bir taraf, taahhüdünü fazlasıyla yerine getiren başka bir taraftan ihtiyaç duyduğu azaltım miktarınca sera gazı sertifikası veya tahsisatı satın alarak taahhüdünü yerine getirecektir.⁶³

Türkiye, Kyoto Protokolündeki konumu nedeniyle esneklik mekanizmalarından yararlanamamaktadır. Bu mekanizmalardan ayrı olarak işleyen Gönüllü Karbon Piyasası’nda emisyon ticareti yapmaktadır.

2.2.4. Paris Anlaşması

Fransa’nın Paris Kentinde 2015 yılında gerçekleştirilen BMİDÇS 21.Taraflar Konferansı’nda (COP21) Paris Anlaşması kabul edilmiştir. Anlaşma 2020 sonrası süreç için iklim değişikliği tehlikesine karşı alınabilecek önlemlerin güçlendirilmesini hedeflemektedir. Uzun dönemli hedef olarak da ülkelerin, sera gazı salınımlarını Sanayi Devrimi öncesine oranla en fazla 2°C ile sınırlandırma sağlayacak şekilde azaltım politikalarını belirleyerek 1.5°C’lik bir sıcaklık artışı içerisinde kalmayı sağlayacak gayreti de göstereceklerdir. Bu anlaşmanın en önemli özelliği ise iklim değişikliğiyle mücadelede gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere farklılaştırılmış sorumluluklar vermesidir. Buna göre ülkeler küresel iklim aksiyonlarına kendi imkanları çerçevesinde katkı sunmaları sağlanmış olacaktır.

Türkiye, “Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanı” nı 30 Eylül 2015 tarihinde Sözleşme Sekreteryasına sunmuştur ve Paris Anlaşması’nı 22 Nisan 2016 tarihinde imzalamıştır. Beyanda yer alan Referans senaryoya (Business as Usual-BAU) göre sera gazı emisyonlarında 2030 yılında %18 ile %21 oranına kadar azaltım öngörülmüştür. Beyan ile

⁶³ Hakan Tunahan, Küresel İklim Değişikliğini Azaltmanın Bir Yolu Olarak Karbon Finansmanı, **Muhasebe ve Finansman Dergisi**, 46, 2010, s.203,

yürütülmesi öngörülen plan ve politikalar başlıca; enerji, sanayi, ulaştırma ve tarım sektörlerinde, ayrıca kentsel dönüşüm, yutak alan, atık gibi hususlarda yapılmıştır. Paris Anlaşması, TBMM’de halen daha onaylanmadığı için Türkiye henüz resmi olarak anlaşmanın tarafı olmamaktadır. Bunun sebebi olarak da Türkiye’nin gelişmekte olan bir ülke konumunda olmasına rağmen, BMİDÇS’de gelişmiş ülke grubunda olması nedeni ile Paris Anlaşması’nın sağladığı yardımlardan faydalanamıyor olmasıdır. Finans ve teknoloji desteklerine ulaşabilmek için benzer konumda olan ülkelerle aynı muamele görmek istemesidir.⁶⁴

2.3. İklim Değişikliği ile Mücadelede Karbon Fiyatlandırması

2000’li yılların başlangıcıyla birlikte iklim değişikliği etkilerinin hızlanması düşük karbonlu kalkınma yollarına geçişi tetiklemiştir. Hükümetler çeşitli politika seçenekleri aracılığıyla bu geçişi sağlamaya çalışmaktadır. Bu seçenekler; öncelikle yenilenebilir enerji yatırımlarının desteklenmesi, fosil yakıt desteklemelerinin durdurulması, karbon salınım kaynaklarının hukuki düzenlemeye konu olması ve en önemlisi de toplumların iklim değişikliği okuryazarlığının artırılmasıdır. Tüm bu seçeneklerin yanı sıra en önemli politikanın karbon fiyatlandırma uygulamalarının desteklenmesi olacağı uzmanlar tarafından öne sürülmektedir. 2018 Nobel ekonomi ödülü sahibi olan William Nordhaus iklim değişikliğini uzun dönemli makroekonomik analizlere dahil etmiştir.

Yüksek karbon salınımı ve artan küresel ısınma karşısında önlemler alınması gerektiği tartışma konuları arasında yer almaya başlamıştır. İklimle mücadelede çözülmesi gereken sorunların azaltılması için piyasa temelli araçların ve kontrol uygulamalarının yaygınlaştırılması önemli bir konu haline gelmektedir. 2019 yılı itibarıyla, küresel sera gazı salınımı 34.1 Milyar ton seviyesine ulaşması da bu hususların dikkate alınmasının ne derece önemli olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır.⁶⁵

Karbon fiyatlandırması, maliyet, etkin şekilde azaltan bir yöntem olarak iklim değişikliğinin etkilerini kullanmaktadır. Hükümetler için de karbon fiyatlandırması hem gelir kaynağı hem de iklimle mücadele de önemli araçtır.

Dünya Bankası “Karbon Fiyatlandırması Durum ve Eğilimleri” raporunda mevcut karbon fiyatlandırma araçlarına ait güncel durumu içeren bilgiler aşağıda Şekil 6’da yer

⁶⁴ T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Paris Anlaşması,(Çevrimiçi), <https://iklim.csb.gov.tr/paris-anlasmasi-i-98587>,19.04.2020

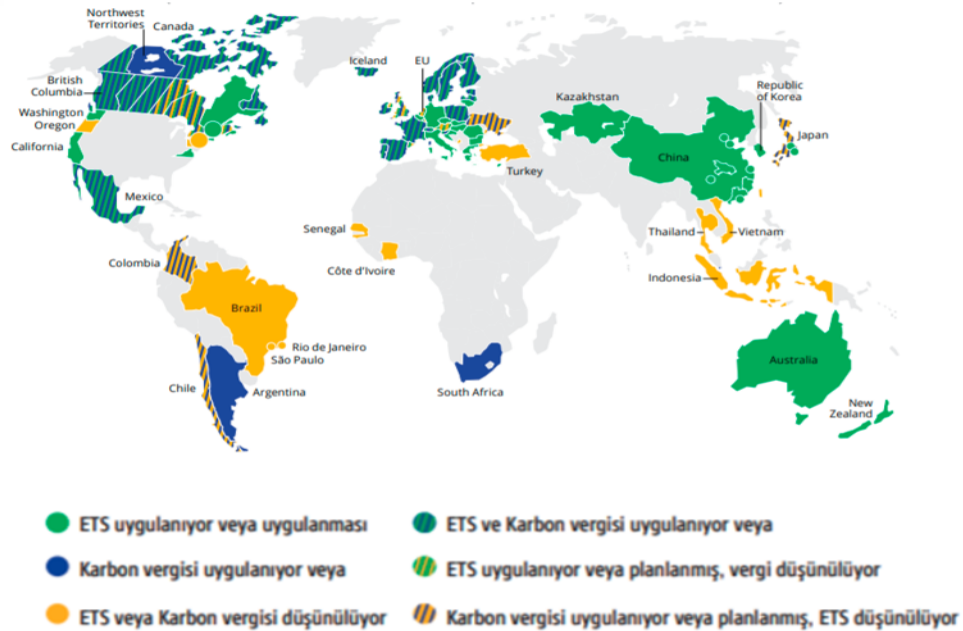
⁶⁵ BP, Statistical Review of World Energy, (Çevrimiçi), <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/co2-emissions.html>, 14.05.2021

almaktadır.⁶⁶ Karbon fiyatlandırma aracının seçimi, politik gerçekliklerdeki ulusal şartlara dayanmaktadır. Karbon fiyatlandırmasına ilişkin bir emisyon ticaret sisteminin mi yoksa verginin mi daha uygun olacağı ulusal ekonomik önceliklerle aynı seviyede olmalıdır.

Karbon fiyatlandırması, aynı zamanda hükümet politikasından çıkarak işletmelerin politikası haline de dönüşmüştür. Özel sektör şirketleri, yasal karbon fiyatlandırmasının olmadığı alanlarda dahili karbon fiyatlarını benimsemektedir. Dünya çapında sürdürülebilirlik raporlarından sadece biri olan Karbon Saydamlık Projesi (Carbon Disclosure Project, CDP) İngiltere’de 2000 yılında kurulmuştur. Bu proje kapsamında şirketlerin karbon salınımları hakkında onlardan bilgi toplayarak sera gazı emisyonlarının büyüklüğünü öğrenip daha sonrasında bu bilgileri yayınlamaya hem şirketlerin hem de yatırımcılar için faydalı bir bilgi sunmaktadır. 2020 yılı itibarıyla 110 trilyon dolar değerindeki varlığa sahip 590’dan fazla yatırımcı, şirketlerden CDP aracılığıyla bilgi talep etmiştir.⁶⁷ CDP tarafından açıklanan verilere göre 2020’de 9.600’den fazla şirket Karbon Saydamlık Beyanında bulunmuştur.⁶⁸

Dünyada çeşitli karbon fiyatlandırma uygulamaları bulunmaktadır; karbon vergisi, emisyon ticareti sistemi, gönüllü karbon piyasası, yenilenebilir enerji sertifikası ticareti ve CORSIA olarak sıralanabilir.

Şekil 6:Karbon fiyatlandırma araçlarına genel bakış (ETS ve karbon vergisi)



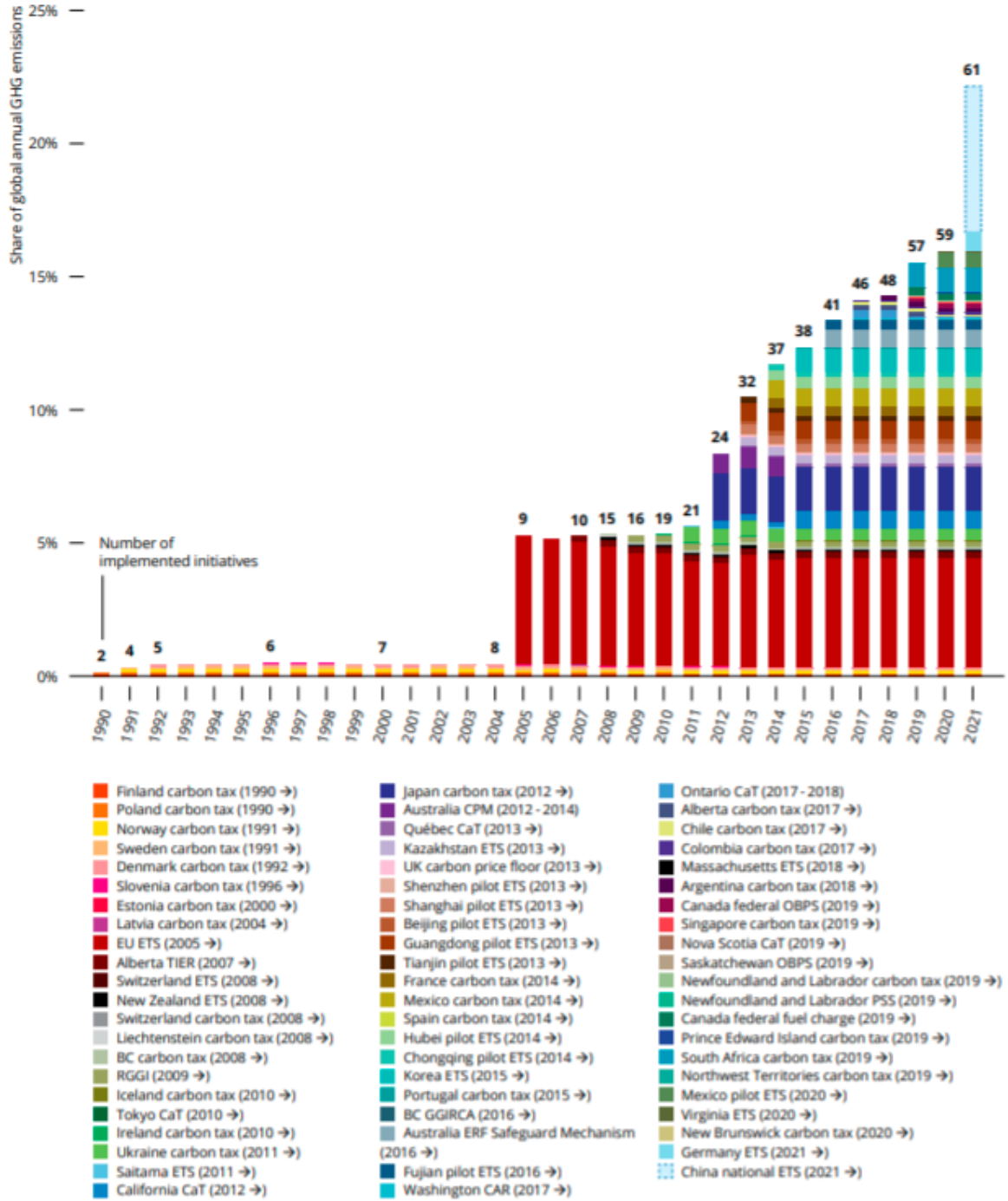
Kaynak: State and Trends of Carbon Pricing 2020

⁶⁶ PMR Turkey, Karbon Fiyatlandırması,(Çevrimiçi) <https://pmrturkiye.csb.gov.tr/raporlar/> ,15.05.2021

⁶⁷ CDP, What we do? (Çevrimiçi), <https://www.cdp.net/en/info/about-us/what-we-do> ,15.05.2021

⁶⁸ CDP, Companies Scores,(Çevrimiçi), <https://www.cdp.net/en/companies/companies-scores> ,15.05.2021

Şekil 7: Karbon fiyatlandırma girişimlerinin kapsadığı küresel emisyon payı



Kaynak: State and Trends of Carbon Pricing 2020

Dünya Bankası State and Trends of Carbon Pricing 2020 raporuna göre;46 ulusal ve 32 yerel bölgede karbon fiyatlandırma araçları kullanılmaktadır. Bu araçlardan 31 tanesi emisyon ticaret sistemi ve 30'u karbon vergisidir. Yine aynı raporda 2019 yılında karbon

fiyatlandırmasından elde edilen gelirden 45 milyon dolar artış yaşandığı belirtilmiştir. Şekil 7’de görüleceği üzere karbon fiyatlandırması girişimleri küresel emisyon payının %22’sini kapsamaktadır.

2.3.1. Karbon Vergisi

Karbon vergisi, karbon salınımı miktarı üzerinden alınan vergidir. Üreticiler, çevreye verdikleri zarar dolayısıyla karbon salınım miktarı başına vergiye tabi olurlar. Bu vergi yakıt fiyatlarına ekstra bir yük getirmektedir böylece kamu müdahalesiyle tüketicilere daha pahalı fiyat sunarak talebin azalması sağlanmaktadır. Böylece hem kaynaklar daha verimli kullanılacak hem de çevre kirliliği daha az olacaktır.

Arthur Cecil Pigou tarafından çevre kirleticilerin vergilendirilmesi görüşü ilk olarak öne sürülmüştür. Bu görüş kapsamında mağdur olan gruplarında mağduriyetleri giderilecektir. Literatüre “Pigou vergisi” olarak geçmiştir. Üretim ve tüketim sürecinde karbondioksit salınanlar karbon vergisinin yükümlüsü olmakta ve “kirliten öder” durumdadır.

Karbon vergisi sistemi ile istenilen çevresel sonuç, iklim değişikliğinin etkilerini asgari seviyeye indirerek karbon salınımını azaltmaktır. Vergilendirme birimi olarak ton karbondioksit başına birim fiyat olarak belirlenmektedir. Bir yandan bir karbon vergisi, belirsiz bir çevresel sonuca karşı ekonomik sistemdeki karbon fiyatını garanti eder. Karbon vergilendirmesi iyi tasarlanması durumunda düşük ekonomik maliyetlerle büyük ölçekte emisyonları azaltmak için bir teşvik sağlar.2019’da çok sayıda Nobel Ödüllü ekonomist ve Federal Rezerv’in eski başkanları dahil olmak üzere 3000’den fazla ekonomist, tarihteki en büyük ekonomist beyanında, karbon vergilerinin emisyon seviyelerini gerekli hız ve ölçekte düşürmek için en uygun maliyetli mekanizma olduğunu belirtmiştir.⁶⁹

Karbon vergileri, karbondioksit, metan, azot oksit ve florlu gazlar gibi farklı sera gazları türlerine uygulanabilir. Her ülkenin karbon vergisinin kapsamı farklıdır ve bu da verginin kapsadığı sera gazı emisyonlarının değişen paylarına neden olur. Örneğin, İspanya’nın karbon vergisi yalnızca florlu gazlar için geçerlidir ve ülkenin toplam sera gazı emisyonlarının yalnızca yüzde 3’ünü vergilendirir. Norveç ise tam tersine, son zamanlarda çoğu muafiyeti kaldırmış ve oranları düşürmüştür ve şu anda emisyonlarının yüzde 60’ından fazlasını kapsamaktadır. Karbon vergisi ilk olarak, Finlandiya ve Polonya’da 1990 yılında uygulanmış, bu ülkeleri Norveç ve

⁶⁹Climate Leadership Council, Economists’ Statement on Carbon Dividends (Çevrimiçi)
<https://clcouncil.org/economists-statement/> ,15.05.2021

İsveç takip etmiştir. 2020 yılı itibariyle en yüksek karbon fiyatı uygulayan ülke İsveç olup, onu İsviçre ve Lihtenştayn takip etmiştir..⁷⁰

Karbon vergilendirmesinde fiyatlar bölgeden bölgeye oldukça fazla değişkenlik göstermektedir. İsveç, ton karbon emisyonu başına 133.26 \$ ile en yüksek karbon vergisi oranını alırken, onu İsviçre 104.65 \$ ve Lihtenştayn 105.69 \$ ve Finlandiya 72.24 \$ izliyor. En düşük karbon vergisi oranlarını Ukrayna 0.35 \$ ve Polonya'da 0.08 \$'dır..⁷¹

2.3.2. Emisyon Ticaret Sistemi

Kyoto Protokolü kapsamında geliştirilmiş zorunlu mekanizmalardan piyasa bazlı olan Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), makroekonomik emisyon azaltım seçenekleri içerisinde yer almaktadır. Protokole göre gelişmiş ülkeler (EK-B) arasında oluşan emisyon ticareti; emisyon azaltım yükümlülüğü ile daha fazla azaltım gerçekleştiren taraf ülkenin meydana gelen ek azaltımlarını diğer taraf ülkeye satma hakkını elde etmektedir. ETS kapsamında düzenlemeye tabi tutulan kuruluşlara verilen/ satılan her bir ton CO₂ eşdeğer sera gazı salım hakkına tahsisat denilmektedir.

ETS'de üst sınır ve ticaret ilkesi prensibi vardır. Buna göre, genel olarak sanayi sektörleri ile üretim tesisleri, enerji santralleri ve diğer tesisler tarafından salınabilecek belirli sera gazlarının toplam miktarı üzerinde bir üst sınır bulunmaktadır. Bu üst sınır dahilinde, fabrikalara sera gazı emisyonları için belirli ödenekler verilir ve herhangi bir fabrika, gerektiğinde bunları diğer fabrikalardan satabilir veya satın alabilir. Her yılın sonunda, her şirket veya fabrika, tüm emisyonlarını karşılamak için yeterli tahsisat sunmak zorundadır. Bunu yapmadığı takdirde, bir şirket ağır bir mali cezaya maruz kalacaktır.

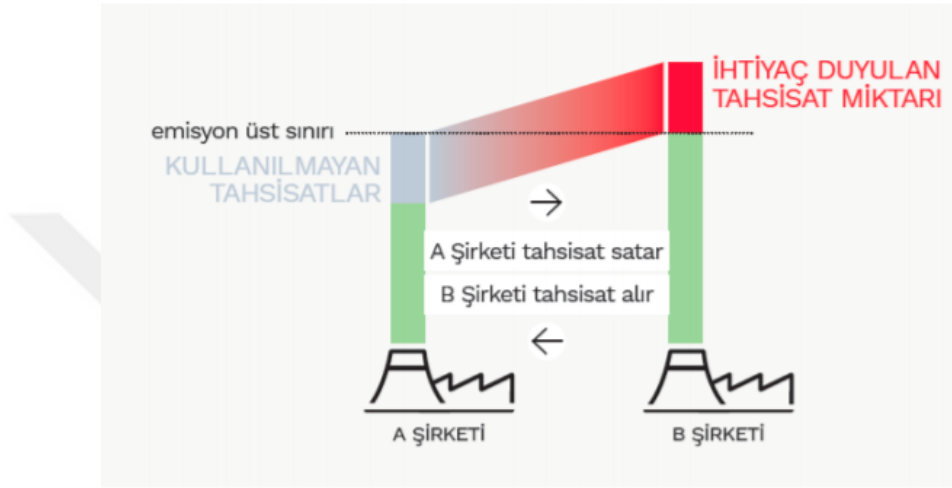
ETS içerisinde ilk uluslararası ticaret sistemi Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi'dir. Bu sistem 2005 yılında kurulmuştur. Günümüze kadar gelen süre de AB Emisyon Ticaret Sistemi'nin emisyon azaltımında etkili bir yapı olduğu görülmüştür. ETS kapsamında yer alan tesis veya kurumların emisyonları 2005-2019 yılları arasında %35 oranında azalmıştır. AB Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), AB'nin sera gazı emisyonlarının yaklaşık %45'ini ve küresel emisyonların yaklaşık %5'ini kapsamaktadır.

⁷⁰ World Bank, State and Trends of Carbon Pricing 2020,(Çevrimiçi)
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809> ,15.05.2021

⁷¹ World Bank, Carbon Pricing Dashboard,(Çevrimiçi)
https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data 15.05.2021

AB ETS, elektrik santralleri ve endüstriyel tesisler (petrol rafinerileri, çelik fabrikaları ve demir, alüminyum, metal üretimi, vb.) dahil olmak üzere yaklaşık 11.000 ağır enerji kullanan tesisten kaynaklanan karbondioksit (CO₂), azot oksit (N₂O) ve perflorokarbon (PFC) emisyonlarını kapsamaktadır. AB Emisyon Ticaret Sistemi dört aşaması bulunmaktadır; aşamaların ilki 2005-2007 yıllarını, ikinci aşama 2008-2012 yıllarını, üçüncü aşama 2013-2020 ve son aşama 2021-2028 yıllarını kapsamaktadır.

Şekil 8:Emisyon Ticaret Sistemi



Kaynak: PMR Türkiye

Gelişmekte olan ülkelerde sera gazı emisyonlarının azaltımı konusunda destek sağlamak ve piyasa temelli emisyon azaltım mekanizmalarının kullanılabilmesine yönelik “Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı” (Partnership for Market Readiness – PMR) destek programı Dünya Bankası tarafından 2011 yılında hayata geçirilmiştir. Program çerçevesinde; azaltıma yönelik piyasa mekanizmaları tartışılması için platform oluşturma, pilot emisyon ticaret mekanizmalarının desteklenmesi gibi amaçları bulunmaktadır. Programa 18 ülke dahil olup Türkiye ise 2013 yılında katılmıştır.⁷²

2013 yılından itibaren PMR çerçevesinde Türkiye için karbon fiyatlandırma mekanizmaları ve yeşil sertifika gibi emisyon azaltım sistemleri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu sistemlerin uygulanması durumunda ortaya çıkabilecek ekonomik ve sektörel etkiler belirlenerek ülkemizde karbon fiyatlandırma politikalarının uygunluğu hakkında sonuç rapor hazırlanacaktır.

Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı Türkiye Projesinde, Türkiye için en uygun karbon fiyatlandırma mekanizması olarak emisyon ticaret sistemi önerilmiştir. Bu öneri

⁷²PMR Türkiye, Hakkımızda,(Çevrimiçi), <https://pmrturkiye.csb.gov.tr/pmr-programi/> ,22.05.2021

Projenin 1.Fazında karbon fiyatlandırma politikaları ve ülkemizde uygulanması konusunda yapılan çalışmalar sonucu elde edilmiştir. Proje 2.Fazında pilot bir ETS sistemi için ülkemizde yasal ve kurumsal altyapının geliştirilmesi, kayıt sistemi yazılımı altyapısının geliştirilmesi, emisyon üst sınırın belirlenmesi ve Paris Anlaşmasının Türkiye açısından Madde 6'nın değerlendirilmesi gibi hususlar ele alınmıştır.⁷³

2.3.3. Gönüllü Karbon Piyasası

Gönüllü Karbon Piyasası, Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları dışında bağımsız olarak işlemektedir. Karbon Denkleştirme Piyasası olarak da bilinen bu piyasada katılım gönüllülük esasına dayalı olup devlet kurumlarından, özel sektörden ve bireylerden oluşan katılımcı portföyüne sahiptir.

Gönüllü emisyon ticaretinde Kyoto Protokolüne taraf olmayan ülke ve Protokolde yer almayan sektörler yer almaktadır. Bu piyasada işlem gören emisyon kredilerine Doğrulanmış Emisyon Azaltım (Verified Emission Reduction- VER) sertifikası adı verilmektedir. Bir VER, bir ton CO2 azaltımına eşdeğerdir. VER projeleri ile azaltılan en yaygın sera gazı emisyonları karbondioksit emisyonları ve metan emisyonlarıdır. Emisyon sertifikaları organize bir piyasa veya tezgah üstü piyasalarda (over-the-counter markets) işlem görmektedir.

VER'ler herhangi bir yasa veya yönetmelik tarafından zorunlu tutulmamaktadır, ancak bir kuruluşun iklim değişikliğini hafifletme çabalarında aktif rol alma arzusundan kaynaklanmaktadır. VER sertifikası sahibi kuruluşlar sera gazı emisyonu yapan kuruluşlara kredilerini satarlar. Bu sayede, karbon emisyonlarını denkleştirmiş olurlar. VER'ler yasal sınır ve ticaret programlarında zorunlu emisyon azaltmalarını dengelemek için kullanılamaz.

Doğrulanmış emisyon azaltmaları (VER'ler), esasen bir üçüncü taraf sertifikasyon standardına göre bağımsız olarak denetlenen (yani doğrulanan) bir projeden kaynaklanan sera gazı emisyonlarıdır. Doğrulama yapan kurumlardan bazıları şunlardır; Gold Standart, VER+, VCS, Green-e, CCX, CCB Standart, Climate Neutral Network ve Greenhouse Friendly. Gold Standard ve VCS tarafından Türkiye'deki VER sertifikaları oluşturulmaktadır.

Türkiye, Kyoto Protokolü esneklik mekanizmalarından yararlanamamasına rağmen 2005 yılından itibaren gönüllü karbon piyasalarından yer almaktadır. Türkiye'de yasal dayanağı Çevre Kanunu olan "Gönüllü Karbon Piyasası Proje Kayıt Tebliği" Gönüllü Karbon Piyasası projelerini kaydetmenin prosedürlerine ve prensiplerine ait düzenlemeleri gerçekleştirmektedir.

⁷³ PMR Türkiye,Raporlar,(Çevrimiçi), <https://pmrturkiye.csb.gov.tr/raporlar/> ,22.05.2021

Tebliğe göre, doğrulanmış karbon sertifikası elde eden proje sahiplerinin; Çevre ve Şehircilik Bakanlığına kayıt olmaları, projelerine ait proje tasarım belgesi, onaylama raporu ve doğrulama raporlarını projenin karbon sertifikasının elde edilmesinin akabinde 30 gün içerisinde Bakanlığa iletmeleri gerekmektedir.⁷⁴

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından en son 18.04.2014 tarihinde raporlanan verilere göre Türkiye’de Gönüllü Karbon Piyasalarına kayıtlı 308 adet proje bulunmaktadır. Bu projelerin birçoğu yenilenebilir enerji kaynaklıdır. Türkiye için Gönüllü Karbon Piyasalarında PMR Türkiye tarafından hazırlanan raporda Gold Standart (GS) ve Voluntary Carbon Standart (VCS) tarafından sağlanan verilere göre Türkiye’ de Doğrulanmış Emisyon Azaltım (VER) sertifika sayısı Nisan 2020 itibariyle 39.623.455 tondur.⁷⁵Türkiye’nin Gönüllü Karbon Piyasasındaki çabaları kurulması planlanan bir emisyon ticaret sistemi için güçlü bir zemin hazırladığı düşünülmektedir.

Tablo 8:Gönüllü Karbon Piyasası Projelerin Sektörlere Göre Dağılımları

Proje Türü	Sayısı	Yıllık Emisyon Azaltımı (tCO2/yıl)
Hidroelektrik Santrali	159	8.747.634
Rüzgar Santrali	106	7.951.391
Atıktan Enerji Üretim/Biyogaz	27	3.069.273
Enerji Verimliliği	10	432.081
Jeotermal	6	405.309
TOPLAM	308	20.605.688

Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

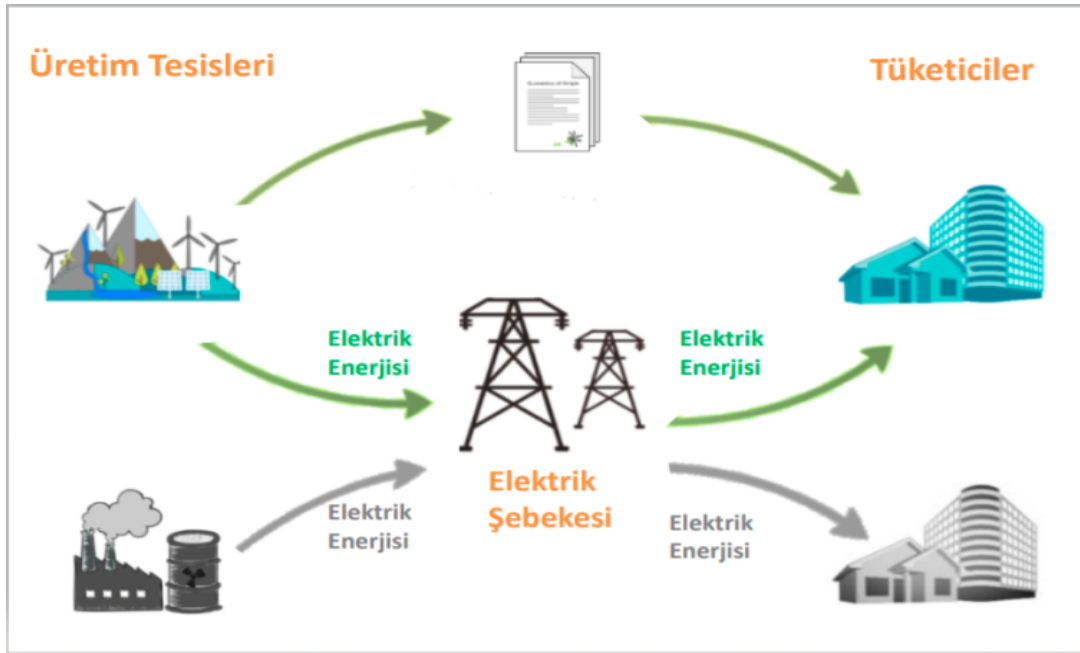
2.3.4. Yenilenebilir Enerji Sertifikası Ticareti

Yenilenebilir Enerji Sertifikaları (YES), yenilenebilir enerji kaynaklardan elektrik üreten bir üreticinin bu enerji kaynağından bir megavat-saat (MWh) elektriğe sahip olduğunu belgeleyen piyasaya dayalı bir araçtır. YES’lerin kullanım hakkı sadece bir kuruluşa ait olup ticareti bir seferlik yapılmaktadır. Üretilen enerji şebekeyi besledikten sonra, bu değer sertifikalandırılıp açık piyasada satılabilmektedir.

⁷⁴ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Gönüllü Karbon Piyasaları, (Çevrimiçi), <https://iklim.csb.gov.tr/gonullu-karbon-piyasalari-i-4391> ,19.05.2021

⁷⁵ PMR Türkiye, Raporlar,(Çevrimiçi), <https://pmrturkiye.csb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/12/Turkiye-Mevcut-Durumunun-Degerlendirmesi.pdf> ,19.05.2021

Şekil 9:Yenilenebilir Enerji Sertifikası Ticareti

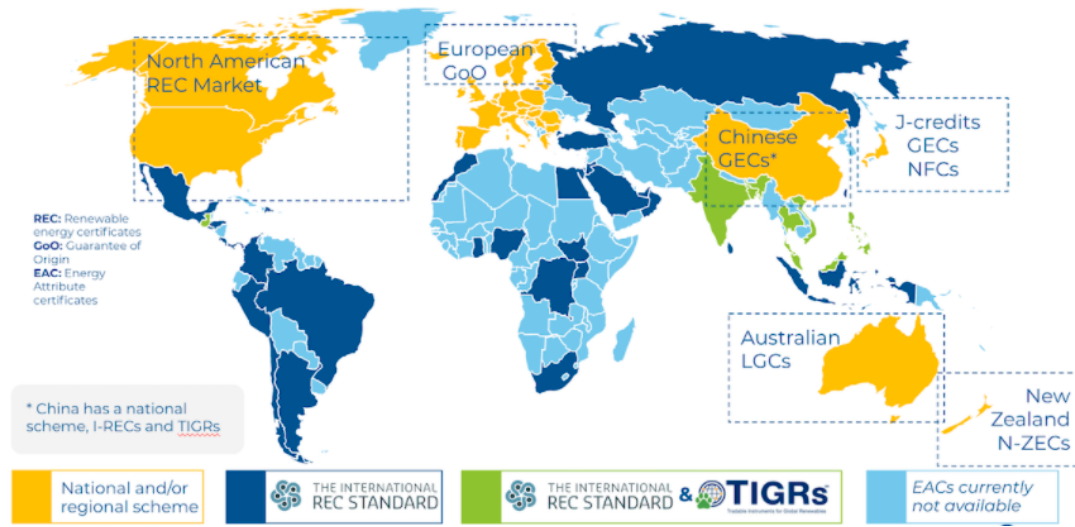


Kaynak: EPIAŞ

Yenilenebilir Enerji Sertifikası Ticareti zorunlu bir piyasa aracı değildir. Ancak bazı ülkelerde geçerli olan yenilenebilir elektrik kullanımına özgü mevzuatsal kısıtlamalar, nedeniyle YES'ler zorunlu sera gazı azaltımında kullanılmaktadır. Gönüllü karbon piyasası ile hacim ve kredi fiyatları gibi konularda benzerlik göstermektedir. Farklılık gösteren hususlar ise öncelikle ölçü birimi, kullanım amacı ve kaynaktır.

Yenilenebilir Enerji Sertifikaları standartları, dünya genelinde, bölgeden bölgeye ve ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir. Örneğin Kuzey Amerika'da uygulanan standart RECs (Renewable Energy Certificates), Avrupa genelinde uygulanan standart ise GO (Guarantees of Origin)'dir. Öte yandan bir diğer standart ise I-REC(International Renewable Energy Certificates)'tir. I-REC, bizim de aralarında bulunduğumuz gelişmekte olan bazı ülkelerde üretilen yenilenebilir elektriğin niceliğine yönelik geliştirilmiş bir gönüllü yenilenebilir enerji sertifika standartlarından biridir. GO, I-REC ve milli sertifikalar farklı isimler altında benzer ilkelerle çalışan yeşil sertifikalarıdır ve aynı amaca hizmet etmektedirler. Birçok ülkede hem I-REC hem de milli sertifika sistemi de kullanılmaktadır. Buradaki önemli olan husus aynı yenilenebilir elektrik niteliğinin iki defa kullanılmamış olması.

Şekil 10:Dünyada Yenilenebilir Enerji Sertifikası Uygulamaları



Kaynak: South Pole

Türkiye’de yenilenebilir enerji sertifikası 2015 yılından itibaren uluslararası (I-REC) çerçevesinde işlemektedir. Milli yenilenebilir enerji sertifika sistemi için çalışmalar tamamlanmış olup Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun (EPDK) tüketicilerin satın aldığı elektriğin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretildiğini ispat eden Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti (YEK-G) Sistemi Kurul onayından geçmiştir. Haziran 2021’de YEK-G sistemi ve organize YEK-G piyasası devreye alınmıştır.⁷⁶

YEK-G sistemi ve organize YEK-G piyasasının Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ) tarafından kurulması ve işletilmesi, mali işleri yürütmek üzere merkezi takas kuruluşu olarak İstanbul Takas ve Saklama Bankası (Takasbank) görevlendirilmiştir. EPIAŞ, bu sistem ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen her MWh elektriği sertifikalandırarak talep eden üreticilere e-YEK-G belgesi düzenleyecektir. Düzenlenen bu belgelerin ticareti yapılarak piyasada serbest fiyat oluşumu sağlanacaktır.

Türkiye için “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik” de görüleceği üzere GO sistemine uygun bir altyapının oluşturulması amaçlanmıştır. Milli sertifika sistemi akabinde hedef Avrupa Enerji Sertifika Sistemi kapsamındaki İhraç Kuruluşları Derneği (Association of Issuing Bodies - AIB) üyeliği ve GO standartlarına erişerek 2022-2023 yıllarında GO sistemine geçilmesi öngörülmektedir. Tüm bu

⁷⁶ EPDK, Yeşil Sertifika Piyasası Geliyor,(Çevrimiçi) <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/2-9224/yesil-sertifika-piyasasi-geliyor> ,16.05.2021

alışmalar karbon piyasasına ön hazırlık niteliği taşıyacak olup ilerleyen dönemlerde ülkemizin yurt dışı karbon piyasaları ile entegre hale gelmesini sağlayacaktır.⁷⁷

2.3.5. Uluslararası Havacılığa Yönelik Karbon Denkleştirme ve Azaltma Şeması (CORSIA)

Havacılık, küresel CO₂ emisyonlarının % 2'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Havacılık sektöründe uçak yakıtlarından kaynaklı sera gazı emisyonları sektör kuruluşlar ve ülkelerin isteksizliği nedeniyle uluslararası iklim anlaşmaları kapsamına dahil edilmemiştir. Paris Anlaşması'nın iklim değişikliği ile mücadelede tüm sektörlerde yarattığı uyum sağlama süreci çerçevesinde Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organization– ICAO)'nü önlemler almaya yönlendirmiştir.

ICAO; 2016 yılında düzenlenen 39.Konsey Toplantısında, 2020 yılından itibaren uluslararası havacılık faaliyetlerinden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarını azaltmayı hedefleyen Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation– CORSIA Programını kabul etmiştir. Bu program havacılık endüstrisinin 2020'den sonra uluslararası uçuşlarda tüm büyümeyi "karbon nötr" kılmak için "arzu edilen hedefine" ulaşmasına yardımcı olmak için tasarlanmış piyasa temelli karbon fiyatlandırma aracıdır.

192 lke tarafından kabul edilen program 2021 yürürlüğe girmiştir. Programın taraf ülkeleri için 2018 yılında “Standart ve Tavsiye Edilen Uygulamalar (Standard and Recommended Practises – SARPs)” kabul edilmiştir. Bu sayede her ülke belirli kurallar çerçevesinde sorumluluklarını yerine getirecektir. Üye lkeler uluslararası havacılık emisyonlarını izleme sorumluluğu getiren program çerçevesinde 1 Ocak 2019 itibariyle emisyon izlemeye başlayacaktır.1 Ocak 2021 yılında gönüllü pilot evresi için uluslararası uçuşların dörtte üçünü temsil eden 88 ülke bu ilk pilota evreye katılmak için gönüllü olmuştur.⁷⁸ Pilot evrede yer alan ülkeler daha sonra pilot aşamasına benzer şekilde 2024'ten 2026'nın sonuna kadar sürecek olan ilk resmi aşamasına geçecekler. Bu iki aşamada, devletler, önceki Haziran ayına kadar ICAO'ya bildirimde bulundukları sürece, herhangi bir yılın başında programa katılmaya veya geri çekilmeye karar verebilirler. Yani pilot ve birinci aşama

⁷⁷ Shura Enerji Dönüşümü Merkezi, Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Sertifikalandırma ve Ticaret Sistemi Nasıl Olmalıdır?” Webinar Özet Raporu, (Çevrimiçi) <https://www.shura.org.tr/shura-webinar-ozet-raporu-turkiyede-yenilenebilir-enerji-sertifikalandirma-ve-ticaret-sistemi-nasil-olmalidir/> 27.07.2020

⁷⁸ ICAO,CORSIA,(Çevrimiçi),<https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/state-pairs.aspx>, 16.05.2021

gönüllölük esasına dayalı olacaktır.2027'nin başından 2035'in sonuna kadar olan ikinci aşama, tüm ICAO üyeleri için zorunlu olacaktır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

EKONOMİK BÜYÜME VE MODELLERİ

3.1.Ekonomik Büyüme

Makro iktisadın en önemli konularından biri olan ekonomik büyüme olgusunu ilk inceleyen kişi iktisadın babası olarak bildiğimiz Adam Smith'tir.⁷⁹ Birçok iktisatçı tarafından da çalışmalara konu olan ekonomik büyüme kavramının aynı zamanda birçok tanımı bulunmaktadır.

Ekonomik büyüme, belli bir dönem içerisinde bir ülkede üretilen nihai mal ve hizmet miktarında meydana gelen artışı gösterir. Bu artışın kişi ve ülkeler açısından güç ve gelir düzeyinde gözlemlenebilen (nüfus, sermaye, tasarruf ve milli gelir) çeşitli göstergeleri ifade ettiği bilinmektedir. Bir ülkede büyümeden söz edebilmek için üretim kapasitesindeki uzun dönemli artışların nominal olmayıp, reel olması gerekmektedir.⁸⁰ Bir diğer ifadeyle de sayısal ve niceliksel artış yaşanmasıdır.⁸¹

Bir başka tanımda ekonomik büyüme; “iktisadi hayatın temel verilerinde (işgücü, tabii kaynaklar, teçhizat),fert başına bir yıldan öbürüne daha yüksek bir reel gelir sağlayacak şekilde devamlı artışlardır” olarak tanımlanmıştır.⁸²

Diğer bir tanım da ise ekonomik büyüme; emek ve sermaye faktörlerinin arz artışları veya üretimde kullanılan faktörlerin milli gelirden yaptığı artışın birim başına düşen hâsıla oranındaki artışa bağlanmasıdır.⁸³

Genel olarak ekonomik büyümeden söz edebilmek için kişi başına düşen hasıladaki artışın süreklilik göstermesi gerekmektedir. Artışı gerçekleşmeyen bir hasıla sonucu ekonomik durgunluk ve ekonomik büyüme gerçekleşmeyecektir. Ekonomik büyüme uzun dönemli dinamik bir olgu olması sebebiyle ülkenin sahip olduğu üretim kapasitesinin genişlemesi veya

⁷⁹ Erdal M. Ünsal, “İktisadi Büyüme”, İkinci Baskı, Ankara,BB101 Yayınları,2016,s.11

⁸⁰ Ali Özgüven, “İktisadi Büyüme İktisadi Kalkınma Sosyal Kalkınma Planlama ve Japon Kalkınması”, Birinci Baskı, İstanbul, Filiz Kitabevi,1988,s.36

⁸¹ Freyssinet Jacques, “Azgelişmişlik İktisadi”, Çev. M.Ali Kılıçbay Tezer-Tezer Öcal, Gazi Üniversitesi Yayınları,1985,s.124

⁸² Sabri F. Ülgener, “Milli Gelir, İstihdam ve İktisadi Büyüme”, Yedinci Baskı, İstanbul, Der Yayınları,1991,s.409-410.

⁸³ Magnus Blostrom, Robert Lipsey and Mario Zejan “Is Fixed Investment the Key to Growth?”, Quarterly Journal of Economics,1996, C.111,s. 732.

daha verimli kullanılması ile ortaya çıkabilecektir. Bu nedenle de ekonomik büyüme makroekonomik açıdan ülkenin arz cephesi tarafından belirlenmektedir.⁸⁴

Büyüme kavramı yerine yazı ve konuşma dilinde zaman zaman kalkınma ve gelişme kavramlarının kullanıldığı görülmektedir. Ancak iktisadi olarak bu kavramlar arasında farklılık bulunmaktadır. Büyüme kavramı, üretimin kapasitesinde niceliksel olarak ölçülebilen artış miktarıdır; kalkınma ise üretimin artmasının dışında, bir toplumda iktisadi ve sosyo-ekonomik yapının da değişmesi ve yenilenmesi refah seviyesinde beliren yükseliş anlamına gelmektedir. Yani kalkınma hem niceliksel hem niteliksel bir kavramdır.⁸⁵

3.2.Ekonomik Büyümenin Kaynakları

Ekonomik büyüme, ülkenin üretim faktörlerine yenilerinin eklenmesi ve üretim faktörlerinin verimli kullanılmaya başlanması sonucu iki şekilde meydana gelir. Bu nedenle, ekonomik büyüme, ekonominin üretim potansiyeli ve verimliliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin yakınlığından söz edilmektedir.

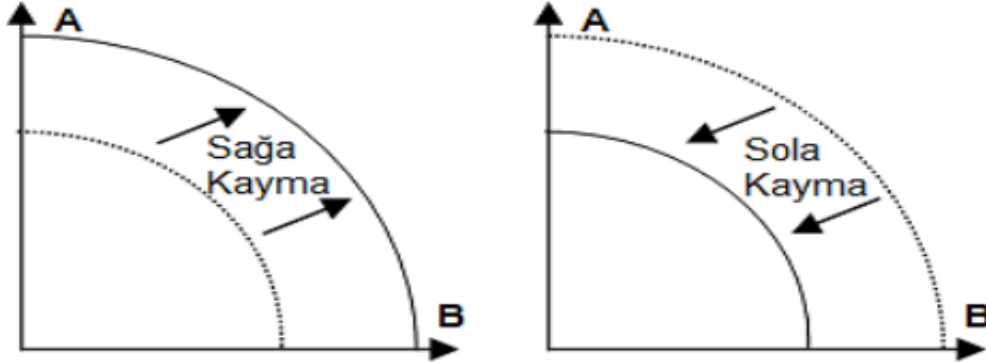
Üretim fonksiyonu ile ekonomik büyüme süreci açıklanabilmektedir. Üretim fonksiyonu; üretimdeki teknoloji sabit iken belirli bir zaman içerisinde harcanılan üretim faktörleri miktarları ile bu zaman zarfı içerisinde üretilebilen ürünün maksimum miktarı arasında oluşan ilişki olarak tanımlanmaktadır. Makro düzeyde üretim fonksiyonu bileşenleri; işgücü (L), sermaye stoku (K), doğal kaynaklar (N) ve teknoloji (T)'dir. Fonksiyonu $Y = f(\Delta L, \Delta K, \Delta N, \Delta T)$ şeklinde ifade edilir.

Üretim olanakları eğrisi sayesinde mevcut teknoloji ve üretim faktörleri kullanılarak üretilebilecek mal ve hizmetlerin alternatifleri gözlemlenebilmektedir. Bu eğri, bir ekonomide teknoloji ile üretim faktörlerinin sabit olduğu ve atıl kaynakların var olmadığını kabul etmektedir. Eğride sağa kaymalar ekonominin büyümesini sola kaymalar ise ekonominin küçülmesini ifade etmektedir.

⁸⁴ Aykut Kibritçiöğlu, “İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşeri Sermayenin Yeri”, *AÜ Siyasal Bilimler Fakültesi Dergisi*, C.53,N:1-4,1998,s.207-230

⁸⁵ Ergül Han, A. Ayşen Han, “**Kalkınma Ekonomisi; Teori ve Politika**”, Etam Matbaa, Eskişehir,2002,s.6

Şekil 11: Üretim Olanakları Eğrisi ile Ekonomik Büyüme Sürecinin Açıklanması



Kaynak: İ.Ü. AUZEF İktisadi Büyüme ve Kalkınma Ders Notu

3.2.1. İşgücü

İşgücü, insanların üretim yaparken kullanmak zorunda oldukları fiziksel ve düşünsel yetilerin tümüdür. Klasik üretim fonksiyonlarındaki emek (L) faktörü bilgi, beceri, deneyim ve yetenek düzeyi hakkında içeriğe sahip değildir. Buradaki işgücü, ortalama yetenek düzeyindeki fiziki emeği ifade etmektedir.

İstatistiki olarak ise 14 yaşından büyük ve 65 yaşını aşmayan kazanç getirici bir işte çalışan nüfus işgücü anlamına gelmektedir. İşgücüne dahil olan gruplar işverenler, ücretliler, kendi hesabına çalışanlar, işsizlerdir. İşgücüne dahil olmayanlar ise hiç çalışmayan ve hiç çalışamayanlardır.

Bir ülkenin potansiyel emek arzını işgücü belirler. Bu nedenle işgücüne katılım oranı, ekonomik büyüme açısından önemlidir. Nüfus artışına bağlı olarak artan iş gücü emeğin marjinal verimliliğini, ortalama verimlilikten daha hızlı arttığında iktisadi büyümeyi olumlu etkileyecektir. Aynı zamanda nüfus talep yönünde yani tüketim ve üretileni bölüşüm sürecinde de yer almaktadır. Böylece nüfus, ekonomik faaliyetleri etkileyen ve etkilenen konumunda olmaktadır.⁸⁶

İşgücünün fazla olması üretimi artırarak ekonomik büyümeye katkı sağlarken aynı zamanda işgücünün alanlarında iyi eğitimler almış donanımlı, teknolojiye ayak uyduran kişilere sahip olması da verimliliği olumlu yönde etkilemektedir. Romer bu durumu şöyle açıklamıştır; bir ülkenin nüfusu ne kadar fazla ise üretim süreci sonucunda ortaya çıkan bilginin sebep olduğu

⁸⁶ Elife Akiş, İktisadi Büyüme ve Kalkınma, (Çevrimiçi),
http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/iktisat_ao/iktisadibuyumevekalk.pdf ,25.05.2020

dışsalılıklardan faydalanan insanların sayısı da o kadar fazla olacaktır. İnsanlar tarafından daha fazla bilginin kullanılması da beşeri sermaye stoğunu artırarak büyümeye olumlu katkı sunacaktır.⁸⁷ Böylece beşeri sermaye, yeni teknolojilerin keşfedilerek, etkin kullanılması, benimsenmesini sağlayıp ekonomik büyümeyi arttırıcı bir unsur haline getirmektedir.⁸⁸

3.2.2. Sermaye

Sermaye, mal üretmek amacıyla kullanılan makine, fabrika, teçhizat gibi fiziksel araçlar olarak tanımlanmaktadır. Bir başka ifade ile üretim artışına katkı sağlayan tüm mallar olarak ifade edilebilir. Üretimi gerçekleştirerek büyümeyi sağlayan kaynaklardan en önemlisi sermayedir.

Sermaye birikimi, bireylerin gelirlerinin bir kısmını tasarruf ederek yapmış oldukları yatırımlardır. Sermaye birikimindeki artış ülkelerin üretim kapasitelerini genişleterek daha fazla üretim yapabilmelerini sağlamaktadır. Böylece ekonomik büyüme gerçekleşip daha fazla gelir elde etmiş olurlar. Yeterli sermaye, üretim sürecinde kullanılmadığı takdirde üretimdeki verimliliğin düşeceği bilinmektedir. Üretimde oluşan düşük verimlilik de belirli bir zaman sonra ekonomik büyümede negatif etki yaratacağı bilinmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde kişi başına düşen gelir kişilerin temel ihtiyaçları için kullanılmasından dolayı kamu ve yatırım harcamaları çok düşük seviyelerde kalmakta ve sermaye birikimi yavaş artmaktadır. Sermaye birikimindeki yetersizliğin yeni yatırımlarla giderilebilmesi için de tüketimin azaltılması gerekmektedir. Ülkeler için sermaye birikimi yetersizliği ekonomik büyüme üzerindeki en önemli engel olmaktadır.

A. Smith'e ekonomik büyüme ile verimlilik artışını sağlamak için uzmanlaşma ve işbölümünün gerçekleşmesi sermaye birikimini gerektirmektedir. Yatırımlar Klasik iktisatçıların yanı sıra Keynesyen ve Post-Keynesyen iktisat yaklaşımlarında da ekonomik büyümenin temel bir parçası olarak ele alınmaktadır. Post-Keynesyen yaklaşımda talepteki artış yatırımları tetiklemekte ve yatırımlar neticesinde oluşacak içsel ve dışsal ekonomiler vasıtasıyla ekonomik büyüme ve verimlilik ivme kazanmaktadır. Aynı zamanda bu yaklaşımda yatırımların yeni teknolojik gelişmelerin meydana gelmesinde ve/veya yayılmasında önemli bir işleve sahip olduğu kabul edilmektedir.

⁸⁷ Paul Romer, “Increasing Returns and Long-Run Growth”, Journal of Political Economy, Cilt 94, S.5, 1986, s.1003

⁸⁸ Müge Manga vd. ,”Beşeri Sermaye, Fiziksel Sermaye ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: BRICS Ülkeleri ve Türkiye Örneği”, Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 24, Sayı 1, 2015, s. 46.

Genel anlamda, ekonomik büyümede sermaye birikimi yani yatırımların önemli olmasının başlıca sebepleri şunlardır;⁸⁹

- Ölçek ekonomileri ile artan getirinin temelini oluşturmaktan,
- Yeni teknolojilerin yaygınlaşmasını sağlayan temel bir araç olması,
- Tecrübe kazanarak, uygulamalı (yaparak) öğrenme imkânı sunma açısından,
- Sosyal sermaye ile çeşitli dışsallıkların temelini oluşturulmasından,
- Yüksek verimliliği sahip çalışma alanlarının oluşturulmasından.

3.2.3. Doğal Kaynaklar

Doğada hazır bulunan ve insanın dahil olmadığı her türlü toprak, yeraltı ve yerüstü zenginliklerdir. Toprağın, miktarının az olması, çoğaltılmasının ve başka yere taşınmasının imkansız olması en önemli özelliğini oluşturmaktadır. Ülkenin coğrafi konumu ve yapısına, iklim şartlarına ve bitki örtüsüne göre doğal kaynakları değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle dünya üzerinde homojen bir doğal kaynak dağılımı yoktur. Doğal kaynaklar kıt olduğundan ekonomik üretimde etkin bir şekilde kullanılmalıdır. Bunun için de sermayeye, vasıflı emeğe ve teknolojiye ihtiyaç vardır.

Doğal kaynak bakımından zengin olmak ekonomiyi olumlu yönde etkilese bile tek başına ekonomik büyüme için yeterli değildir. Örneğin; zengin doğal kaynağa sahip, mal ve hizmet üretiminde başarılı olamayan ülkelere karşılık sınırlı doğal kaynağa sahip bazı ülkeler başarılı ekonomik büyüme kaydedebilmişlerdir. Bunun sebebi teknolojik gelişmeler sayesinde kıt olan bu kaynaklardan maksimum fayda sağlayarak ekonomilerini bir adım daha öteye taşımışlardır.

3.2.4. Teknolojik Gelişme

Teknolojik gelişme bir malın üretilmesinde verili kaynakta daha büyük çıktı elde edilmesini veya verimlilik artışıyla birlikte daha düşük maliyetle üretilmesini sağlayan yeniliktir. Teknolojik gelişme; icat, yenilik ve yayılma olmak üzere üç kademe de incelenmektedir. İcat; yeni bir fikrin ortaya konması, yenilik; ortaya koyulan yeni fikrin kullanım aşamasına geçilmesi, yayılma ise kullanım aşamasına geçilen yeniliğin kullanıcılar ile firmalar arasında yaygınlaşması olarak özetlenebilir.

⁸⁹ Tuncer Bulutay, "Investment as the Fundamental Force of Development", **Investment and the Labour Market in Turkey: Proceedings of a Seminar Held in Ankara**", Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, 1995(b), s.5

Teknolojik gelişmeler beraberinde ekonomik, siyasal ve sosyal alanlarda önemli dönüşümleri de getirerek devrim etkisi yaratmıştır. Bu duruma ateş, tekerlek, yelkenli, barut, matbaa vb. birçok örnek sıralanabilmektedir. Modern dünyanın başlangıç noktasındaki sanayi devrimi ise, buhar gücü ve akabinde elektrik enerjisinden sonra bilgi teknolojisi ile üçüncü aşamasını oluşturmuştur. Sosyo-ekonomik gelişme süreci; birinci dalga tarım devrimi, ikinci dalga sanayi devrimi, üçüncü dalga ise enformasyon devrimi olarak belirtilmektedir.⁹⁰

Büyüme üzerine yapılan çalışmalarda 2.Dünya Savaşı sonrasında gerçekleşen büyümelerin genellikle teknolojik gelişme sonucunda gerçekleştiği görülmektedir. Teknolojik gelişmede yaşanacak süreklilik ile büyüyen ekonomi kişi başına düşen sermaye, kişi başına düşen reel gelir düzeylerini de artıracaktır. Böylece yeni teknikler geliştirilecek, yeni icatlar bulunacak, kaynaklar daha verimli kullanılarak reel üretim artacak ve büyüme gerçekleşecektir. Bu döngü birbirini tetikleyecektir.

Shumpeter, iktisat teorileri bakımından ekonomik büyümeye üzerindeki teknolojik gelişmenin etkisine değinen ilk iktisatçı olmuştur. Shumpeter, yeni ürünler üzerinden oluşacak rekabetin halihazırdaki mevcut ürünlerin fiyatları üzerinde yapılacak marjinal değişikliklerden daha yararlı ve önemli olacağını ifade etmiştir. Schumpeter sanayi devrimi sonucunu negatif bir tavırla şu şekilde belirtmiştir; günümüzdeki toplulukların ortaçağda yaşayan topluluklardan daha mutlu olmadığını ve kapitalist sürecin, insan yaşamını beter etme sürecinde olduğunu meydana gelen bu durumun insanları kendi yöntemleriyle bir başına bıraktığını ileri sürerek tüm ekonomiler için rekabetçi üstünlüğün teknolojik gelişmelerden kaynaklandığını ileri sürmüştür.

Marx da Shumpeter'e katılarak yeniliklerin kapitalist ekonomide rekabetçi üstünlüğün ilk baş sırasında geldiğini belirterek, kalkınma süreçlerine teknolojik gelişmenin etkisini incelemiştir. Marx'sist yaklaşımda teknolojinin ekonomik büyümeye etkisi sınıf ilişkileri kapsamında ele alınmıştır. Spesifik bir üretim tarzı olarak kapitalist emek süreci analizinde teknoloji merkezi bir konumdadır. Marx'a emeği öncelikle insan ile doğa arasında bir ilişki içerisinde olduğunu kabul etmektedir. İnsan ihtiyaçları çerçevesinde bir şeyleri üretirken doğayla olan bağı tamamen kendisi düzenler ve yönetir. İnsan, üreteceği işi önce tasarlar ve

⁹⁰ Alvin Toffler ve Heidi Toffler, "Yeni Bir Uygarlık Yaratmak", Çev. Zülfü Dicleli, İnkılap Kitabevi. İstanbul, 1996, s.5

bu plan programla emek sürecinin sonunda tüm bilgi beceri ve yaratıcılığını kullanarak bir kullanım değeri yaratır.⁹¹

Ekonomik büyüme sürecinde kaynak ayırmada yapılan kullanılan yöntemler ve etkinlik derecesinde elde edilen deneyimler, teknolojik gelişme ile ortaya çıkan verimlilik artışı ile bütünleşir. Teknolojik gelişmenin sonucu olarak toplam üretimdeki sanayi payı, ürün çeşitliliği, verimlilik ve kalitede ki artışlar meydana gelmektedir. Bu meydana gelen kalite artışı ile verimlilik uluslararası pazarlarda maliyetlerin düşerek ürünlerin ucuzlaması olarak yansıma göstermektedir. Teknolojinin bu belirtilen etkinliği dolayısı ile tüm toplumlar teknolojinin üretim-geliştirme-yaygınlaştırma gibi tüm süreçlerinde her türlü çabayı göstermektedirler.⁹²

3.3.Ekonomik Büyümenin Türleri

Ekonomik büyüme türleri dokuz başlıkta sıralanabilir.⁹³

- Spontane büyüme: Devletin ekonomiye müdahalesi minimum seviyededir. Üretim faktörleri otomatik harekete geçerek belli bir oranda büyüme sağlamaktadır. Spontane büyüme türü; Fیزیokratların, Klasik ve Neo Klasik iktisatçıların sunmuş oldukları teorilerin temel aldığı büyüme modelidir. Kuzey Amerika ve Batı Avrupa’da en önemli örnekleri vardır.
- Planlı büyüme: Kıt kaynakların, hangi malların üretimine ne oranda aktarılacağına belirli planlar çerçevesinde yürütülmesi gerektiğini belirten modeldir. Buradaki amaç ekonominin her sektöründe etkinlik ve verimin arttırılmasıdır. Uygulanan plan, zorunluluk kapsamına göre “otoriter planlama” ve “yol gösterici planlama” olmaktadır. Türkiye’de 1963 sonrası dönemde uygulanmış olan planlar özel sektör için yol gösterici iken kamu sektörü için zorunlu özelliktedir.⁹⁴
- Kapalı büyüme: Ülkenin kendi iç kaynaklarına dayanan ve devlet müdahalesinin her anlamda hissedildiği büyüme türüdür. Buradaki amaç ülkenin kendi iç kaynaklarından yararlanması, hiçbir dış yardım ve dış ticaret hareketinin olmayarak dışa bağımlılığı en az seviyeye indirmektedir. 19.yy Japonya ekonomisi buna örnek gösterilebilir.

⁹¹ Hacer Ansal, “Geçmiş ve Gelecekte Ekonomik Gelişimde Teknolojinin Rolü”, **Teknoloji**, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Emek Ofset, Ankara, 2004, s.43-44

⁹² İsmail Hakkı Yücel, “**Bilim Teknoloji Politikaları**”, Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, Ankara, 1997, s.65

⁹³ Ali Özgüven, **a.g.e**, s.85

⁹⁴ Yalçın Acar, “**İktisadi Büyüme ve Büyüme Modelleri**”, Vipaş Yayınları, Bursa, 2002, s.33-34

- Açık büyüme: Kapalı büyüme modelinin tam tersi olarak bu büyüme modelinde ekonomi yurtdışı üretim faktörlerine açık bir şekilde büyüme gerçekleştirmektedir. Serbest dış ticaret ve uluslararası sermaye ülke ekonomisi için oldukça önemli bir faktördür. Serbest piyasa ekonomisi benimseyen ülkelerde bu büyüme modeli görülmektedir.
- Durgun büyüme: Gayri safi milli gelir artış hızı ile nüfus artış hızının birbirine eşit konuma gelmesiyle oluşan büyüme türüdür. Kişilerin refah seviyeleri değişmemektedir.
- Üstel büyüme: Büyüme hızı sürekli artan bir büyümedir. Dünya ekonomisinde bazı ülkelerin belli dönemlerinde görülse de devamlı bir şekilde gerçekleşen ülkeye pek rastlanmamıştır.
- Biyolojik büyüme: Büyümenin önce hızlı bir şekilde gerçekleştiği daha sonra yavaşladığı ve bir yerde durarak hatta gerilemeye başladığı büyüme türüdür.
- Dengeli büyüme: Ekonominin tüm sektörleri arasında karşılıklı bağımlılık oluşarak benzer oranlarda büyüme gerçekleşmektedir. Talep türleri arasında, mallar arasında denge kurulmaya çalışılır. Denge kurulması kaynakların israflarının önlenmesi için zorunludur.
- Dengesiz büyüme: Dengeli büyümenin gerçekleri yansıtamayacağı düşüncesinden hareketle ortaya çıkmıştır. Ekonomilerin eşitsizliklerinin ortadan kaldırılmadan bu eşitsizliklerden faydalanmanın daha yararlı olacağı ifade edilen büyüme türüdür. Konuyu ilk ele alan iktisatçı F.Perroux'tur. Bir diğer savunucusu A.O.Hirschman ise büyüme ve kalkınma evresinde bazı bölgelerin ekonomilerinin diğerlerine oranla daha ileri seviyede olması bu durumun (yani dengesizliğin) büyüme ve kalkınmayı kolaylaştıracağını öne sürmüştür.

3.4.Ekonomik Büyüme Modelleri

Büyüme modellerinin amacı, bir ekonomideki büyüme oranını tayin eden unsurlar ile ülkeler arasındaki kişi başına düşen gelir ve büyüme oranı farklılıklarının sebeplerini açıklamaktır. Adam Smith, David Ricardo ve Thomas Maltus ve Joseph Schumpeter modern ekonomik büyüme teorileri hususunda birçok temel noktayı oluşturmuşlardır.

Ekonomik büyüme modelleri üzerinde önemli çalışmalar yapıldığı iki dönem bulunmaktadır. İlk dönem 1950-1960'lar, ikinci dönem ise 1980-1990'lardır. İlk dönemdeki araştırmalar neo-klasik büyüme modelinin temelini oluşturmuştur.

Ülkeler arasında eşit düzeyde sürekli ve aynı hızda ekonomik büyüme gerçekleşmiştir. Bazı ülkeler çok yavaş büyürken, bazıları ise hızlı ekonomik büyüme kaydetmişlerdir. Bu nedenle gözlemlenen büyüme oranındaki bu farklılıkların nedenlerini anlamak için değişik büyüme türleri ve kaynaklarının incelendiği çalışmalar ortaya konmuştur. Bu çalışmalar sonucunda da literatüre farklı büyüme kuramları girmiştir. Büyüme modelleri politik iktisadın bir ürünü olması ve ortaya çıktığı coğrafya sebebiyle de büyümeye neden olan faktörler farklılık göstermiştir.

3.4.1. Klasik Büyüme Modeli

Klasik büyüme modeli ilk sistemli büyüme teorisi olması nedeniyle oldukça önemlidir. Klasik iktisadın kurucusu Adam Smith'tir. Smith'in modeli daha sonraları diğer Klasik iktisatçılar olan David Ricardo, T. Robert Malthus, James Mill tarafından geliştirilmiştir.

Klasik Büyüme Teorisinde büyüme; sermaye birikimine yani yatırımlara bağlıdır ve sadece kısa dönemde gerçekleşmektedir. Uzun dönemde ekonominin durgunluk aşamasının yaşanıyor olması kaçınılmaz bir gerçektir; bu durum, uzun dönemde kârın düşüşe geçiyor olması net yatırımların durdurulmasını sağlayacağından kaçınılmaz gerçek olma nedenini açıklamaktadır. Büyümenin bu sebeple de uzun dönemli analiz yapılmamıştır.⁹⁵

3.4.1.1. Adam Smith Büyüme Modeli

Ekonomik büyüme olgusunu ilk inceleyen kişi iktisadın babası sayılan Adam Smith'tir. Smith 1776'da yayınlanan "Milletlerin Zenginliğinin Doğası ve Nedenleri Üzerine Bir Deneme" çalışmasında geliştirdiği büyüme modelini iş bölümü (division of labor) kavramı üzerine inşa etmiştir. Smith'e göre makineleşme ve iş bölümünün sanayiye uyarlanması ekonomik büyümeyi ifade etmektedir.⁹⁶ Aynı zamanda büyüme; sermaye birikimi, işbölümü ve uzmanlaşma, makineleşme gibi üç yolla olmaktadır.

Ekonomide hasıla artışı beraberinde tasarrufları artırır ve böylece yatırımlarda kar güdüsüyle artmış olur. Tam rekabet piyasası koşullarında sermayenin verimli kullanılmasıyla

⁹⁵ Halil Tunalı, İktisadi Büyüme,(Çevrimiçi), https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/19_20_Guz/iktisadi_buyume/7/index.html ,26.05.2020

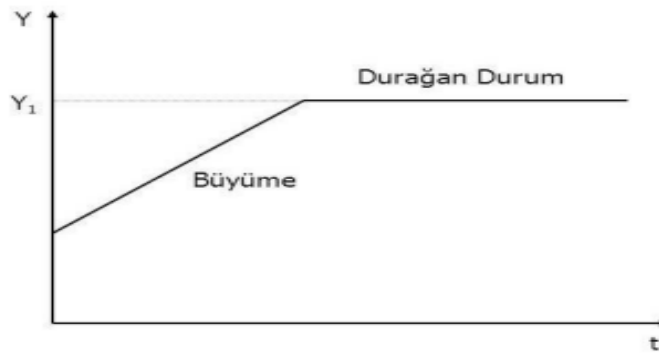
⁹⁶ Erdal M. Ünsal, **a.g.e.**, s.11

maliyetler düşmekte ve yüksek kar elde edilmektedir. Karların artmasıyla sermaye birikimi ve yatırımlar artacak böylece ekonomik büyüme de gerçekleşecektir.⁹⁷ Eğer ekonomide sermaye birikimi aynı seviyede kalırsa üretim ve tüketim eşitleneceğinden büyüme durur.

A.Smith işbölümünü, farklı firmaların farklı mallar üretmelerinin yanı sıra aynı firmanın da mevcut şartlarda çalışan işçilerinin bir malın farklı yerlerini üretmeleri biçiminde tanımlamıştır. İş bölümü emeğin verimliliğini belirleyerek işçi başına düşen üretimi artırır. Smith bunu toplu iğne üretimi örneği ile açıklamaktadır.⁹⁸ Mutlak üstünlük teorisi ile de işbölümü ve uzmanlaşmayı dış ticaretle ilişkilendirerek açıklamaya çalışmıştır.

Smith üretim faktörlerinin (emek, sermaye, doğal kaynaklar, girişimcilik) paylarındaki değişimin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini vurgulamıştır. Smith, ekonomik büyümeyi incelerken sermaye stoku düşük ancak doğal kaynaklar açısından zengin olan bir ekonomi varsayımı ile hareket eder. Sermaye stoğu doğal kaynaklara göre düşük olduğundan kar oranları başlangıçta yüksektir. Yüksek kar oranları yeni yatırımları da beraberinde getirerek sermaye stoğunu tekrardan tetikleyerek artıracaktır. Sermaye stoğundaki artış iş gücü talebini de arttıracığı için ücretlerde de artış yaşanacaktır. Ücret artışı ve ekonomik gelişim nedeniyle de nüfus artışı yaşanır. Ekonomi ulaşabileceği maksimum refah seviyesine erişmiştir. Smith, sermaye stoğunun artmasının karları düşüreceğini ileri sürmüştür. Bunun nedeni olarak da sermayenin azalan verimler kanunu olduğunu ifade etmiştir. Sermaye stoku azalmaya başlar ve kar düzeyi faiz oranı düzeyine gerileyerek ücretleri düşürür sonuç olarak ekonomi durgun duruma ulaşır.⁹⁹

Şekil 12:Adam Smith'e Göre Ekonominin Gelişimi



Kaynak:John Charles,İktisadi Büyüme

⁹⁷ Hasan Alp Özel, “Ekonomik Büyümenin Teorik Temelleri”, **Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.2, Sayı:1, 2012, s. 63-72

⁹⁸ Adam Smith, “**The Wealth Of Nations**”, Çev. Haldun Derin, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları,1776,s.28

⁹⁹ Metin Berber, “**İktisadi Büyüme ve Kalkınma**”, Derya Kitabevi, Üçüncü Baskı, Trabzon,2006,s.58

Adam Smith Ricardo gibi sermaye birikimi sonucu büyümenin meydana geldiğini savunmaktadır. Fakat Smith, Ricardo'nun aksine büyüme sürecine olumlu bir biçimde yaklaşmaktadır. Genellikle büyüme sürecinde herhangi bir belirgin ve gözlemlenebilir mani durumdan söz etmemektedir.

3.4.1.2.David Ricardo Büyüme Modeli

David Ricardo'nun "Politik Ekonomi ve Vergileme İlkeleri" kitabı 1817 yılında yayınlanmıştır. Bu kitabında 19.yüzyıl başlarındaki İngiltere'ye ait sorunların çözümü ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Ricardo büyüme modeli varsayımları şunlardır;¹⁰⁰

- 1) Ekonomi tam istihdam ve tam rekabet koşullarındadır.
- 2) Serbest piyasa koşulları hakimdir.
- 3) Üretim fonksiyonu veridir.
- 4) Sermaye birikimini uyaran kar motivasyonudur.
- 5) Sanayide teknik gelişme hızı yüksektir. Artan verimler yasası geçerlidir.
- 6) Tarımda teknik gelişme hızı düşüktür. Azalan verimler yasası geçerlidir.

Ricardoya göre iktisadi gelişmenin motoru sermaye birikimidir.¹⁰¹Toplumlarda elde edilen kar yatırımlar yoluyla sermayeye dönüştürülmekte ve bu sermaye birikimi ve malların daha çok mallara dönüştürülmesi ile de iktisadi büyümeyi başlatmaktadır. Artan sermaye miktarı daha fazla iş gücü kullanımını gerekli kılar. Artan iş gücü talebi ücretleri artırır ve bu böylelikle nüfus artışına yol açmaktadır. Artan nüfusu beslemek için tarımsal üretim faaliyetlerin artması gerekir. Tarımsal üretim için daha az verimli topraklar işlenmeye başlanacak veya hali hazırda işlenen topraklar üzerinde daha fazla sermaye ve emek kullanmak durumunda kalınacaktır. Her iki durumda da azalan verimler yasası devreye girerek işçilerin aldıkları ücret ile satın alabileceği gıda miktarının azalması yani ücretin satın alma gücünün azalması yaşanacaktır.¹⁰²

Toprakta azalan verim toplam üretimden toprak sahiplerinin aldığı rant payının hem değer hem de miktar olarak artmasına neden olur. Böyle bir durumda toplam üretim içerisinde sermaye sahiplerine ayrılan kar payı ve kar oranı azalacaktır. Bu durumda sermaye sahiplerinin yatırım yapma arzularını azaltacaktır. Kar oranların iyice düşmesi ile de sermaye sahiplerini

¹⁰⁰ Muhteşem Kaynak, "Büyüme Teorileri Giriş", Gazi Kitabevi, İkinci Baskı, Ankara, 2011,s.26

¹⁰¹ Bilsay Kuruç, "Ricardo İktisadi'nın Bazı Sorunları", Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları,Ankara,1970,s.128

¹⁰² William J. Barber,"A History of Economic Thought",Penguin Books,Türkçe Çeviri,İ.Durdu,İktisadi Düşünce Tarihi,3.Baskı Şule Yayınları,İstanbul, 1997,s.82

yatırım yapamaz hale getirecektir. Yatırımların durması ile sermaye birikimi ve iktisadi büyüme sona gelerek ekonomik durgunluğa ulaşır.¹⁰³Büyümeyi kesip ekonomiyi durgunluğa sürükleyecek olan en önemli unsur, toplumun üç sınıfı olan; emekçi, girişimci ve toprak sahibinin gelir dağılımından aldıkları paylarda meydana gelecek olan değişimdir.

Ricardo büyüme modeline yapılan eleştiriler varsayımların gerçeklere ve geçirilmiş büyüme tecrübelerine uymadığı yönündedir. Örnek olarak ekonomi sürekli tam istihdam ve tam rekabet koşullarında olmadığıdır.¹⁰⁴

3.4.1.3.Thomas R. Malthus Büyüme Modeli

1798 yılında Malthus, “An Essay on the Principle of Population” (Nüfus Prensibi Üzerine Bir Deneme) isimli eserini yayınlamıştır. Eserinde nüfusun sürekli artış göstermesinin ilerleyen zaman içerisinde gıda arzında kıtlığa yol açacağı ve insanlığın refahını tehdit edeceğini savunmuştur. Nüfusun geometrik (1,2,4,8,16...),temel gıda maddelerinin ise aritmetik (1,2,3,4,5...) bir şekilde arttığını ifade eden Malthus önlem alınmadığı takdirde nüfus ve gıda maddelerinin arasındaki farkın giderek açılacağını ve oluşacak olan aradaki farkın insanlığı açlık ve sefaletle iteceği iddiasını savunmaktadır. Malthus evlilik öncesi ilişkiyi ve doğum kontrol yöntemlerini aradaki farkın açılmaması için önlem alınabileceğini ancak bunlara da ilahi güce karşı gelmekten dolayı şiddetle karşı çıkmıştır. Malthus’a göre nüfus artışı fakirliğe sebep olan temel faktördür. Ölüm oranını artıran; salgın hastalık, savaş, kıtlık vs. gibi büyük felaketler ise nüfus sayısını azaltan pozitif etmendir. ¹⁰⁵Malthus aynı zamanda "Azalan Verimler Yasası" yardımıyla temel gıda maddelerinin artışının nüfus artışına yetişememesini açıklamıştır.

Malthus, nüfusun ücret düzeyiyle de arasında da ilişki bulunduğunu ileri sürmektedir. Malthus’a göre, nüfus da oluşacak artış, emek arzının artmasını sağlayacak bu da ücretlerin düşmesine sebebiyet verecektir diye görüşünü ileri sürmektedir. Oluşacak ücret düşüşlerinin de işçilerin dayanabilecekleri maksimum düzey olacağını belirtmektedir. Ücret düzeyinin "Asgari Geçim Düzeyi" nin altına düşmesi de kaçınılmaz olan sefalet ve hastalığın artıracığı, dolayısıyla da emek arzını azaltacağını, bu etkilenmeden dolayı da ücretlerin yeniden

¹⁰³ İbrahim Tanyeri, “David Ricardo’nun İktisadi Analizi Üzerine”,**H.Ü.İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**,C.18,S.12,2000,s.9

¹⁰⁴ Elife Akiş, İktisadi Büyüme ve Kalkınma,(Çevrimiçi),
http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/iktisat_ao/iktisadibuyumevekalk.pdf ,20.12.2020

¹⁰⁵ Thomas Robert Malthus, “**First Essay on Population**”, London: Macmillan, 1798,s.20-25

yükseleceğini belirtmektedir.¹⁰⁶Modelde teknolojik yeniliklerin veya verimli topraklar olmadığında nüfus kendi kendini dengelemektedir. Kişi başına düşen gelir seviyesi ulaşılabilir kaynaklar artsa bile uzun vadede değişmeyecektir.¹⁰⁷

Maltus için yapılan eleştirilerin çoğu teorisinde teknolojik gelişimi göz ardı etmesi yönündedir. Oysaki teknolojiye değişimler, aynı kaynaklarla daha çok üretim imkânı yaratacağından dolayı üretimde değişikliğe neden olacaktır. Bir diğer eleştiri ise o dönemlerde nüfus artışının yanında kişi başına milli hasılda azalma yaşanması beklenirken aksine artış görülmüştür.

3.4.1.4.Karl Marx Büyüme Modeli

Karl Marx 1848 tarihli Komünist Manifesto gibi erken dönem yazıları ile 1867’de kaleme aldığı Kapital ve diğer çalışmaları aracılığıyla, içinde bulunduğu dönemdeki ekonomik değişimi analiz etmeye çalışmıştır. Marx’ın hem erken dönem çalışmaları hem de sonraki dönemde kaleme aldığı birçok çalışma, üretim ilişkileri ile ortaya çıkan sınıfsal yapının ürettiği eşitsizlikleri ele almakta ve bunu tarihsel bir perspektiften ortaya koymaktadır. Özellikle sanayi toplumunun ürettiği sosyo-politik sorunlar, yabancılaşma olgusu üzerinden tanımlanmış ve sınıflı toplumun ürettiği krizler bütün boyutlarıyla derinlemesine ele alınmıştır.

Klasik iktisat teorisine göre daha genel bir teori oluşturma düşüncesi içerisinde olan Marx çalışmalarında işçi sınıfı’nın yaşadığı emeğin sömürsü konuları eserlerinde yerini almıştır. Klasik iktisat bu teorinin özünü oluşturmaktadır. Bunu en belirgin şekilde emek-değer teorisinde görmekteyiz. Bu teoriyi klasik teorilerden ayıran özellik ise Marx’a göre toplumun üç sınıftan oluşmayıp üretim vasıtalarına sahip olanlar ve olmayanlar şeklinde iki sınıftan oluştuğuna inanmasıdır. Bunun yanı sıra ücretlerin asgari doğal düzeyde değil emek-zaman teorisine göre belirlenmesidir.

Marx’a göre bir malın üretiminde gerekli olan emek-zaman değeri o malın değerini belirlemektedir. Sabit sermaye, değişen sermaye ve artı değer toplamı işçi başına yaratılan değeri ifade etmektedir. Makine, teçhizat, ve stok sabit sermayeyi, emek için ödenen ücret

¹⁰⁶ Hüseyin Hasimi Güneş, “İktisat Tarihi Açısından Nüfus Teorileri ve Politikaları”, **Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi**, Bahar 2009,C.8,S.28.s.134

¹⁰⁷ Ertuğrul Deliktaş, “Malthusgil Yaklaşımdan Modern Ekonomik Büyümeye”,**Ege Akademik Bakış**,2001 Cilt: Sayı:1, 94

değişken sermayeyi ve son olarak da emek ve sermayenin üstündeki değer artı değer olarak ifade edilmektedir.¹⁰⁸

- Artı değer oranı : $a = \frac{s}{v}$
- Kar Haddi : $k = \frac{s}{c+v}$
- Sermayenin Organik Bileşimi : $b = \frac{c}{v}$

Kâr haddi oranının pay ve paydasındaki terimler değişken sermaye ile bölünürse;

- $k = \frac{s}{c+v} = \frac{s/v}{(\frac{c}{v})+1} = \frac{a}{b+1}$ ifadesine,
- $b = \frac{c}{v}$ kabul edilirse,
- $k = \frac{s}{c+v} = \frac{s/v}{(\frac{c}{v})+1} = \frac{a}{b/(b+1)} = a(1 - b)$

Yukarda yer alan açıklamalar çerçevesinde, sabit ile değişken sermaye ürünlerinin bir yıllık kullanım süresinin bulunması gerekmektedir. Ancak, bu durum gerçek hayatta böyle olmamaktadır. Çünkü, bazı sabit sermaye unsurlarının ömrü tahmin edilenden oldukça daha uzun olmakta ve mevcut sermayenin az bir kısmı ilgili yıl içinde tekrar üretim yapılabilmektedir. Hammadde ve malzeme gibi sermaye türleri ise, çok çabuk bir şekilde üretilip kullanılmaları nedeni ile kısa ömürlüdür. Bu sebeplerden ötürü, toplam sermayeye ulaşabilmek için, sabit ve değişken sermaye unsurlarına ek olarak, sermayelerin yıllık ortalama ömürlerini de çarpan olarak eklemek gerekmektedir. Kısaca özetlenecek olursa, artı değer oranı sabit iken; sermayenin organik bileşimi ve sermayenin ortalama ömrü artar ise kâr marjı düşüş göstermektedir.

3.4.2. John M. Keynes Büyüme Modeli

John M. Keynes “The General Theory of Employment, Interest and Money” (İstihdam, Faiz ve Paranın Genel Teorisi) kitabını 1936 yılında yayımlamıştır. Kitabında ekonominin her dönem tam istihdamda olduğunu savunan Klasiklerin aksine eksik istihdamda bir ekonominin büyümesini ele almıştır. Tam istihdam dengesini elde etmek için ise ekonomiye devlet

¹⁰⁸ İÜ AUZEF, İktisadi Büyüme,(Çevrimiçi), <http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/kok/iktisadibuyumeu160.pdf>,06.07.2021

müdahalesi yapılması gerekmektedir. Keynes “uzun vadede herkes ölmüş olacak” diyerek kısa dönemli statik bir model ele almıştır.

Keynesyen Modelin temel varsayımları şöyledir;

- Fiyatları artırmadan çıktının yükseltilebileceğini sınırsız miktarda işsiz bulunması göstermektedir.
- Bir birimlik sermaye artışı aynı oranda çıktı miktarını artırmaktadır çünkü sermaye-emek oranı sabittir.
- Sermayenin marjinal fiziki verimliliği sabittir.
- Yeni yatırım miktarı, sabit sermaye katsayısı ve büyüme ile direk orantılıdır.

Keynes aslında direk olarak ekonomik büyüme modeli önermekten ziyade Büyük Buhran’ın yarattığı durgunluktan çıkma için neler yapılması gerektiği konusunda çalışmalar yapmıştır.¹⁰⁹ Keynes’e göre 1929 Büyük Buhran sonrasında yaşanan ekonomik durgunluk ve krizler ancak devletin ekonomiye müdahalesi ile çözülebilecektir. Klasiklerin yaptığına aksine ekonominin arz yanından ziyade talep yanı önemsenmiştir. Ekonominin eksik istihdam ve eksik rekabet koşullarında olup ekonomiyi eksik istihdamdan kurtarma sürecinin talebe bağlı olduğu ileri sürülmüştür.¹¹⁰ Talepte artış sağlamak gelirde artışa yol açarak ekonomik sorunları ortadan kaldıracaktır. Bu süreç çarpan katsayısı $(1/1-c)$ tarafından gerçekleştirilmektedir.

Keynes büyüme modelinde teknolojik yatırımlara ve nitelikli beşeri sermayeye yer vermemesi eleştirilmiştir.¹¹¹ Bir ekonomide ekonomik büyümeyi tetikleyen unsurlara ağırlık verilmiş ancak ekonominin büyüme sürecinde karşılaşılan sorunlara ve etki eden faktörlere değinmemiş bu da modeli statik hale getirmiştir. Yine eleştirilen bir hususta modelde sadece gelişmiş ülkeleri kullanması, az gelişmiş ülkeleri modele dahil etmemesidir.¹¹²

3.4.3. Harrod-Domar Büyüme Modeli

Harrod (1939) eksik istihdam dengesinden başlanarak, tam istihdam dengesine ulaşımı sağlayacak büyümenin koşullarını araştırmış, Domar (1947) ise tam istihdam dengesinden başlanarak çıkıp büyümenin sürekliliğini sağlayacak olan koşulları araştırmıştır. Harrod ile Domar birbirinden bağımsız olarak fakat birbirine çok benzer şekilde teorilerini geliştirmişlerdir. Modeller benzer varsayım ve sonuçlardan dolayı Harrod-Domar Büyüme

¹⁰⁹ Zeynel Dinler, a.g.e., s.513

¹¹⁰ Gülten Kazgan, “İktisadi Düşünce veya Politik İktisadın Evrimi”, 6.Baskı, İstanbul, Remzi Kitabevi, 1993, s.210

¹¹¹ Hasan Gürak, “İktisadi Büyüme ve Küresel Ekonomi”, Bursa, Ekin Yayınları, 2006, s.85-86

¹¹² Yalçın Acar, a.g.e., 81

Modeli olarak literatürde yerini almıştır. 1929 Büyük Buhran' dan sonra Keynes öncülüğünde ekonomik durgunluğun giderilerek büyümenin meydana getirilmesi için para ve maliye politikalarının ön planda kullanılması kararı alınmıştır. Keynes öncülüğünde başlayan teorik çalışmalar Harrod ve Domar'ın teori üzerinde olan geliştirmeleri ile devam etmiştir.¹¹³

Harrod-Domar modeli, gelir ve talep etkisiyle birlikte oluşan yatırımları incelemiştir. Bu incelemeler sonucu kapasite etkisinin de analize katılarak ekonominin dengeli bir şekilde büyümesi için oluşması gereken şartları ileri sürmüştür. Yatırımlar bir taraftan çarpan etkisiyle geliri arttırırken öte yandan ekonomideki üretim gücünü de arttırmaktadır. Ekonominin arz yönünü ilgilendiren yani ekonomide yapılan yatırımların artması öncelikle üretim kapasitesini arttırmaktadır. Üretimin daha çok artması gelir düzeyinin de artmasına sebep olacak bu da gelir etkisini ortaya çıkaracaktır. Bu etki ise ekonominin talep yönünü canlandıracaktır. Dengeli büyümenin, yatırımların oluşturduğu üretim kapasitesi ile yatırımların yarattığı gelire eşit bir şekilde gelişim gösterirse ekonomide gecikmeler olmaz ve dengeli bir büyümenin gerçekleşmesi sağlanmış olur.

Harrod-Domar modeli için yapılan eleştiriler şöyledir; model soyut ve hesaplanması oldukça zor olan kavramlar üzerine inşa edilmiştir. Bu kavramlar tasarruf eğilimi, sermaye/hasıla oranı ve sermaye verimliliği gibidir. Bir ekonomide farklı gelişim düzeyine sahip sektörler bulunmaktadır hal böyle olunca da ekonominin tümüne ait tek bir sermaye hasıla katsayısı söylemek doğru olmayacaktır. Aynı zamanda bir ülkede özellikle azgelişmiş ülkede sermaye hasıla katsayısı hesaplaması yapılması kolay değildir. Büyüme için sermaye daha çok önemsenmiş ve emek, teknolojik gelişmeler göz ardı edilmiştir.

3.4.4. Neo Klasik Slow Büyüme Modeli

Neo-klasik büyüme modeli, Robert Solow ve Trevor Swan'ın aynı dönemde (1956) yapmış oldukları ampirik çalışmalar sonucu ortaya çıkmıştır. Teori başlangıç aşamasında sadece Solow modeli olarak anılırken daha sonra Swan'ın adı da eklenerek, Solow – Swan teorisi olarak anılmaya başlanmıştır. Solow'un modeli dört değişken üzerine kuruludur bunlar; çıktı, sermaye, emek ve bilgidir. Yapılan çalışmada, yatırım oranı, nüfus artış oranı ve

¹¹³ Ahmet İncekara, Ferda Y.Tatoğlu, Türkiye Ekonomisinde Son Yıllarda Yaşanan Yüksek Oranlı Büyüme Rakamlarının İç Piyasa Üzerindeki Etkileri, İstanbul, İstanbul Ticaret Odası, **Türkiye Ekonomisi Yayınları**, Yayın No: 2008-56,s.22-23.

teknolojik değişme hızının ekonomik büyümeyi nasıl değiştirdiğini gösteren bir açıklama yapılmaktadır.

Modelin temel varsayımları ise şöyledir; $Y = f(C, L)$ şeklinde Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılır. Bu üretim fonksiyonunda aynı zamanda azalan verimler yasası geçerlidir. Tam rekabet piyasası koşullarının geçerli olduğu bir ekonomide büyümenin belirleyicilerinin emek ve sermaye olduğunu varsayar. Sermayenin biriken, işgücünün ise birikmeyen olduğu varsayılmıştır. Harrod-Domar modelinin aksine sabit sermaye-hasıla katsayısı yerine, değişken sermaye-hasıla katsayısı öngörülmektedir. Ekonomi tek sektörlüdür ve kamu harcamaları yoktur. Tek bir homojen mal üretilip tüketilir. Ekonomi dışı kapalıdır. Faktörler arası ikame olanaklıdır. İşgücü “n” kadar sabit bir hızla büyümektedir ve nüfus arttıkça işgücü miktarı da artmaktadır. Tasarruf ve yatırım yapan kişiler aynıdır. Modelde dışsal olarak kabul edilen değişkenler; nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerdir.¹¹⁴

Modelde işçi başına yapılan yatırımların, işçi başına düşen yıpranmaya eşit olduğu kabul edilmiştir. Bu çerçevede işçi başına sermayenin ve bunun sonucunda meydana gelen işçi başına üretimin değişmediğı pozisyonlarda da durağan pozisyonların meydana geldiğı gözlemlenmektedir. Bu durağan durum incelendiğinde tasarruf oranı ile sabit olan sermaye-işgücü ve kişi başına gelir değerleri doğru orantılıdır ve tasarruf oranındaki artış durağan haldeki büyüme hızını etkileyememektedir. Modelde azalan verimler yasası geçerli olduğundan dolayı durağan hale gelen ekonomide büyümeyi belirleyen ana unsurlar “teknolojik değişme hızı ” ve “nüfus artış hızı” dır.

Model bütün ülkelerde teknoloji düzeyinin aynı ve değişmediğı varsayımına dayanmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülke ekonomilerin uzun dönemdeki reel büyüme oranlarının yine belirtilen aynı uzun dönem değerine yaklaşacağı beklediğı ifade edilmektedir. Bu ülkeler arasındaki gelir farkının uzun dönemdeki gelişmelere bağlı olarak yok olacağı görüşü “yakınsama hipotezi” olarak tanımlanmaktadır.

Modelde; ekonomik büyümede temel unsur olarak kabul edilen teknolojiyi dışsal kabul etmeleri, teknolojiyi her bireyin eşit olarak faydalanabileceğini varsaymaları, teknolojinin gelişmesi için maliyetlerin göz önüne alınmaması gibi konular eleştirilmiştir. Model tüm ülkelerin büyüme oranlarının ve kişi başına düşen hasıla miktarlarının birbirine yakınsayacağını öne sürmekteydi. Ancak yeterli sermaye birikimi olmayan ve gelişen teknolojiden yararlanma imkânı bulunmayan yoksul ülkeler yoksul kalmaya devam etmişlerdir. Bu da diğer ülkeler ile

¹¹⁴ Metin Berber, a.g.e,s.142-143

aralarındaki farkı gittikçe artırmıştır. Modelin gerçek hayatla uyuşmayan varsayımları sonucu içsel büyüme kuramları ortaya çıkmıştır.

3.4.5. İçsel Büyüme Modeli

1980’li yılların sonuna doğru yapılan çalışmalarda iktisatçılar büyümenin dinamiklerini ekonominin kendi içinde araştırmaya başlamışlardır. İlk olarak 1986 yılında Paul Romer’in “Increasing Returns and Long-Run Growth” adlı makalesi ortaya çıkmıştır. Romer, Lucas, Barro, Grossman ve Helpman gibi iktisatçılar tarafından ise model geliştirilerek farklı yaklaşımlar ortaya konmuştur.

İçsel büyüme modeli Neo-klasik büyüme modelinin eksik yönleri baz alınarak geliştirilmiştir. Sermayenin azalan getiriye sahip olduğunu kabul eden Neo-klasikçilerin aksine içsel büyüme modelinde sermayenin artan getiriye sahip olduğu varsayılmaktadır. İçsel büyüme modeli Neo-klasik modelin aksine teknolojiyi içselleştirerek teknolojik ilerlemenin belirleyici faktörleri üzerinde durmuşlardır. İçsel büyüme modelinde eksik rekabet piyasa koşullarının varlığı kabul edilmiştir. İçsel büyüme modelinde büyümenin temel dinamikleri “bilgi birikimi” ve “beşeri sermaye” ye bağlanmıştır. Neo-klasiklerin savunmuş olduğu tam yakınsama hipotezi de içsel büyüme modelinde red edilmiş gelişmekte olan ülkeler tedbirleri almadıkları sürece gelişmiş ülkeler ile aralarındaki farkın gittikçe artacağı savunulmuştur. Aynı zamanda optimum büyüme oranını yakalayabilmek için devlet müdahalesine ihtiyaç duyulduğu savunulmuştur.

İçsel büyüme teorileri büyümeyi farklı yollarla içselleştirerek dört yaklaşım ortaya konmuştur.

1. Bilgi Üretimi ve Dışsallıklar Modeli
2. Beşeri Sermaye Modeli
3. Kamu Politikası Modeli
4. AR-GE Modeli

3.4.5.1. Bilgi Üretimi ve Dışsallıklar Modeli

Kenneth Joseph Arrow 1962 yılında yayımladığı "The Economic Implications of Learning by Doing" isimli çalışmasında “learning by doing (yaparak öğrenme)” ifadesiyle ekonomik büyüme teorisine farklı bir bakış açısı kazandırmıştır.¹¹⁵ Üretilen ürünler arasında

¹¹⁵ Sami Taban, “İktisadi Büyüme Kavram ve Modeller”, 1. Basım, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım, 2008, s.96

zaman geçtikçe fark oluştuğunu ürün maliyetlerinin azalarak üretimin hızlandığı ve kalitesinin de arttığını gözlemlemiştir. Bunun nedeni yaparak öğrenme olgusu ile açıklanmaktadır yani firmalar ürettikçe işçiler daha iyi öğrenmektedir.

Paul M.Romer, Arrow'un ortaya attığı düşüncelerden etkilenecek 1986 yılında yapmış olduğu çalışmasında artan verimler yasasına dayalı içsel büyüme modelinde “bilgi” nin büyüme üzerindeki itici gücü olduğunu kabul etmiştir. Romer bilginin üretim sırasında girdi olarak kullanılması sonucu artan marjinal getirilerin meydana geldiğini, üretim ve yatırımda teknik bilginin bir yan ürün şeklinde yeniden taşınmalar sebebiyle ortaya çıktığını belirtmiştir. Yeni bir üretimde bu taşınmalar sebebiyle oluşan bilginin bedelsiz olarak kullanılması diğer firmaların üretiminde olumlu etki yaratarak yeni üretimin daha az maliyetli ve daha kaliteli olacağını savunmuştur. Üretilen yeni bilgi diğer insanlardan gizlenmesi zordur ve patentlenmez. Bilgi kamusal mal niteliğindedir.¹¹⁶

3.4.5.2.Beşeri Sermaye Modeli

Robert Lucas büyümeyi “beşeri sermaye” ye dayandırmıştır. Beşeri sermaye; bilgi, beceri, deneyim, yetenek gibi üretim içerisinde yer alan emeğin daha aktif ve verimli olmasını temin eden olumlu gelişmeler bütünü olarak ifade edilmektedir.

Lucas beşerî sermayedeki verimliliği, eğitim ve okullaşmanın dışında bilgi birikimi sağlanarak oluşan ihtisas ile sağlanabileceğini vurgulamıştır. Lucas modelinde, yaparak öğrenme metodunun önemini savunmuştur. Y yaparak öğrenmenin, sermaye birikiminin artmasına doğal olarak da üretime katkı sağlayacağını belirtmiştir. Beşeri sermaye birikimi için özel firmalar tarafından yapılan yatırımlar her zaman yeterli olmayabilir bu nedenle devletin bu konuda desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. Kısaca, beşerî sermaye birikimine yapılan desteklerin fiziki sermayeden daha etkili olduğunu ileri süren bir varsayıma sahiptir.

Beşeri sermaye birikimi sabit bir oranda ve getiri de artış göstermektedir. Beşeri sermayenin oluşan dışsal etkisinden dolayı, fiziksel sermaye de oluşan negatif getiriyi telafi edip, fiziksel sermaye birikimini arttırmayı sağlamakta ve bunun sonucu olarak da iktisadi büyüme sürecinin devam etmesi sağlanmış olmaktadır.

¹¹⁶ Paul Romer, **a.g.e**, s.1003

3.4.5.3.Kamu Politikası Modeli

Robert J. Barro İçsel Büyüme Modeli'ne kamu harcamaları ve vergileri eklemiştir. Barro büyüme kaynağı olarak kamu politikalarını temel olarak aldığı çalışmasını 1990 yılında yayınlamıştır.

Barro'ya göre modelde kamu harcamaları gelir vergisiyle orantılı bir şekilde finanse edilmektedir. Kamu harcamalarının denk bütçe olduğu varsayılmaktadır. Bireyler yapacakları tasarruflar ile sermaye satın almaya karar verirler böylece devlette bireylere kamusal girdi sağlayarak ekonomik büyüme tetiklenmiş olur. Bu sayede sermayenin azalan getirisi önlenerek bireylerin her zaman sabit oranla yatırım yapması sağlanmış olur. Devlet aynı zamanda sübvansiyonlar, vergi teşvikleri gibi araçlarla da özel sektörü yatırım yapmaya teşvik etmelidir. Finansmanı özel sektör olan yatırımlar, vergi gelirlerinde artışa neden olacak ve böylece denk bütçe ile kamu malı arzında artış yaratacaktır.

Ülkeler arasındaki gelişmişlik farkı sermaye açığı kavramı yerine bilgi açığı kavramıyla açıklanmaktadır. Ülkeler arasında beliren bilgi açığı devletin eğitime önem vermesi ve eğitime yatırım yapması ile bu açıklık büyük oranda kapatılacaktır. Çünkü eğitim ile işgücü kalitesi artacak yeni bilgi beceri ortaya çıkacak ve beşeri sermaye AR-GE faaliyetlerine yoğunlaşarak yeni teknoloji ile yeni ürünlerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Barro bu nedenle kamu politikalarını eğitim alanında yoğunlaşması gerekliliğini savunmuştur.

3.4.5.4.AR-GE Modeli

Paul Romer tarafından 1990 yılında ortaya atılan bu model uzun dönemdeki büyümenin “bilgi birikimi” sayesinde gerçekleşeceğini vurgulamıştır. Romer yapmış olduğu çalışmalarda ekonomik büyümenin temel kaynaklarını “fikirler” ve “şeyler” olduğunu kabul etmiştir. Bu da AR-GE faaliyetlerinin desteklenmesi gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.¹¹⁷

Modele katkı sunan Grossman ve Helpman çalışmalarında teknolojik gelişme ve yeniliklerin üretimde verimlilik yaratarak artışa neden olacağını bunun sonucu olarak da ekonomik büyümenin gerçekleşeceğini ortaya koymuşlardır. AR-GE sektörü dış ticaretin avantajlarından yararlanıp rekabet gücünü artırarak ekonomik büyümeyi sağlamaktadır. AR-GE faaliyetleri için yeterli finansman ve kaynağı mevcut olmayan ekonomiler dış ticaret ile ihtiyaçları olan teknolojiyi başka ülkelerden satın alabilmektedir.¹¹⁸ AR-GE ile geliştirilen yeni

¹¹⁷ Paul Romer, “**Endogenous Technological Change**”, The Journal of Political Economy, Cilt 98,S.5,1990,s.79

¹¹⁸ Gene M. Grossman, Elhanan Helpman, “Endogenous Innovation in the Theory of Growth”, **Journal of Economic Perspectives**, Cilt 8, S.1,1994,s.23-44

ürünler dış ticarete mukayeseli üstünlüğe sahip olmayı sağlayacak ve evrensel ticarete de artış yaratacaktır.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE ÖRNEĞİNDE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON SALINIMININ BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ EKONOMETRİK ANALİZ

Ekonomik büyüme ile enerji arasındaki nedensellik kavramını ilk olarak Dr. John Kraft ve Dr. Arthur Kraft incelemiştir. 1978 yılında yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuç; ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek taraflı nedensellik olduğudur. Ali T. Akarca ve Thomas Veatch Long 1980 yılında yapmış oldukları çalışmalarında Kraft ve Kraft'a eleştiri getirerek enerji ve ekonomik büyüme arasında bir ilişki olmadığını öne sürmüşlerdir. Her iki çalışmada farklı sonuçlar elde edilmesinde kullanılan değişkenler, dönem ve kullanılan metotlar belirleyici olmuştur. Literatür özetine bakıldığında da analiz sonuçlarında herhangi bir fikir birliğine varılamamıştır. Yine de yapılan çalışmalar yol gösterici nitelikte olmuştur. 2000'li yıllara gelindiğinde enerji ve çevre konusu daha da çok ilgi toplamış bu konuda daha fazla çalışmalar yapılmaya başlanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan değişkenler, metotlar ve ülkeler analize dahil edilerek enerji tüketimi ve karbon salınımının ekonomik büyüme üzerindeki ilişkisi tespit edilmeye ve genelleme yapılarak ortak bir kanıya varılmaya çalışılmıştır. Tüm bu çalışmaların uygun enerji ve çevre politikalarına ışık tutacağı düşünülmektedir.

4.1. Literatür Taraması

Enerji birçok uluslararası çalışmanın ve tartışmanın konusu olmuştur. Enerji konusunda uygulanacak politikaların ekonomik faaliyetleri ne ölçüde etkileyip etkilemediğinin tespiti ve nedenselliğin yönü politikacılar açısından da önem taşımaktadır.

Nedenselliğin sonucuna göre literatür dört farklı hipotez önermektedir. Bu hipotezler büyüme, koruma, geri bildirim ve tarafsızlıktır. Büyüme hipotezi; enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde önemli bir görevi olduğunu ve emek-sermayenin tamamlayıcısı olduğunu iddia etmektedir. Bu hipotezde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı ilişki bulunmaktadır. Özetle enerji tüketimindeki bir artış veya azalış ekonomik büyüme üzerinde de artış veya azalışa sebep olacaktır. Koruma hipotezi; enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki tek taraflı bir ilişki olduğunu öne sürmektedir. Bu tek taraflı ilişkide nedenselliğin yönü ise ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru olmasıdır. Geri bildirim hipotezinde; enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift taraflı bir ilişkinin olduğu öne sürülmektedir. Ekonomik büyüme de bir artış yaşandığında elektrik tüketimi de artmakta iken, elektrik

tüketimi arttığında ekonomik büyüme de artmaktadır. Tarafsızlık hipotezi; ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında herhangi bir nedenselliğin olmadığını öne sürmektedir. Enerji tüketiminde yaşanacak artış veya azalış ekonomik büyümeyi etkilemeyecektir. Ekonomik büyümede yaşanacak artış veya azalış da enerji tüketimi etkilenmeyecektir.¹¹⁹

Enerji tüketimi, karbon salınımı ve ekonomik büyümenin arasındaki ilişki üzerine de birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmalar ülke, dönem ve kullanılan ekonometrik analizler bakımından farklılıklar göstermektedir. Yapılan tüm bu çalışmalarda ekonometrik değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin yönü hakkında ortak bir sonuca varılamamıştır.

Kraft ve Kraft (1978) bu literatürde öncü bir çalışma sayılmaktadır. Çalışmalarında ekonomik büyüme ve enerji tüketimi verileri kullanılarak 1947-1974 ABD dönemi incelenmiştir. Ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek taraflı nedensellik olduğu görülmüştür.

Akarca ve Long (1980) çalışmalarında 1950-1970 dönemi ABD için enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi bulunmadığını ifade etmişlerdir.

Yu ve Choi (1985) çalışmalarında 1954-1976 dönemi Kore Cumhuriyeti ve Filipinler ve için Granger nedensellik yöntemi ile her iki ülke özelinde farklı sonuçlar elde edilmiştir. Filipinlerde nedenselliğin enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru olduğu ancak Kore’de bunun tam tersi şeklinde nedensellik olduğu tespit edilmiştir.

Stern (1993) çalışmasında 1947-1990 dönemi ABD için işgücü, sermaye, enerji, GSYH değişkenlerini kullanmıştır. Toda-Yamamoto ve Granger nedensellik analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda; enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında tek taraflı bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul (2007) çalışmalarında 1970-2003 dönemi Türkiye için veriler TÜİK’ten alınmış, büyüme oranı ile enerji tüketimi arasında ARDL sınır testi ile eşbütünleşmenin varlığı tespit edilmiştir. Kısa vadede enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru nedensellik mevcut iken uzun vadede nedensellik ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Mucuk ve Uysal (2009) çalışmalarında Türkiye için 1960-2006 dönemi verilerini incelemişlerdir. Veriler TÜİK, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’ndan temin edilmiştir. ADF ve PP birim kök testleriyle öncelikle ekonomik büyüme ve enerji arasındaki durağanlık

¹¹⁹ Nicholas Apergis ve James Payne, “Renewable And Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence From A Panel Error Correction Model”, *Energy Economics*, Cilt 3, Sayı 3, 2012, s.733-738

sınanarak uzun dönem ilişki tespiti için Johansen eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Uzun dönemde enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin olduğu saptanmıştır. Bunun sonucunda değişkenler arasındaki ilişkinin yönünün tespiti için de Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru zayıf, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru kuvvetli bir nedensellik ilişkisi olduğu saptanmıştır.

Apargis ve Payne (2009) çalışmalarında 1971-2004 dönemi altı Orta Amerika ülkesi özelinde enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbon salınımı değişkenleri arasında nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift taraflı, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden karbon salınımına doğru da tek taraflı ilişki vardır.

Pao ve Tsai (2010) çalışmalarında 1971-2005 dönemi BRIC Ülkeleri'nde enerji tüketimi ve karbon salınımı ile ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur.

Ağır ve Kar (2010) çalışmalarında 2000 yılı için Türkiye'de 81 il ile Yatay Kesit analizi yaparak elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Lotfalipour vd. (2010) çalışmalarında İran'ın 1967-2007 dönemi için Toda-Yamamoto ve Granger nedensellik testleri uygulanmıştır. Ekonomik büyüme, enerji tüketimi (petrol ürünleri ve doğal gaz) ve karbon salınımı arasındaki nedensellik yönünü ise söyle tespit etmiştir. Ekonomik büyümeden karbon salınımı ve enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik vardır.

Lean ve Smyth (2010) çalışmalarında 1980-2006 dönemi ASEAN (Güney Doğu Asya Ülkeleri Birliği) için Panel eşbütünleşme ve Panel VECM modelleriyle çalışma yapılmış, enerji tüketimi ve karbon salınımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik bulunmuştur.

Farhani ve Rejeb (2012) çalışmalarında MENA Bölgesi için 1973-2008 dönemiyle Panel Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik testleri uygulanmış ekonomik büyüme ve karbon salınımından enerji tüketimine doğru tek taraflı bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Saatçi ve Dumrul (2013) 1960-2008 dönemi Türkiye için elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme verileriyle Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi (DOLS) ve Düzeltilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS) ile analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarında Türkiye'nin ekonomik büyümesi üzerinde elektrik tüketiminin önemli bir etken olduğu tespit

edilmiştir. Uzun dönemde elektrik tüketimindeki %1’lik artışın ekonomik büyümeyi %0.33-%0.37 oranında artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Raza, Shahbaz ve Nguyen (2015) çalışmalarında 1973-2013 Pakistan dönemi için ekonomik büyüme, enerji, ticaret verileri kullanarak ARDL, Johansen Eşbütünleşme, Gregory ve Hansen Eşbütünleşme testleri yapmışlardır. Analiz sonucunda her üç değişkenin uzun vadede bir ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Ekonomik büyüme ile ihracat-ithalattan enerji tüketimine doğru tek taraflı nedensellik var iken, ithalat-ihracat ve enerji tüketimi ile enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift taraflı nedensellik olduğu bulunmuştur.

Ergün ve Polat (2015) 1980-2010 dönemi için 30 OECD ülkelerinde karbon salınımı, ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi arasında ilişkinin bulunup bulunmadığını analiz etmişlerdir. Panel Eşbütünleşme, Panel hata düzeltme modeli testleri kullanılarak şu sonuçlar elde edilmiştir. Analiz sonucunda karbon salınımı, ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi arasında koentegre ilişkisi olduğu görülmüştür. Uzun dönemde bu ülkelerin birçoğunda karbon salınımı ve enerji tüketimi arasında anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Karbon salınımı ve ekonomik büyüme arasında direk bir ilişkinin olması da Çevresel Kuznets Eğrisi tezini destekleyen bulgulara ulaşılmıştır. Kısa dönemde ekonomik büyüme ve karbon salınımı arasında tek taraflı nedensellik ilişkisi, ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi arasında da çift taraflı nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Hepaktan ve Sertkaya(2016) çalışmalarında 1980-2014 dönemi için Türkiye kişi başına düşen GSYH, karbon salınımı, petrol ve kişi başına düşen elektrik tüketimi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Johansen Eşbütünleşme ile değişkenler arasında uzun dönem ilişki var olduğu tespit edilmiş uzun dönemde yaşanan sorunlar VECM (Vektör Hata Düzeltme Modeli) ile ortadan kaldırılmıştır. Granger nedensellik testi uygulanarak kişi başına düşen GSYH, karbon salınımı ve petrol tüketiminden kişi başına düşen elektrik tüketimine doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi var olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Topallı (2016) çalışmasında 1980-2010 dönemi için Brezilya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika ülkeleri üzerinde karbon salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Panel Eşbütünleşme ve Panel Nedensellik analizi ile test etmiştir. Analiz sonuçları ekonomik büyümedeki %1’lik artışın karbon salınımını %0.55 civarında arttırdığını göstermiştir. Hem kısa hem de uzun dönemde ekonomik büyümeden karbon salınımına doğru tek yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir.

Tunalı ve Ulubaş (2017) çalışmalarında 1970-2015 dönemi G7 Ülkeleri’nde ekonomik büyüme ve elektrik enerjisi tüketimi arasındaki ilişkiyi tespit etmek üzere Panel Regresyon Modeli uygulamışlardır. Uygulamalar sonucunda elektrik tüketimi, işgücünün ve sermaye birikimi ekonomik büyümeyi anlamlı ve pozitif olarak etkilediği tespit edilmiştir.

Tablo 9:Literatür Özeti

Yazar/lar	Ülke	Dönem	Değişkenler	Metodoloji	Sonuç
Kraft ve Kraft(1978)	ABD	1947-1974	GSYH, Enerji tüketimi	Granger Nedensellik	GSYH→EC
Akarca ve Long(1980)	ABD	1950-1970	GSYH, Enerji tüketimi	Simse Tekniği	GSYH---EC
Yu ve Choi (1985)	Filipinler ve Kore Cumhuriyeti	1954-1976	GSYH, Enerji tüketimi	Granger Nedensellik	EC→GSYH Filipinler, GSYH→EC Kore Cumhuriyeti
Stern(1993)	ABD	1947-1990	GSYİH, Enerji, Sermaye, İşgücü	VAR Modeli, Granger Nedensellik	EC→GSYH
Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul(2007)	Türkiye	1970-2003	GSYH, Enerji tüketimi	ARDL Sınır Testi	EC→GSYH KD EC--- CO2 UD
Mucuk ve Uysal(2009)	Türkiye	1960-2006	GSYH, Enerji tüketimi	Johansen Eşbütünleşme, Granger nedensellik	EC→GSYH
Apergis ve Payne(2009)	6 Orta Amerika Ülkesi	1971-2004	CO2, Enerji tüketimi ve GSYH	Pedroni Eşbütünleşme, Panel Regresyon	EC↔GSYH EC→CO2

				Analizi, Panel VECM	GSYH→C O2
Pao ve Tsai(2010)	BRIC Ülkeleri	1971- 2005	CO2, Reel GSYH, Enerji tüketimi	Panel veri, Panel nedensellik	EC↔GSYH EC↔CO2
Ağır ve Kar(2010)	Türkiye İlleri	2000	Elektrik tüketimi, Ekonomik gelişmişlik	Yatay Kesit Analizi	ELTUK →GSYH
Lotfalipour vd. (2010)	İran	1967- 2007	CO2 emisyonu, GSYH, Enerji (petrol ürünleri ve doğal gaz) tüketimi	Toda-Yamamoto Granger nedensellik	GSYH→C O2 GSYH→EC
Lean and Smyth (2010)	Güney Doğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN)	1980- 2006	CO2 emisyonu, Elektrik tüketimi ve GSYH	Johansen Fisher Panel eşbütünleşme, Panel VECM	EC→GSYH CO2→GSY H
Shahbaz ve Feridun (2011)	Pakistan	1971- 2008		TodaYamamoto ve Waldtest Nedensellik	GSYH→EL K
Farhani and Rejeb (2012)	MENA Bölgesi	1973- 2008	Enerji tüketimi, GSYH ve CO2 emisyonu	Panel Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik testi	GSYH→ EC CO2→ EC

Saatçi ve Dumrul (2013)	Türkiye	1960-2008	Enerji tüketimi ve GSYH	Johansen Eşbütünleşme, Dinamik ve Düzeltilmiş EKK	EC→GSYH
Ergün ve Polat (2015)	OECD Ülkeleri	1980-2010	Kişi başına CO2 Emisyonu Kişi başına GSYH ve Elektrik Tüketimi	Panel Birim Kök, Eşbütünleşme ve Panel VECM	GSYH↔EC GSYH→C O2
Hepaktan ve Sertkaya(2016)	Türkiye	1980-2014	GSYH, Elektrik Tüketimi,CO2,Petrol Tüketimi	Johansen Eşbütünleşme, Granger Nedensellik, Vektör Hata Düzeltme	KB GSYH → KB ELK CO2→KB ELK PT→KB ELK
Nurgün TOPALLI (2016)	Hindistan , Çin, Brezilya ve Güney Afrika	1980-2010	CO2,GSYH	Panel Eşbütünleşme, Panel Nedensellik	GSYH→ CO2
Tunalı ve Ulubaş (2017)	G7 Ülkeleri	1970-2015	GSYH, KB EC, Brüt Sermaye Oluşumu ve İşgücü Miktarı	Panel Regresyon Testleri, Hausman Spesifikasyon Testi, Driscoll-Kraay	EC→GSYH

Not: EC: Enerji Tüketimi, GSYH: Gayri Safi Yurtiçi Hasılayı,CO2:Karbon salınımı KB: Kişi Başı, ELK: Elektrik Tüketimini, PT: Petrol Tüketimi, KD: Kısa Dönem, UD: Uzun Dönem ve oklar nedenselliğin yönünü göstermektedir.

4.2. Ekonometrik Analiz Teorik Çerçevesi

Ekonometrik çalışmalarda en kritik aşama değişkenlerin rakamlarla ifade edilebilir bir hale getirilmesidir. Bu sebeple çalışmada kullanılacak değişkenlerle ilgili verilerin toplanması ve derlenmesi gerekmektedir. Ekonometrik çalışmalarda en sık kullanılan zaman serileri verileridir. Zaman serisi, zaman aralıkları eşit olan bir değişkene ait gözlemlerin oluşturduğu seridir. Zaman serisi verileri, günlük, haftalık, aylık, altı aylık ve yıllık aralıklarla derlenir. Zaman serileri verileri incelendiğinde çeşitli dalgalanmaların etkisi altında kaldığı görülmektedir. Bu etkilerin sebepleri ise şöyledir; trend, düzensiz hareketler, mevsimsel ve konjonktürel dalgalanmalardır.

4.2.1. Birim Kök Testi

Ekonometrik analiz çalışmasında parametreler arasındaki ilişkinin anlamlı olabilmesi için kullanılan zaman serilerinin de durağan olması gerekmektedir. Değişkenler arasında anlamlı ilişki olmamasına rağmen aralarında ilişki varmış gibi yüksek bir R^2 değeri görülebilir. Burada da sahte regresyon problemi ortaya çıkmış olur. Durağan olmayan seriler ile analiz yapıldığında R^2 değeri ile F ve t testleri yanıltıcı sonuçlar verecektir. Özet olarak analiz çalışmalarında anlamlı sonuçlar için durağan olmayan serilerin durağan hale getirilmesi gerekmektedir. Durağanlığı tespit etmek için grafiksel ve korelogram analiz ile birim kök analizi kullanılmaktadır. Birim kök testi ise en yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir.

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + u_t$$

$\beta_1=1$ ise bu bir rassal yürüyüş sürecini ifade etmektedir. Bu yürüyüş süreci durağan olmayan bir süreçtir ve birinci farkı alındığında durağan hale gelmektedir. Yani $\beta_1=1$ olması serinin birim köklü olduğunu ifade etmektedir. Birim kök analizinin mantıksal tarafı β_1 değerinin istatistiksel olarak 1'e eşit olup olmadığının test edilmesidir.

Birim kökün tespit edilmesinde en yaygın kullanılan testler D. Dickey ve W. Fuller tarafından 1979 yılında geliştirilen Dickey Fuller (DF) ile sonrasında genişletilen Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) testi ve Peter C. B. Phillips ve Pierre Perron tarafından 1988 yılında geliştirilen Philips-Perron (PP) olarak bilinmektedir.

4.2.1.1. Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) Testi

1979 yılında David Dickey ve Wayne Fuller tarafından geliştirilen Dickey-Fuller testi zaman serilerinde otokorelasyon sorunu oluşturması sebebiyle 1981 yılında Augmented Dickey-Fuller (ADF) geliştirilmiştir. Hata teriminin otokorelasyon sorununu engellemek için Dickey-Fuller'in sabitsiz-trendsiz, sabitli-trendli ve sabitli denklemleri içerisine hata terimlerinin gecikmeli değerleri eklenir. Gecikme uzunluğunun tespiti için Akaike (AIC) ve Schwarz (SIC) bilgi kriterleri kullanılacaktır. Denklemler aşağıdaki gibidir;

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \beta_i \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = a_0 + \gamma Y_{t-1} + \beta_i \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = a_0 + a_1 t + \gamma Y_{t-1} + \beta_i \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (3)$$

Yukarıda yer alan regresyon eşitlikleri için hipotezler aşağıda yer almaktadır.

H0: Seri durağan değildir (Birim kök vardır)

H1: Seri durağandır (Birim kök yoktur)

Serilerin düzey değerde durağan olması I(0), birinci farkta durağan olması I(1) olarak ifade edilmektedir. Durağanlık test sonucunda t (tau) değeri MacKinnon (1996) tablo değerinden küçük ise H0 hipotezi kabul edilmekte ve seri durağan olmayıp birim kök içermektedir. Eğer bulunan t değeri bk ise H0 hipotezi reddedilmektedir ve seri durağan olup birim kök içermektedir.

4.2.1.2.Philips Perron (PP) Testi

Philips ve Perron (1988) çalışmasında, Dickey-Fuller ve Augmented Dickey-Fuller bazı durumlarda yetersiz kaldığını iddia etmiştir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için hata terimlerini düzeltmeyi hedefleyen bir test geliştirmişlerdir. Bu test DF ve ADF denklemlerinin otoregresif düzeltmeleri haricinde hareketli ortalamalar düzeltmeler içermektedir. Philips-Perron'un Dickey-Fuller testinin hata terimlerinin kısıtlayıcı hipotezlerinden vazgeçmelerinin sebebi hata hata terimlerinin geçmiş değerlerinin dinamik ortalama olarak (MA) kullanmalarıdır. Durağanlık test sonucunda t (tau) değeri MacKinnon(1996) tablo değerinden küçük ise H0 hipotezi kabul edilmekte ve seri durağan olmayıp birim kök içermektedir. Eğer bulunan t değeri büyük ise H0 hipotezi reddedilmektedir ve seri durağan olup birim kök içermektedir.

4.2.2.Johansen Eşbütünleşme Testi

Ekonometrik analizlerde durağan olmayan zaman serileri kullanıldığında sahte regresyon sorunu gibi problemlerle karşılaşılabilir ve bu yüzden test istatistikleri yanıltıcı olabilmektedir. Johansen Eşbütünleşme testi, 1988 ve 1990 yıllarında Soren Johansen ve Katarina Juselius tarafından geliştirilmiştir. Test düzey seviyelerinde durağan olmayan en az iki serinin durağan bir bileşimi olduğunu ifade eden eşbütünleşme kavramını test etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu test ile çoklu eş-bütünleşme ilişkilerinin ortaya koyulması amaçlanmaktadır.

Eşbütünleşme ilişkisinin tespiti için birinci şart, değişkenlerin birinci farklarının durağan olmasıdır. İkinci şart ise, bu değişkenler ile yapılan regresyon sonucunda tahmin edilen hata teriminin de durağan olmasıdır. İki serinin bütünleşik olmasıyla birlikte her iki seride bulunan trend birbirini götürerek trend faktöründen arındırılmış bir ilişki ortaya çıkmaktadır. Böylece serilerin birbirleriyle uzun dönemli bir ilişki içerisinde olduğu ifade edilebilmektedir.

Johansen-Juselius yönteminde vektör otoregresif (VAR) modeli kullanılmaktadır.

$$X_t = \pi_1 X_{t-1} + \pi_2 X_{t-2} + \dots + \pi_k X_{t-k} + \mu + e_t \quad (1)$$

X değişkenlerinin birinci farkları alındığında ise, hata düzeltme formundaki;

$$\Delta X_t = \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \Gamma_{k-1} \Delta X_{t-k+1} + \dots + \pi_k X_{t-k} + \mu + e_t \quad (2)$$

elde edilmektedir.

$$\Gamma_i = -I + \pi_1 + \dots + \pi_i \quad (3)$$

$$\pi = I - \pi_1 - \dots - \pi_k \quad t = 1 \dots i \quad (4)$$

olarak ifade edilmektedir.

Modelde, X_t I(1)' de olan değişkenlerin (m x1) boyutlu vektörü, π (m x m) boyutlu matrisi ve e_t hata terimidir. Değişkenlerin uzun dönem ilişkileri hakkında bilgi veren π ise Γ_i ile aynı (m x m) boyutlu bir matristir. π matrisinin rankı; değişkenlerin lineer şekilde bağımsız ve durağan lineer kombinasyon sayısıdır. Rank (π)=r<m ise; durağan veya eşbütünleşme olan X_t değişkenleri arasında r sayıda lineer kombinasyon mevcut olup bu durumda π matrisi $\pi = \alpha.\beta$ şeklinde yazılabilecektir. α hata düzeltme parametrelerini içermekte ve β eşbütünleşme vektörler matrisidir. π matrisinin rankı 1 veya 1'den fazla ise, bu durumda 1 veya daha fazla eşbütünleşme vektör söz konusu olacaktır. Bu ilişki uzun dönem ilişkiyi ifade etmektedir. Eşbütünleşme vektörünün bulunması durumunda eşbütünleşme olmadığını söyleyen H0 hipotezi reddedilecektir.

H0: Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur.

H1: Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

Johansen-Juselius, eşbütünleşme vektör sayısını bulmak amacıyla iki farklı istatistik ileri sürmüştür. Bunlar İz ve Maksimum Özdeğer testleridir. Testlere ilişkin λ_{trace} ve λ_{max} istatistikleri Johansen-Juselius (1990)'nun tablodaki değerleri ile kontrol edilir. Testlere ilişkin değerler tablodaki değerlerden büyük ise durağan olmayan serilerin eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşılabacaktır.

$$\lambda_{Trace} = -T. \sum_{i=r+1}^p \ln (1 - \lambda_i) \quad (5)$$

$$\lambda_{max} = -T \cdot \ln(+\lambda_{r+1}) \quad 0 \leq r \leq p \quad (6)$$

4.2.3.Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM)

Engle ve Granger (1987) tarafından seriler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkileri birbirinden ayırt etmek için geliştirilmiştir. Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi var ise, bu değişkenler arasındaki nedensellik analizi hata düzeltme modeliyle yapılması daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. Modelde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında sahte ilişkilere meydan verilmeden verinin kısa ve uzun dönem bilgisi kullanılabilmektedir. Uzun dönemde herhangi bir şokla karşılaşp karşılaşmadığı da yine VECM kullanılarak tespit edilmeye çalışılır.

$$\Delta X_t = a + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta X_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \psi_i \Delta Z_{t-i} + \lambda EC_{t-1} + e_t$$

Yukarıda yer alan hata düzeltme modelinde λ , hata düzeltme parametresini ifade etmektedir ve uzun dönemde denge düzeyine yakınlaştırmaktadır. Modele dahil edilen parametre hata düzeltme modelinin standart Granger nedensellik analizinden ayıran önemli bir farklılıktır. λ parametresinin istatistiksel olarak anlamlı olması dengeden sapma durumunun varlığını ifade etmektedir. Hata düzeltme parametresinin anlamlı ve negatif olması beklenir. β , γ ve ψ katsayıları ise bağımlı değişken üzerindeki direk etkiyi gösteren kısa dönem parametreleridir. Tüm bu parametrelerin F istatistik değerinin veya hata düzeltme katsayısının t istatistik değerinin anlamlı olması nedenselliğin olduğuna delildir.

4.2.4.Granger Nedensellik Testi

Zaman serilerindeki nedensellik tanımı ilk olarak Norbert Wiener tarafından yapılmıştır. Bu tanım Granger tarafından daha da 1969 yılında genişletilerek nedenselliğin varlığının ve yönünün tespiti olarak adlandırılmış ve literatürde “Granger nedensellik testi” olarak adlandırılmıştır. Granger nedensellik testi zaman serilerinin durağan oldukları varsayımı ile yapılmaktadır. Birim kök testi ve eşbütünleşme analizi sonucunda durağan olmadığı tespit edilen serilere Granger nedensellik testi uygulanması durumunda geçerli sonuçlar vermeyecektir.

Granger nedensellik testinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin yönü belirlenmekte olup üç sonuç bulunmaktadır.

Tek yönlü nedensellik: $Y=f(X)$ şeklindeki bir modelde, X 'den Y 'ye doğru veya Y 'den X 'e doğru nedensellik ilişkisi bulunduğunu ifade etmektedir. Bu tek yönlü ($Y \Rightarrow X$ veya $X \Rightarrow Y$) nedensellik ilişkisinin varlığını göstermektedir.

Çift yönlü nedensellik: Değişkenler arasında karşılıklı olarak nedensellik etkisi olduğu durumdur ($Y \Leftrightarrow X$).

Birbirinden bağımsızlık: Değişkenlerin birbirlerini etkilememesi yani birbirinden bağımsız olmasıdır. Herhangi bir nedensellik ilişkisinin bulunmama durumudur.

$$X_t = \sum_{i=1}^m \lambda_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^m \delta_j Y_{t-j} + u_{1t} \quad (1)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^m B_j X_{t-j} + u_{2t} \quad (2)$$

Yukarıda yer alan denklemlerle nedensellik testi uygulanmaktadır. Nedensellik ilişkisi VAR modelinin katsayılarında yapılacak sıfır kısıtlamaları ile incelenebilecektir.

Hipotezler;

$$H_0 : \delta_j = 0$$

$$H_0: \delta_j \neq 0$$

Temel hipotez, Y X 'in Granger nedeni değildir ve alternatif hipotez Y X 'in Granger nedenidir göstermektedir.

Nedensellik analizi büyük gözlemlerde kullanılan Wald testi ile yapılabilmektedir. H_0 hipotezi Wald test istatistiği ile χ^2 kritik değeri karşılaştırılarak test edilmektedir. Test istatistiği tablo kritik değerinden büyük ise “ Y X 'in granger nedenidir” diye belirtilir.

4.3.Ekonometrik Analiz Sonuçları

4.3.1.Veri Seti ve Model

Bu analiz çalışmasında enerji tüketimi ve karbon salınımının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz etmek için üç değişken kullanılmıştır. Enerji tüketimi göstergesi olarak birincil enerji tüketimi (primary energy consumption), karbon salınımı göstergesi olarak karbon emisyonu (carbon dioxide emissions) ve ekonomik büyüme göstergesi için ise Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GDP constant 2010 US\$) seçilmiştir. Çalışmadaki değişkenlerden enerji tüketim BP Dünya Enerji İstatistiklerinden, karbon salınım verisi Uluslararası Enerji Ajansından GSYİH verisi Dünya Bankası'ndan alınmıştır. Alınan veriler Türkiye için 1980-2019 dönemine aittir ve yıllıktır.

Tablo 10:Değişkenler, Açıklama ve Kaynaklar

Değişkenler	Açıklama	Kaynaklar
Enerji Tüketimi (EC)	Exajoules	BP Dünya Enerji İstatistik
Karbon Salınımı (CO2)	Milyon Ton	IEA
GSYH (GDP)	Amerikan Doları	Dünya Bankası

4.3.2.Metodoloji

Enerji tüketimi ve karbon salınımının ekonomik büyüme üzerindeki ilişkisinin analiz edildiği çalışmaya ilişkin metodolojik sıralama şu şekilde özetlenebilir;

- Modelde yer alan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler,
- Korelogram testi,
- Durağanlık için ADF ve PP birim kök testleri,
- Johansen Eş-bütünleşme testi,
- Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) testi,
- Granger Nedensellik testi,

Ekonometrik analiz çalışmasında Türkiye'nin toplam enerji tüketimi, toplam karbon salınımı ve toplam GSYH arasındaki ilişki 1980-2019 yıllarını kapsayan veriler ile test edilmiştir. Serilerin öncelikle logaritması alınmış durağanlıklarının tespit edilebilmesi için birim kök testlerinden Augmented Dickey Fuller(ADF) ve Phillips Perron (PP)'den yararlanılmıştır. Birinci farkta durağan olduğu görülen değişkenlere sırasıyla Johansen Eş

Bütünleşme testi yapılarak ardından Vektör Hata Düzeltme Modeli ve Granger Nedensellik testi ile değişkenlerin birbiri arasında nedensellik ortaya koyulacaktır.

4.3.3.Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışmada kullanılan değişkenlere ait zaman serileri çok büyük değerler içermekte ve geometrik seri özelliği göstermiyor. Bu sebeple analize üç değişkenin logaritması alınarak başlanılmıştır. Değişkenlerin sahip oldukları temel değerler kullanılan değişkenler için ön bilgi sunmaktadır. Tablo 11’de ele alınan değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri yer almaktadır.

Tablo 11:Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

	GDP	EC	CO2
Ortalama	5.97E+11	3.2636	198.33
Medyan	5.00E+11	2.929	180.53
Maksimum	1.26E+12	6.490	378.63
Minumum	2.19E+11	1.067	71.126
Standart Sapma	3.10E+11	1.6274	90.807
Çarpıklık	0.7630	0.4811	0.4178
Basıklık	2.4478	2.1342	2.1035

Ortalama: Bir data setindeki tüm değerlerin toplamının, o serideki data sayısına bölünmesiyle bulunmaktadır.

Medyan: Veriler küçükten büyüğe doğru sıralandığında(ya da tersi) gözlemlerin yarısı bu değer altında, yarısı bu değer üstünde kalır. Büyükten küçüğe doğru sıralanan verileri iki eşit parçaya bölen değere medyan adı verilir. Bu nedenle ortanca olarak da adlandırılır.

Maksimum: Veri setinde değişkenlere ait en büyük değeri ifade etmektedir.

Minumum: Veri setinde değişkenlere ait en küçük değeri ifade etmektedir.

Standart Sapma (Standart Deviation):Serilerin ortalamadan ne kadar saptıklarını göstermektedir. Standart sapmanın küçük değerde olması grubun homojen olduğunu gösterir.

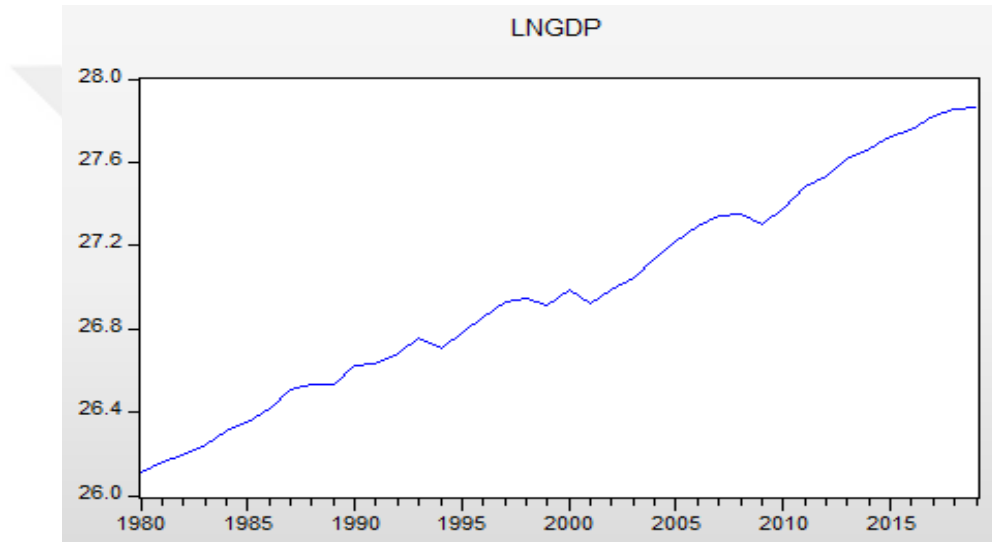
Çarpıklık (Skewness):Verilerin ortalamadan etrafında simetriden ne kadar saptığını gösterir. Sıfır değere sahip olması orta da dengelenmiş bir dağılımı ifade etmektedir. Sıfırdan büyük olması pozitif çarpıklık olarak ifade edilir ve sağa doğru uzun kuyruğa sahiptir. Sıfırdan küçük olması negatif çarpıklık olarak ifade edilir ve sola doğru uzun kuyruğa sahip olduğunu göstermektedir. GDP(0.76) ,EC (0.48) ve CO2 (0.41) pozitif çarpıktır.

Basıklık (Kurtosis): Verilerin dağılımının tepe noktalarının durumunu ifade etmektedir. Basıklık değerinin 3 olması orta basık olduğunu gösterir. Sivri olması durumunda değer 3'ten büyük, düz olması durumunda da değer 3'ten küçük olduğu bilinmektedir. GDP(2.44), EC (2.13) ve CO2 (2.10) düz bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir.

4.3.4. Değişkenlerin Grafikselleştirilmesi

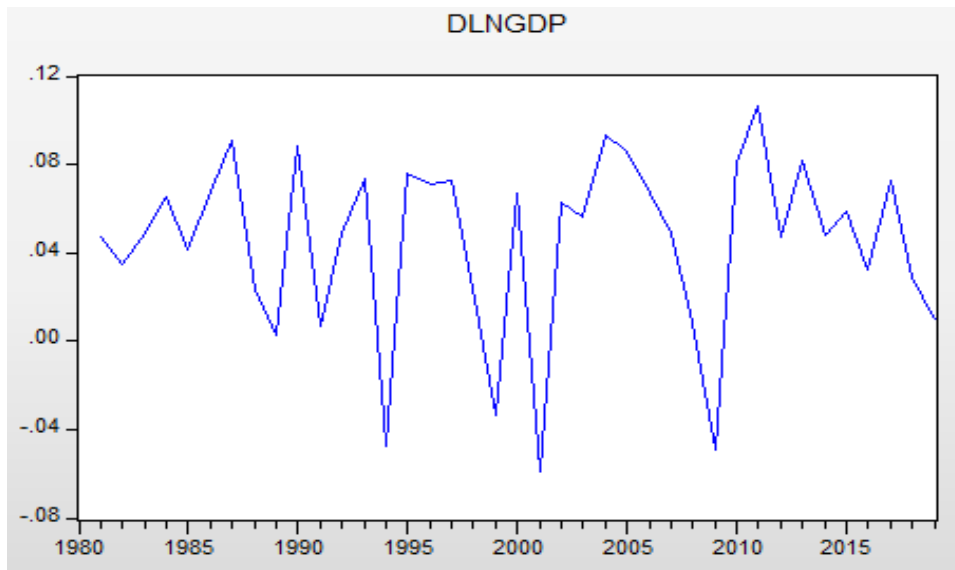
LNGDP serisine ait verilerin grafiği aşağıda Şekil 13'de görülmektedir. LNGDP serisinin orijinal grafiği incelendiğinde yıllar itibariyle bir artış eğilimi gösterdiğinden trend içermektedir. LNGDP serisinin durağanlaştırılması gerekmektedir.

Şekil 13: LNGDP Serisinin Grafiği



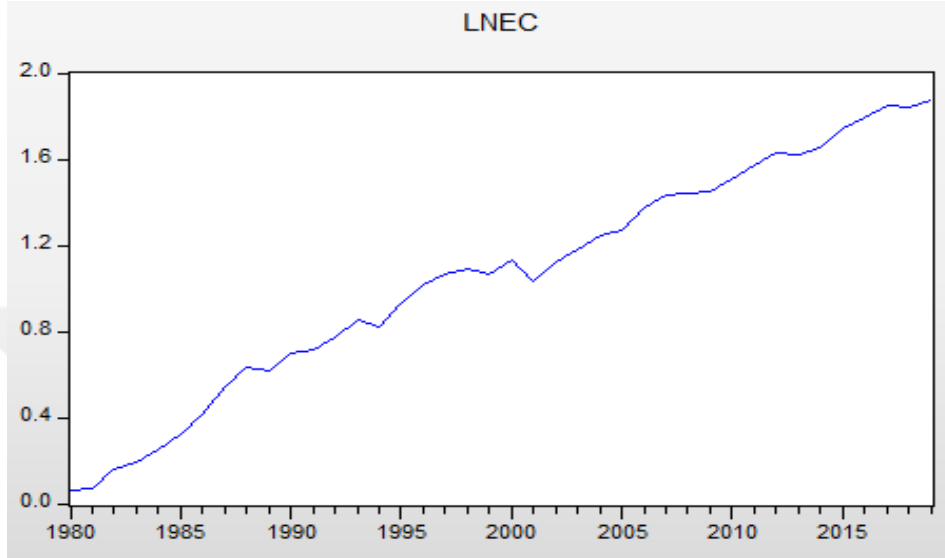
LNGDP serisinin birinci farkı alınarak durağanlaştırılmış ve bu işlemten sonra seriye ait trend ortadan kaldırılmıştır. Şekil 14'de DLNGDP'e ait grafik yer almaktadır.

Şekil 14: DLNGDP Serisinin Grafiği



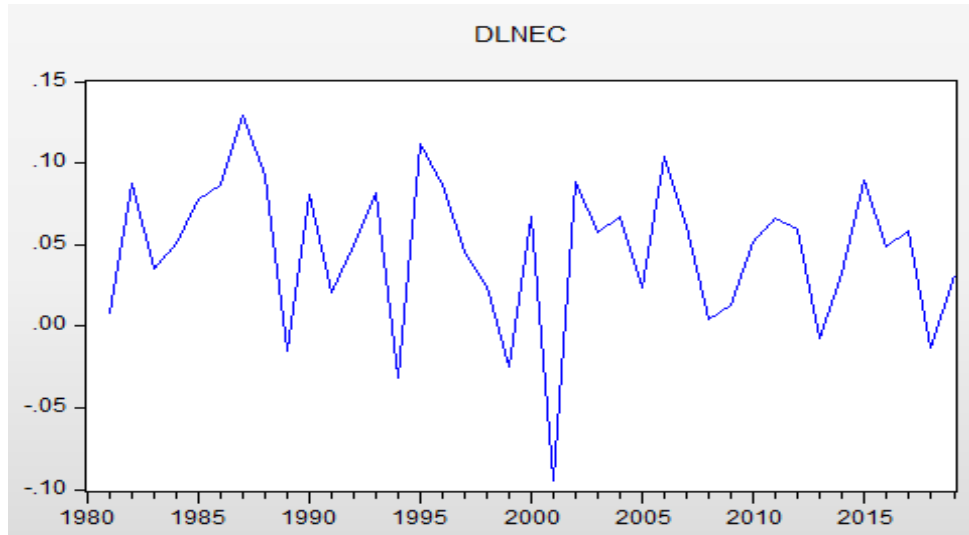
LNEC serisine ait verilerin grafiği aşağıda şekil 15’de görülmektedir. LNEC serisinin orijinal grafiği incelendiğinde yıllar itibariyle bir artış eğilimi gösterdiğinden trend içermektedir. LNEC serisinin durağanlaştırılması gerekmektedir.

şekil 15:LNEC Serisinin Grafiği



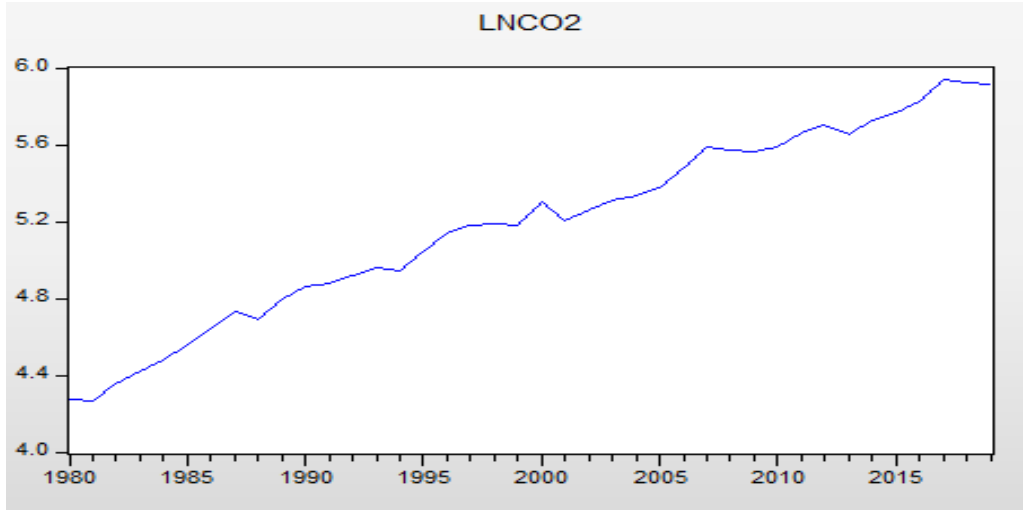
LNEC serisinin birinci farkı alınarak durağanlaştırılmış ve bu işlemten sonra seriye ait trend ortadan kaldırılmıştır. şekil 16’da DLNEC’e ait grafik yer almaktadır.

şekil 16:DLNEC Serisinin Grafiği



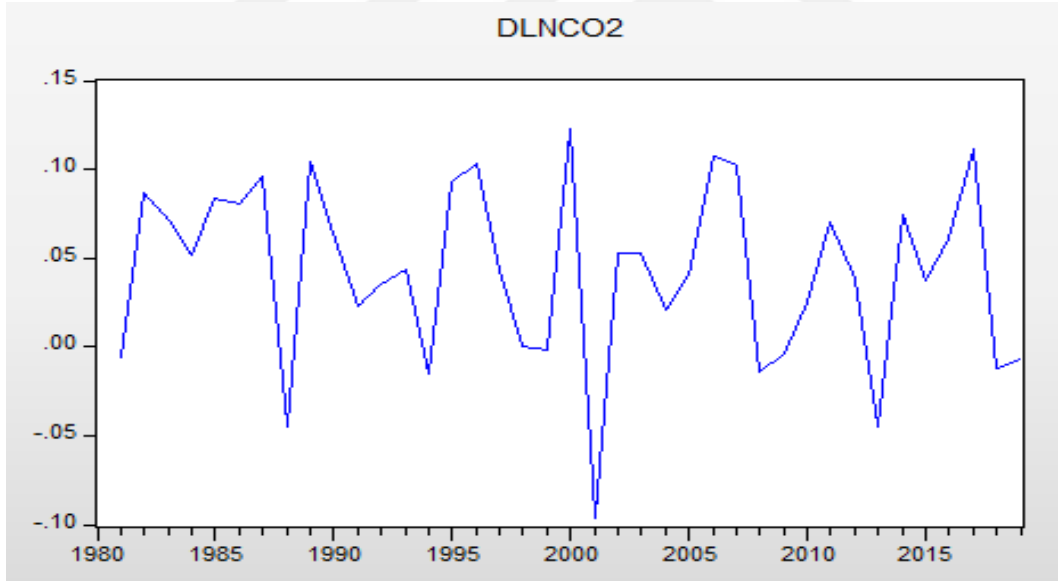
LNCO2 serisine ait verilerin grafiği aşağıda şekil 17’de görülmektedir. LNCO2 serisinin orijinal grafiği incelendiğinde yıllar itibariyle bir artış eğilimi gösterdiğinden trend içermektedir. LNCO2 serisinin durağanlaştırılması gerekmektedir.

Şekil 17:LNCO2 Serisinin Grafiği



LNCO2 serisinin birinci farkı alınarak durağanlaştırılmış ve bu işlemten sonra seriye ait trend ortadan kaldırılmıştır. Şekil 18’de DLNCO2’e ait grafik yer almaktadır.

Şekil 18:DLNCO2 Serisinin Grafiği



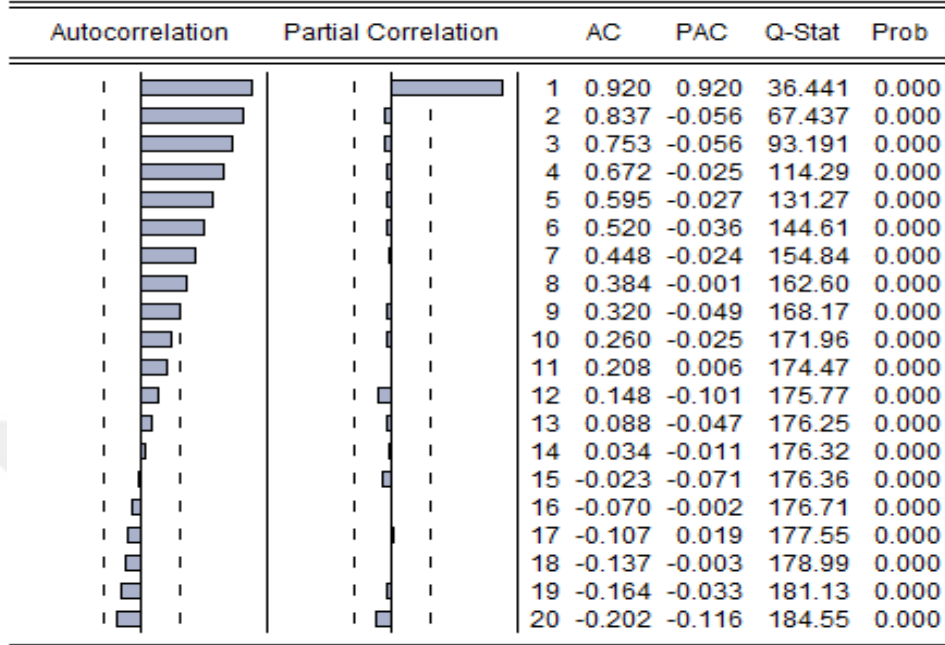
4.3.5.Korelogram Testi Sonuçları

Korelogram analizi herhangi bir zaman serisinin durağanlık testi için kullanılmakta olan otokorelasyon fonksiyonuna (ACF) dayalı bir yöntemdir. Otokorelasyon katsayı değerinin güven aralığı dışında kalması aynı zamanda otokorelasyonun bulunduğunu ifade etmektedir. Bu da zaman serisinin geçmiş değerlerine bağımlı, rassal olmayan bir seri olduğunu ifade etmektedir.

Şekil 19:LNGDP Korelogram Test Sonucu

Sample: 1980 2019

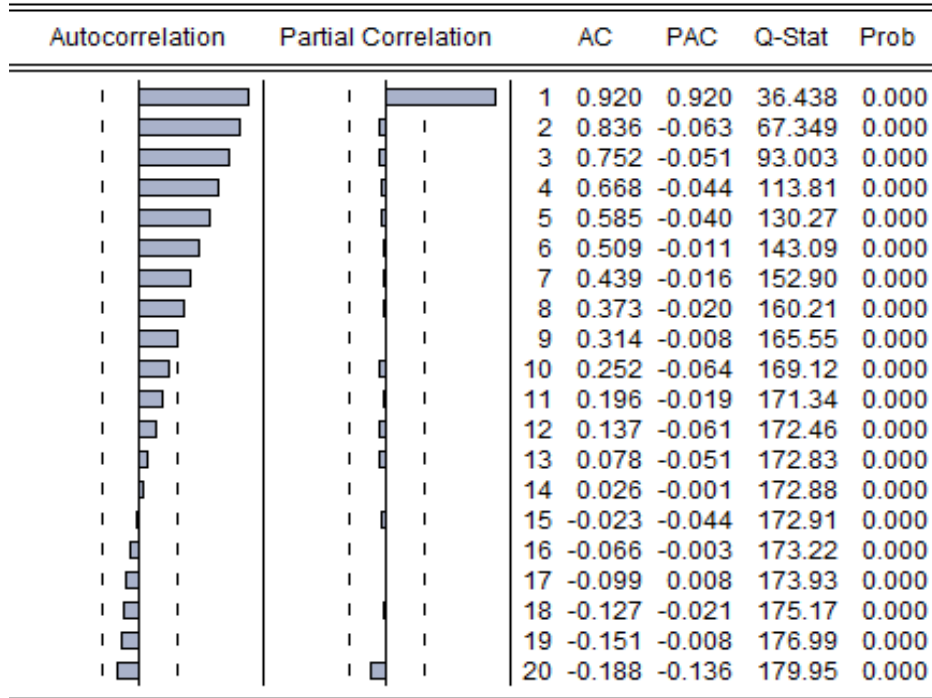
Included observations: 40



Şekil 20:LNEC Korelogram Test Sonucu

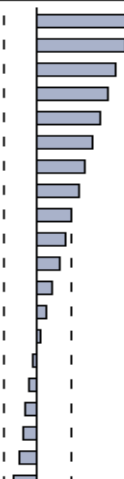
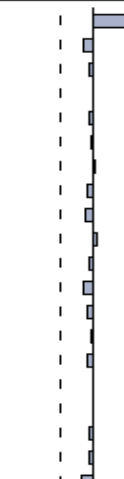
Sample: 1980 2019

Included observations: 40



Şekil 21:LNCO2 Korelogram Test Sonucu

Sample: 1980 2019
Included observations: 40

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.918	0.918	36.293	0.000
		2	0.829	-0.086	66.678	0.000
		3	0.742	-0.035	91.684	0.000
		4	0.663	0.001	112.21	0.000
		5	0.587	-0.032	128.78	0.000
		6	0.517	-0.013	141.99	0.000
		7	0.456	0.011	152.56	0.000
		8	0.393	-0.056	160.67	0.000
		9	0.324	-0.077	166.37	0.000
		10	0.267	0.026	170.35	0.000
		11	0.210	-0.048	172.90	0.000
		12	0.147	-0.084	174.19	0.000
		13	0.084	-0.050	174.63	0.000
		14	0.028	-0.008	174.68	0.000
		15	-0.025	-0.050	174.72	0.000
		16	-0.070	0.006	175.07	0.000
		17	-0.106	0.004	175.88	0.000
		18	-0.138	-0.038	177.34	0.000
		19	-0.169	-0.030	179.62	0.000
		20	-0.210	-0.104	183.34	0.000

Şekil 19, Şekil 20 ve Şekil 21’de görüldüğü gibi tüm değişkenlerin (AC) değerleri güven sınırlarının ötesinde olduğu için serilerin otokorelasyona sahip olduğu görülmektedir. Otokorelasyon (AC) değeri yüksek seviyeden başlayarak yavaş biçimde azalmakta yani serilerdeki otokorelasyon belirli bir süre sonra azalmaktadır. Otokorelasyonu azaltmak ve serilerin durağan hale gelmesini sağlamak için değişkenlerin birinci farkları alınarak korelogram testi tekrarlanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Şekil 22:LNGDP Korelogram Test Sonucu (Birinci Farkı Alınmış)

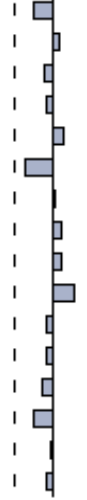
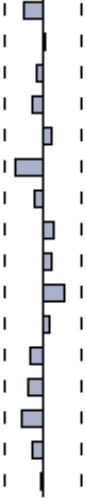
Sample: 1980 2019
Included observations: 39

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.090	-0.090	0.3396	0.560
		2	-0.046	-0.055	0.4314	0.806
		3	-0.056	-0.066	0.5685	0.904
		4	-0.322	-0.342	5.3143	0.257
		5	-0.053	-0.152	5.4483	0.364
		6	-0.102	-0.210	5.9508	0.429
		7	0.209	0.106	8.1262	0.322
		8	0.055	-0.067	8.2829	0.406
		9	0.015	-0.052	8.2956	0.505
		10	0.222	0.173	11.018	0.356
		11	-0.070	0.098	11.295	0.419
		12	-0.183	-0.143	13.284	0.349
		13	-0.057	-0.036	13.480	0.411
		14	-0.125	-0.080	14.479	0.415
		15	0.076	0.066	14.864	0.461
		16	-0.135	-0.281	16.140	0.443

Şekil 23:LNEC Korelogram Test Sonucu (Birinci Farkı Alınmış)

Sample: 1980 2019

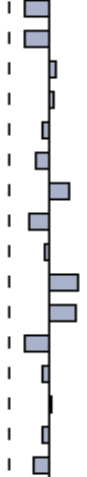
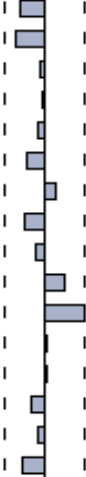
Included observations: 39

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.165	-0.165	1.1475	0.284
		2 0.044	0.017	1.2295	0.541
		3 -0.072	-0.064	1.4608	0.691
		4 -0.060	-0.085	1.6244	0.804
		5 0.084	0.066	1.9536	0.856
		6 -0.243	-0.231	4.8228	0.567
		7 0.012	-0.081	4.8301	0.681
		8 0.076	0.089	5.1275	0.744
		9 0.071	0.074	5.3992	0.798
		10 0.178	0.176	7.1524	0.711
		11 -0.050	0.050	7.2928	0.775
		12 -0.059	-0.113	7.4973	0.823
		13 -0.090	-0.126	7.9981	0.844
		14 -0.165	-0.180	9.7402	0.781
		15 -0.021	-0.085	9.7701	0.834
		16 -0.060	-0.009	10.023	0.865

Şekil 24:LNCO2 Korelogram Test Sonucu (Birinci Farkı Alınmış)

Sample: 1980 2019

Included observations: 39

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.198	-0.198	1.6420	0.200
		2 -0.193	-0.241	3.2441	0.197
		3 0.061	-0.037	3.4096	0.333
		4 0.025	-0.017	3.4380	0.487
		5 -0.063	-0.058	3.6235	0.605
		6 -0.111	-0.149	4.2195	0.647
		7 0.161	0.083	5.5189	0.597
		8 -0.157	-0.172	6.7940	0.559
		9 -0.045	-0.075	6.9005	0.647
		10 0.240	0.162	10.068	0.435
		11 0.215	0.330	12.708	0.313
		12 -0.201	0.011	15.098	0.236
		13 -0.051	0.019	15.255	0.292
		14 0.020	-0.108	15.280	0.359
		15 -0.061	-0.062	15.525	0.414
		16 -0.135	-0.178	16.800	0.399

Şekil 22, Şekil 23, Şekil 24’de görüldüğü gibi her üç değişkenin (AC) değerleri güven sınırlarının içerisinde yer aldığı görülmektedir. Serilerin birinci farkı alınarak yapılan bu teste otokorelasyona hiç rastlanmamıştır. Bu sonuç bize aynı zamanda serilerde çıkan değerlerin önceki değerlerle bir ilişkisi olmadığını göstermektedir.

4.3.6.Birim Kök Testi Sonuçları (Unit Root Test)

Değişkenlere ait grafik ve korelogram incelemeleri sonucunda durağan olmadıkları görülmüştür. Bu gözlemi test ile araştırmak için ise birim kök testleri uygulanacaktır. Birim kök testlerinden Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Philips-Perron (PP) test sonuçları raporlanacaktır. Birim kök testleri sonucunda öncelikle değişkenlerin durağan mertebeleri belirlenerek uygulanacak yöntem ve ele alınacak model tespit edilecektir.

Tablo 12:ADF Birim Kök Test Sonuçları (Düzeyde)

	Sabit			Sabitli ve Trendli		
	LNGDP	LNEC	LNCO2	LNGDP	LNEC	LNCO2
t-Statistic	-0.2132	-1.3238	-1.3022	-2.6392	-2.249	-2.807
Prob.	0.9283	0.6089	0.6190	0.2692	0.4505	0.2035

Not: ADF testinde gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriterine göre otomatik belirlenmiştir. Prob değerleri, MacKinnon (1996) tek yönlü olasılık değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 12’de değişkenlere ait durağanlık sınamaları sabit ve sabitli-trendli modelde ADF test istatistiklerine göre gerçekleştirilmiştir. LNGDP, LNEC ve LNCO2 %1, %5, %10’luk anlam seviyesinde düzeyde I (0) durağan olmadığı birim kök içerdiği sonucuna varılmıştır. Bu sebeple değişkenleri durağan hale getirmek amacıyla birinci farkları alınacaktır.

Tablo 13:ADF Birim Kök Test Sonuçları (Birinci Farkı Alınmış)

	Sabit			Sabitli ve Trendli		
	LNGDP	LNEC	LNCO2	LNGDP	LNEC	LNCO2
t-Statistic	-6.5087	-7.1522	-7.3681	-6.4146	-7.437	-7.6066
Prob.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Not: ADF testinde gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriterine göre otomatik belirlenmiştir. Prob değerleri, MacKinnon (1996) tek yönlü olasılık değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 13’de değişkenlere ait sabit ve sabitli-trendli modelde değişkenlerin birinci dereceden farkı alınmış ve ADF birim kök testi yapılmıştır. Tüm değişkenlerin birinci dereceden farkları I(1) alındığında durağan hale geldikleri görülmektedir. Değişkenlere ait kritik değerlerin (0.000) olması %1 anlamlılık seviyesinde durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 14:PP Birim Kök Test Sonuçları (Düzeyde)

	Sabit			Sabitli ve Trendli		
	LNGDP	LNEC	LNCO2	LNGDP	LNEC	LNCO2
t-Statistic	-0.1824	-1.7922	-2.4579	-2.6916	-2.1578	-2.5553
Prob.	0.9324	0.3788	0.1334	0.2454	0.4988	0.3017

Not: PP testinde gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriterine göre otomatik belirlenmiştir. Prob değerleri, MacKinnon (1996) tek yönlü olasılık değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 14’te değişkenlere ait sabit ve sabitli-trendli modelde durağanlık testleri PP test istatistiklerine göre gerçekleştirilmiştir. LNGDP, LNEC ve LNCO2 %1, %5, %10’luk anlam seviyesinde düzeyde I (0) durağan olmadığı birim kök içerdiği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle değişkenleri durağan hale getirmek için birinci farkları alınacaktır.

Tablo 15:PP Birim Kök Test Sonuçları (Birinci Farkı Alınmış)

	Sabit			Sabitli ve Trendli		
	LNGDP	LNEC	LNCO2	LNGDP	LNEC	LNCO2
t-Statistic	-6.6551	-7.1381	-7.6711	-6.5447	-7.77	-10.6299
Prob.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Not: PP testinde gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriterine göre otomatik belirlenmiştir. Prob değerleri, MacKinnon (1996) tek yönlü olasılık değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 15’de değişkenlere ait sabit ve sabitli-trendli modelde değişkenlerin birinci dereceden farkı alınmış ve PP birim kök testi yapılmıştır. Tüm değişkenlerin birinci dereceden farkları I(1) alındığında durağan hale geldikleri görülmektedir. Değişkenlere ait kritik değerlerin (0.000) %1 anlamlılık seviyesinde durağan olduğunu göstermektedir.

ADF ve PP testleri sonucunda değişkenlerin eş derecede durağan olması aralarında uzun dönem bir ilişkinin varlığını araştırmamızı olası bir hale getirmiştir. Bu çerçevede eşbütünleşmenin varlığını test etmek üzere Johansen eşbütünleşme testi uygulanacaktır.

4.3.7.Johansen Eşbütünleşme Testi

Birim kök testleri sonuçlarından serilerin düzeyde durağan olmayıp birinci dereceden farkları alındığında durağan hale geldikleri görülmüştür. Serilerin aynı dereceden durağan

olması, yani $I(1)$ olmaları, Johansen eşbütünleşme testinin uygulanabilmesine imkan tanımaktadır. Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisini incelemek için Johansen tarafından geliştirilmiş eşbütünleşme testi uygulanacaktır.

Bu test öncesinde VAR modeline dayalı olan Johansen eş-bütünleşme testi için bilgi kriterleri kullanılarak uygun gecikme uzunluğu belirlenecektir. Ele alınan gecikme aralığı ise, serilerin yıllık olması nedeniyle dört olarak belirlenmiştir. Tablo 16’da kısıtsız VAR modeli ile belirlenmiş uygun gecikme uzunluğu gösterilmiştir. Bilgi kritik değerlerini en küçük yapan gecikme uzunluğu VAR modelimiz için 1 olarak seçilmiştir.

Tablo 16:Var Modeli için Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Gecikme Sayısı	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0		8.52E-07	-5.461558	-5.329598	-5.415500
1	204.8490*	2.34E-09*	-11.36309*	-10.83525*	-11.17886*
2	4.114679	3.39E-09	-11.00498	-10.08126	-10.68257
3	7.974851	4.23E-09	-10.81170	-9.492101	-10.35112
4	4.762781	6.01E-09	-10.51878	-8.803299	-9.920029

Not: Bilgi kriterleri; Logaritmik Olasılık Oranı (LR), Son Tahmin Hatası (FPE), Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Schwarz Kriteri (SC) ve Hannan-Quinn Kriteri (HQ)’dir.

Tablo 17’de yer alan Johansen eş-bütünleşme testi sonuçlarına göre $r=0$ hipotezinde hem trace hem de maximum eigen istatistik değerlerinin kritik değerleri aştığı görülmektedir. Bu durumda seriler arasında %5 anlamlılık düzeyinde eş-bütünleşme ilişkisinin olmadığı H_0 hipotezi reddedilmekte ve seriler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin olduğunu ifade eden H_1 hipotez kabul edilmektedir. Özetle seriler arasında uzun dönemli ilişkinin var olduğunu göstermektedir.

Tablo 17:Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları

Trace İstatistiği Sonuçları				
Hipotezler	Öz Değer	İz İstatistik	%5 Kritik Değer	Olasılık
$r=0$	0.501231	45.00185	42.91525	0.0304
$r \leq 1$	0.268385	18.56859	25.87211	0.3070
$r \geq 1$	0.161504	6.693548	12.51798	0.3776

Max-Eigenvalue Sonuçları				
Hipotezler	Öz Değer	İz İstatistik	%5 Kritik Değer	Olasılık
$r=0$	0.501231	26.43326	25.82321	0.0415
$r\leq 1$	0.268385	11.87505	19.38704	0.4269
$r\geq 1$	0.161504	6.693548	12.51798	0.3776

Not: Johansen eşbütünleşme testi uygulanırken model seçiminde AIC ve SC bilgi kriterlerinden yararlanılmıştır. Sabitli ve trendli modeli temsil eden Model 4 kullanılmıştır.

4.3.8.Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM)

Serilerin durağanlığının sağlanması için farkları alınmış ve bu işlem uzun dönem bilgilerinde kayıplara yol açmıştır. Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) kullanılarak yaşanan kayıplar ortadan kaldırılmaya çalışılır.

Tablo 18’de vektör hata düzeltme modelinin uzun dönem test sonuçları yer almaktadır. Uzun dönem katsayıları yorumlarken katsayıların işareti değiştirilerek yorumlamak gerekir. Uzun dönemde GSYH ile enerji tüketimi arasında olumlu yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Enerji tüketimindeki %1’lik artış GSYH’ yı % 2.35 artışa neden olur. Karbon salınımı ile GSYH’nın ise negatif bir ilişkisi bulunmaktadır. Karbon salınımındaki %1’lik artış GSYH’da %3.02 azalışa neden olmaktadır.

Tablo 18:Vektör Hata Düzeltme Modeli Uzun Dönem Test Sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	Standart Sapma	T-istatistik
LNGDP(-1)	1.000	-	-
LNEC(-1)	-2.3510	0.4773	-4.9256
LNCO2(-1)	3.0231	0.5445	5.552
TREND	-0.0629	0.0104	-6.0483
SABİT	-38.8855	-	-

Tablo 19’da vektör hata düzeltme modelinin kısa dönem test sonuçları yer almaktadır. Hata düzeltme modelinde hata düzeltme sayısının katsayı değeri -1 ile 0 arasında olmalıdır. Test sonucuna göre ECM(-1) -0.249 olarak tahmin edilmiştir. Hata düzeltme katsayısı istatistiki olarak anlamlı olup kısa dönemde gerçekleşen sapmaların uzun dönemde dengeye geleceğini ifade etmektedir. Değişkenler arasında kısa dönemli bir şok $1/0.249=4.02$ dönem sonra etkisini kaybedecektir.

Tablo 19:Vektör Hata Düzeltme Modeli Kısa Dönem Test Sonuçları

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Katsayılar	Standart Sapma	T-istatistik
D(LNGDP)	D(LNGDP(-1))	-0.04259	0.21734	-0.19599
	D(LNEC(-1))	-0.37979	0.23038	-1.64852
	D(LNCO2(-1))	0.54786	0.21069	2.60034
	ECM(-1)	-0.24962	0.08016	-3.11405

4.3.9.Granger Nedensellik Testi

Daha önce yapılan Johansen eşbütünleşme test sonuçlarına göre değişkenlerin birbirleri arasında bağımlı oldukları tespit edilmiştir. Bu bağımlılık ilişkisi aynı zamanda birbirleri arasında nedensellik ilişkisinin varlığını da ortaya koymaktadır. Granger nedensellik analiziyle de bu nedenselliğin yönü bulunacaktır. Granger nedensellik testi için vektör hata düzeltme modeli uygulanmış ve Akaike, Schwarz ve Hannan-Quinn bilgi kriterlerine göre gecikme uzunluğu “1” olarak belirlenmiştir.

Tablo 20:Granger Nedensellik Test Sonuçları

Ho	Ki-Kare	Olasılık değeri
D(LNEC)→D(LNGDP)	2.717605	0.0992
D(LNCO2)→D(LNGDP)	6.761762	0.0093
D(LNGDP)→D(LNEC)	0.042519	0.8366
D(LNCO2)→D(LNEC)	0.975568	0.3233
D(LNGDP)→D(LNCO2)	0.281652	0.5956
D(LNEC)→D(LNCO2)	0.466381	0.4947

Enerji tüketimi, karbon salınımı ve büyüme arasındaki nedenselliklerin yönüne Tablo 20’de yer verilmiştir. Enerji tüketiminden büyümeye doğru olasılık değeri 0.09’dır.Enerji tüketimi %5 istatistiksel anlamlılık düzeyinde ekonomik büyümenin granger nedeni değildir ancak %10 istatistiksel anlamlılık düzeyinde ekonomik büyümenin granger nedenidir. Karbon salınımindan büyümeye doğru olasılık değeri 0.00’dır.Karbon salınımı %1 istatistiksel anlamlılık düzeyinde büyümenin granger nedenidir. Büyümeden enerji tüketimi ve karbon salınımına, karbon salınımindan enerji tüketimine ve enerji tüketiminden karbon salınımına %1,%5,%10 anlamlılık düzeyinde nedensellik ilişkisi olmadığı gözlemlenmiştir.

SONUÇ

Ekonomik büyüme kavramı, ülkelerin hemen hemen her dönemde üzerinde önemle durdukları bir konu olmuştur. Enerji ise modern üretim tekniklerinin gelişmesi, sanayileşme ve kentleşme ile birlikte talebi artması sonucu önem kazanmıştır. Ülkelerin ekonomi politikalarının belirlenmesi aşamasında enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki etkili olduğundan dolayı bu ilişkiyi anlamak üzere birçok çalışmalar yapılmıştır.

Küreselleşmeyle birlikte artan enerji talebi, üretim ve tüketimin beraberinde çevresel sorunları da getirmiştir. Fosil kaynaklı enerji kaynaklarının alternatifi olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi ve bunlara ait yatırımların artması bu sorunları azaltma noktasında yararlı olacağı düşünülmektedir. 1990'lı yıllara gelindiğinde uluslararası düzeyde sözleşmeler imzalanarak belirli taahhüt ve yaptırımlarla çevre kirliliğine sebep olan karbon salınımının azaltılması hususunda gerekli çalışmalar yapılmaya başlanılmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında Kyoto Protokolü ile ülkelere bağlayıcı yükümlülükler verilmiştir. Türkiye Kyoto Protokolündeki konumu nedeniyle esneklik mekanizmalarından yararlanamamaktadır ancak mekanizmalardan bağımsız olarak işleyen Gönüllü Karbon Piyasası'nda emisyon ticareti yapmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'nin enerji tüketimi ve karbon salınımının ekonomik büyüme üzerindeki ilişkisini ortaya çıkarmak ve ekonomi açısından başarılı ve uygulanabilir enerji politikaları önermektir. Bu modelde; bağımlı değişken olarak ekonomik büyüme, bağımsız değişken olarak ise enerji tüketimi ve CO2 salınımı kullanılmıştır.

Çalışmada 1980-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır. İlk olarak serilerin durağanlıkları Genişletilmiş Dickey-Fuller ve Phillips-Perron birim kök analizleriyle test edilmiş ve serilerin birinci farklarında durağan oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesi için Johansen Eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Vektör Hata Düzeltme Modeli ile uzun dönem bilgilerinde yaşanan kayıplar ortadan kaldırılmıştır. Son olarak değişkenler arasındaki nedenselliğin yönünü tespit etmek amacıyla Granger Nedensellik analizi kullanılmıştır.

Johansen Eşbütünleşme ve Vektör Hata Düzeltme modeli testi sonucunda elde edilen bulgulara göre; Türkiye'de 1980-2019 yılları arasında uzun dönemde enerji tüketimi ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir. Karbon salınımı ise ekonomik büyüme üzerinde negatif etkiye sahiptir. Kısa dönemdeki gerçekleşen dengesizlikler 4,02 dönemde dengeye geleceği sonucuna ulaşılmıştır. Granger nedensellik test sonucunda ise enerji tüketiminden

ekonomik büyümeye doğru %10 ve karbon salınımından ekonomik büyümeye doğru %5 anlamlılık düzeyinde tek yönlü granger nedensellik ilişkisine rastlanılmıştır.

Analiz sonucunda elde edilen bulgular literatürdeki bazı çalışmaların (Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul 2007; Mucuk ve Uysal 2009; Lean ve Smyth 2010; Saatçi ve Dumrul 2013; Tunalı ve Ulubaş 2017) sonucu ile örtüştüğü görülmektedir. Literatürde örtüşmeyen sonuçlar elde edilen çalışmalarda bulunmakta olup bunun nedeni ele alınan dönem, değişkenler ve uygulanan analiz yöntemlerinin farklı olması söylenebilir.

Dünya Bankası iklim değişikliği ile mücadelede gelişmekte olan ülkelerde sera gazı emisyonlarının azaltım çalışmalarına katkı sağlamak ve piyasa temelli emisyon azaltım mekanizmalarının kullanılmasına yönelik “Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı” (Partnership for Market Readiness – PMR) teknik destek programını 2011 yılında hayata geçirmiştir. Türkiye, Dünya Bankası ile hibe anlaşmasını 2013 yılında imzalamıştır. Bu program kapsamında çeşitli çalıştay ve toplantılar düzenlenmektedir. 9 Aralık 2020 tarihinde “Türkiye’ de Pilot ETS Uygulamasına Yönelik Yasal ve Kurumsal Altyapının Geliştirilmesi Projesi Kapanış Konferansı” nda emisyon azaltım politikalarına yönelik Emisyon Ticaret Sistemi’nin kapsamı, tahsisatların hukuki niteliği, gelirlerin kullanımı, açık artırma ve piyasa gözetimi gibi birçok önemli konuda güncel mevzuat ve taslak mevzuatlar çerçevesinde değerlendirmeler yapılmıştır.¹²⁰ Emisyon ticaretinden elde edilen gelirlerin Türkiye’de iklim değişikliğinin önlenmesi için sera gazlarının azaltılması, uyum-azaltım faaliyetlerinin finanse edilmesi amacıyla kullanılması öngörülmektedir. Tahsisatların finansal araç olarak tanımlanıp kaydedilerek, karbon piyasası kapsamında alım-satımının Borsa İstanbul A.Ş. veya Enerji Piyasaları A.Ş. bünyesinde organize edilmesi, piyasa gözetiminin Sermaye Piyasası Kurulu tarafından yerine getirilmesi öngörülmüştür. Tahsisatlar sonucu elde edilen gelirlerin geri kullanımından sorumlu kuruluş olarak Takasbank’ın olabileceği ifade edilmiştir.

Türkiye’nin kurulacak organize karbon piyasası sayesinde hem küresel iklim değişikliğiyle mücadelesi hem de uluslararası düzeyde rekabet edilebilirliği artacaktır. Türkiye emisyon azaltımında elde edeceği ilave fayda ile teknolojik yeni üretim süreçlerine ve düşük emisyonlu büyüme politikalarına geçiş sağlayacaktır. Aynı zamanda fosil kaynaklara olan bağımlılığın azaltılması ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımına katkı sağlayacaktır.

¹²⁰ PMR Turkey, C1-CS1-Türkiye için Pilot ETS Uygulamasına Yönelik Yasal ve Kurumsal Altyapının Geliştirilmesi-Kapanış Toplantısı , (Çevrimiçi) <https://pmrturkiye.csb.gov.tr/sunumlar/> ,01.05.2021

Böylelikle dünyada popüler hale gelen düşük emisyon ve yüksek büyüme trendine uyumda sağlanacaktır.

Türkiye enerji tüketimin büyük çoğunluğunu ithal kaynaklı petrol, kömür ve doğal gaz oluşturmaktadır. Enerjide dışa bağımlılığın azaltılmalıdır. Ekonomik büyümenin üzerinde etkisi büyük olan enerji tüketiminin bağımlılığının azaltılması yönünde politikalara ağırlık verilmelidir. Karbon salınımını azaltmak için yenilenebilir enerji sektöründe vergi indirimi, yatırım teşvikleri sunulmalı ve karbon piyasaları uygulamaları gibi düzenlemeleri yürürlüğe koymak gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Acar, Yalçın : “İktisadi Büyüme ve Büyüme Modelleri”, Vipaş Yayınları, Bursa, 2002, s.33-34
- AFAD : [Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler,\(Çevrimiçi\) https://www.afad.gov.tr/kbrn/kbrn-olaylarinin-tarihcesi,26.03.2020](https://www.afad.gov.tr/kbrn/kbrn-olaylarinin-tarihcesi,26.03.2020)
- Ağır, Hüseyin, Kar Muhsin : “Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi: Yatay Kesit Analizi”, **Sosyoekonomi Dergisi**, Özel Sayı 2010- EN/10EN07,
- Akarca, Ali T., Long, Thomas V., : “On the Relationship between Energy and GNP: a Rexamination” *Journal of Energy Development* 5, 1980
- Akış, Elife : [İktisadi Büyüme ve Kalkınma,\(Çevrimiçi \), http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/iktisat_ao/iktisadibuyumevekal k.pdf ,25.05.2020](http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/iktisat_ao/iktisadibuyumevekal k.pdf ,25.05.2020)
- Akkuyu NGS : [Proje Hakkında, \(Çevrimiçi\), http://www.akkuyu.com/projenin-tarihcesi ,07.02.2020](http://www.akkuyu.com/projenin-tarihcesi ,07.02.2020)
- Altın, Vural : “Nükleer Dosya”, **Bilim ve Teknik Dergisi**, S.460, İstanbul, 2006
- Altınakar, Saniye Şehnaz : “**Enerji Ekonomisinin Yapısal Sorunları ve Nükleer Enerji Örneği**” Doktora Tezi, Denizli, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Anabilim Dalı, 2014
- Anadolu Ajansı : [Türk Akım Doğal Gaz Boru Hattı, \(Çevrimiçi\), https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkakim-dogal-gaz-boru-hatti-acildi/1696633 ,08.01.2020](https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkakim-dogal-gaz-boru-hatti-acildi/1696633 ,08.01.2020)
- Angelfire : [Enerji Tanımı ve Kaynaklar, \(Çevrimiçi\) http://www.angelfire.com/dragon/asif/temel.htm , 30.10.2019](http://www.angelfire.com/dragon/asif/temel.htm , 30.10.2019)
- Ansal, Hacer : “Geçmiş ve Gelecekte Ekonomik Gelişmede Teknolojinin Rolü”, **Teknoloji**, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Emek Ofset, Ankara, 2004
- Apergis, Nicholas, Payne James : “Renewable And Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence From A Panel Error Correction Model”, **Energy Economics**, Cilt 3, Sayı 3, 2012

- Atalay Öner : “Jeotermal Sistemlerin Ekserji Analizi:Kızıldere Örneği,"Yüksek Lisans Tez,Pamukkale Üniversitesi,Denizli,Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı,2004
- Ateş, Zafer : Küresel Enerji Sisteminde Köklü Dönüşüm İhtiyacı, **Uluslararası Ekonomik Sorunlar**, Ankara, S.42,2011
- ATO : Nükleer Enerji Raporu, **Ankara Ticaret Odası Yayınları**, Ankara,2005
- Australian Renewable Energy Agency : [What is Renewable Energy?, \(Çevrimiçi\), https://arena.gov.au/what-is-renewable-energy/,11.02.2020](https://arena.gov.au/what-is-renewable-energy/)
- Barber, William J. : “**A History of Economic Thought**”,Penguin Books,Türkçe Çeviri,İ.Durdu,İktisadi Düşünce Tarihi,3.Baskı,Şule Yayınları,İstanbul,1997
- Başol Koray : “**Doğal Kaynaklar Ekonomisi, Doğal Kaynaklar, Enerji ve Çevre Sorunları**”, Akliselim Ofset Tesisleri, İzmir,1991
- BEPA : Türkiye’nin Biyokütle Enerji Potansiyeli,(Çevrimiçi) <https://bepa.enerji.gov.tr/>,13.04.2020
- Berber, Metin : “**İktisadi Büyüme ve Kalkınma**”, Derya Kitabevi, Üçüncü Baskı, Trabzon,2006
- Berberoğlu, C.Nejat : **Türkiye’nin Ekonomik Gelişmesinde Elektrik Enerjisi Sorunu**, E.İ.T.İ.A. Yayını No 245/165, Eskişehir,1982
- Blostrom Magnus, Lipsey Robert , Zejan Mario : “**Is Fixed Investment the Key to Growth?**”, Quarterly Journal of Economics,1996, C.111,
- Bockirs John O’M , Veziroğlu T. Nejat ,Smith Debbi L. : **Güneş Enerjisi**, İletişim Yayınları, İstanbul,1993
- Bockirs John O’M , Veziroğlu T. : **Geleceğin Enerjisi Güneş ve Hidrojen** , Çev. Ömer Faruk Noyan,Kaynak Kitaplığı ,2002,

Nejat ,Smith
Debbi L.

- BP : [Statistical Review of World Energy,\(Çevrimiçi\)
https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-oil.pdf ,03.12.2019](https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-oil.pdf)
- Brown,Basil : “The Economics of Nuclear Power”, **Maden Tetkik ve Arama Dergisi**, İstanbul, C.62, 1964
- Bulutay,Tuncer : “Investment as the Fundamental Force of Development”, **Investment and the Labour Market in Turkey: Proceedings of a Seminar Held in Ankara**”, Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara,1995(b)
- CDP : [What we do? \(Çevrimiçi\) https://www.cdp.net/en/info/about-us/what-we-do ,15.05.2021](https://www.cdp.net/en/info/about-us/what-we-do)
- CDP : [Companies Scores,\(Çevrimiçi\)
https://www.cdp.net/en/companies/companies-scores ,15.05.2021](https://www.cdp.net/en/companies/companies-scores)
- Climate Leadership Council (CLC) : Economists’ Statement on Carbon Dividends, (Çevrimiçi)
<https://clcouncil.org/economists-statement/>,15.05.2021
- Climate.gov : [Climate Change:Atmospheric Carbon Dioxide,\(Çevrimiçi\)
https://climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide ,15.04.2020](https://climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide)
- Cohen, Bernand L. : “Çok Geç Olmadan”, Çev. Miyase Göktepelı, TÜBİTAK,1996
- Deliktaş, Ertuğrul : “Malthusgil Yaklaşımdan Modern Ekonomik Büyümeye”,**Ege Akademik Bakış**,2001 Cilt: Sayı:1, 94
- Dickson Mary H., Fanelli Mario : What is Geothermal Energy, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy,2004,s.5
- Doğanay,Hayati : Oğün Çoşkun, **Enerji Kaynakları**, Pegem Akademi, Erzurum,2017

- Dünya Enerji
Konseyi : [Enerji Raporları, \(Çevrimiçi\), https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2017/11/enerjirapor2012.pdf?bcsi_scan_1203a430644bd07d=0&bcsi_scan_filename=enerjirapor2012.pdf](https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2017/11/enerjirapor2012.pdf?bcsi_scan_1203a430644bd07d=0&bcsi_scan_filename=enerjirapor2012.pdf), 15.11.2019
- Edgar,Thomas
F. : "Coal Processing and Pollution Control", Houston, Tex: Gulf Publishing,1983
- Enerji Portalı : [YEKA GES,\(Çevrimiçi\), https://www.enerjiportali.com/yeka-ges-1-icin-yeni-bir-anlasma-yapildi/](https://www.enerjiportali.com/yeka-ges-1-icin-yeni-bir-anlasma-yapildi/),13.03.2020
- EPDK : [Yeşil Sertifika Piyasası Geliyor,\(Çevrimiçi\) https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/2-9224/yesil-sertifika-piyasasi-geliyor](https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/2-9224/yesil-sertifika-piyasasi-geliyor) ,16.05.2021
- Erden,Baki : "Çağımız ve Çevre Kirliliği" , Kadıoğlu Yayıncılık, Ankara,1990,
- Ergün, Suzan,
Polat Atay,
Melike : "OECD Ülkelerinde Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi", **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 45, ss.115-141,2015
- Ersoy, Mücella : "Genel Enerji Kaynakları Katı Fosil Yakıtlar", **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Yayınları**, Ankara,2004
- Etimoloji
Türkçe : Enerji kelimesi,(Çevrimiçi)
<https://www.etimolojiturkce.com/kelime/enerji>, 15.10.2019
- ETKB : [Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları,\(Çevrimiçi\), https://www.enerji.gov.tr/tr-sayfalar/jeotermal](https://www.enerji.gov.tr/tr-sayfalar/jeotermal),01.04.2020
- Farhani, Sahbi,
Rejeb, J. Ben : Energy Consumption, economic growth and CO2 emissions: Evidence from panel data for MENA region, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(2)
- Grossman,
Gene
M.,Helpman,
Elhanan : "Endogenous Innovation in the Theory of Growth", **Journal of Economic Perspectives**, Cilt 8, S.1,1994,s.23-44
- Güneş,Hüseyin
Hasimi : "İktisat Tarihi Açısından Nüfus Teorileri ve Politikaları", **Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi**, Bahar 2009,C.8,S.28.
- Gürak, Hasan : "İktisadi Büyüme ve Küresel Ekonomi", Bursa, Ekin Yayınları, 2006

- Han Ergül ,Han A. Ayşen : “**Kalkınma Ekonomisi; Teori ve Politika**”, Etam Matbaa, Eskişehir,2002
- Hepaktan Erdem,Sertkaya , Yasin : "Türkiye’de Elektrik Tüketimi, Kişi Başına GSYİH, CO2 Emisyonu ve Petrol Tüketimi İlişkisi" **Yalova Sosyal Bilimler Dergisi**, 7(12), 163-182,2016
- ICAO : [CORSIA, \(Çevrimiçi\),https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/state-pairs.aspx](https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/state-pairs.aspx) ,16.05.2021
- İncekara, Ahmet , Tatoğlu Ferda Y. : Türkiye Ekonomisinde Son Yıllarda Yaşanan Yüksek Oranlı Büyüme Rakamlarının İç Piyasa Üzerindeki Etkileri, İstanbul, İstanbul Ticaret Odası, **Türkiye Ekonomisi Yayınları**, Yayın No: 2008-56
- İnovatif Kimya Dergisi : [Temiz Kömür Nedir?,\(Çevrimiçi\)](https://inovatifkimyadergisi.com/temiz-komur-nedir)
<https://inovatifkimyadergisi.com/temiz-komur-nedir>,18.11.2019
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) : [İklim değişikliğinin Fiziksel Bilim Temeli Raporu,\(Çevrimiçi\)](http://www.wwf.org.tr/?2340),
<http://www.wwf.org.tr/?2340>,14.04.2020
- Internatioanal Atomic Energy Agency, : [Nuclear Power Reactors, \(Çevrimiçi\)](https://www.iaea.org/publications/13552/nuclear-power-reactors-in-the-world),
<https://www.iaea.org/publications/13552/nuclear-power-reactors-in-the-world> , 21.01.2020
- Jacques, Freyssinet : “**Az gelişmişlik İktisadı**”, Çev. M.Ali Kılıçbay Tezer-Tezer Öcal, Gazi Üniversitesi Yayınları,1985
- Karagöl, E., E. Erbaykal , H. M. Ertuğrul : “Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı”, **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, 8(1),2007
- Kavaz,İsmail : "Yerli ve Milli Enerji Politikaları Ekseninde Kömür", **SETA Analiz**,S.265,2019
- Kaynak,Muhtem : “**Büyüme Teorileri Giriş**”, Gazi Kitabevi, İkinci Baskı, Ankara, 2011
- Kazgan, Gülten : “**İktisadi Düşünce veya Politik İktisadın Evrimi**”, 6.Baskı,İstanbul,Remzi Kitabevi,1993

- Kessides, Ioannis N. : Nuclear Power: Understanding the Economic Risks and Uncertainties, **Energy Policy**, C.38,s.3851,2010,
- Kibritçioğlu, Aykut : “İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşeri Sermayenin Yeri”, **AÜ Siyasal Bilimler Fakültesi Dergisi**, C.53,N:1-4,1998
- Kırteke, Nermin Demet : **"Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Enerji Politikaları Bağlamında Nükleer Enerjinin Ekonomik Etkileri"**, Yüksek Lisans Tez, Malatya, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı,2014
- Koç Erdem ,Şenel Mahmut C. : "Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme" **Mühendis ve Makine Dergisi**, Cilt:54,Sayı:639,2013, s.32-44
- Kraft, J. and A. Kraft. : “On the Relationship between Energy and GNP” The Journal of Energy and Development, 3(2), 1978
- Kuruç, Bilsay : **“Ricardo İktisadı’nın Bazı Sorunları”**, Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları,Ankara,1970
- Lean, H.Hooi, Smyth, Russell : CO2 emissions, electricity consumption and output in ASEAN. **Applied Energy** (87), 1858-1864,2010
- Lotfalipour, Mohammed, Falahi, M. Ali, Ashena, Maliha : “Economic Growth, CO2 Emissions, and Fossil Fuels Consumption in Iran”. **Energy**, 35(12), ss.5115 5120.
- Malthus,Thomas Robert : **“First Essay on Population”**, London: Macmillan, 1798
- Manga Müge,Bal Harun,Algan Harun,Kandır E.Deniz : Beşeri Sermaye, Fiziksel Sermaye ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: BRICS Ülkeleri ve Türkiye Örneği, **Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt 24, Sayı 1, 2015
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü : [Türkiye Güneşlenme Süresi,\(Çevrimiçi\).](https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx)
<https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>
[.05.22.2021](https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx)
- Nükleer Enerji Dünyası : [Nükleer Enerjinin Kullanım Alanları ,\(Çevrimiçi\).](http://www.nukleer.web.tr/temel_konular/faydalar.html)
http://www.nukleer.web.tr/temel_konular/faydalar.html,07.02.2020

- OPEC : [Share of World Crude Oil Reserves, \(Çevrimiçi\),
https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm](https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm) ,
04.12.2019
- Özel, Hasan Alp : “Ekonomik Büyümenin Teorik Temelleri”, **Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.2, Sayı:1, 2012
- Özgüven, Ali : “İktisadi Büyüme İktisadi Kalkınma Sosyal Kalkınma Planlama ve Japon Kalkınması”, Birinci Baskı, İstanbul, Filiz Kitabevi,1988,
- Parkin, Brian : [“German Wind, Solar Power Beat Coal Generation for First Time”,
\(Çevrimiçi\), https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-07-10/german-wind-and-solar-power-beat-coal-generation-for-first-time](https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-07-10/german-wind-and-solar-power-beat-coal-generation-for-first-time)
21.11.2019
- Petform : [Petrol Nedir?, \(Çevrimiçi\) https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/petrol-nedir/](https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/petrol-nedir/),30.10.2019
- PMR Türkiye : [Hakkımızda,\(Çevrimiçi\), https://pmrturkiye.csb.gov.tr/pmr-programi/](https://pmrturkiye.csb.gov.tr/pmr-programi/) ,22.05.2021
- PMR Türkiye : [Raporlar,\(Çevrimiçi\), https://pmrturkiye.csb.gov.tr/raporlar/](https://pmrturkiye.csb.gov.tr/raporlar/)
22.05.2021
- PMR Türkiye : [Raporlar,\(Çevrimiçi\), https://pmrturkiye.csb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/12/Turkiye-Mevcut-Durumunun-Degerlendirmesi.pdf](https://pmrturkiye.csb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/12/Turkiye-Mevcut-Durumunun-Degerlendirmesi.pdf) ,19.05.2021
- PMR Türkiye : C1-CS1-Türkiye için Pilot ETS Uygulamasına Yönelik Yasal ve Kurumsal Altyapının Geliştirilmesi-Kapanış Toplantısı , (Çevrimiçi) <https://pmrturkiye.csb.gov.tr/sunumlar/>,01.05.2021.
- Raza S.A, Shahbaz M., Nguyen D.K. : “Energy conservation policies, growth and trade performance: Evidence of feedback hypothesis in Pakistan” Energy Policy 80 ,2015
- Romer, Paul : “Endogenous Technological Change”,The Journal of Political Economy, Cilt 98,S.5,1990,s.79
- Romer,Paul : “Increasing Returns and Long-Run Growth”, Journal of Political Economy, Cilt 94,S.5,1986

- Saatçi Mustafa, Dumrul, Yasemin : "Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Dinamik Bir Analizi: Türkiye Örneği", **Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt XXXII, Sayı 2, 2013
- Şengüler, İlker : "Ülkemiz Enerji Bütünlemede Marmara ve Trakya Bölgesi Kömürlerinin Yeri", MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2007
- SETA : Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, (Çevrimiçi), <https://www.setav.org/dunyada-ve-turkiyede-yenilenebilir-enerji/2017,11.02.2020>
- Shura Enerji Dönüşümü Merkezi : Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Sertifikalandırma ve Ticaret Sistemi Nasıl Olmalıdır?" Webinar Özet Raporu, 27.07.2020
- Smith, Adam : "The Wealth Of Nations", Çev. Haldun Derin, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 1776
- Statista : [Proven Coal Reserves of Ten Countries](https://www.statista.com/statistics/237096/proven-coal-reserves-of-the-top-ten-countries/), (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/237096/proven-coal-reserves-of-the-top-ten-countries/>, 18.10.2019
- Stern, David I. : "Energy and Economic Growth in the USA- A Multivariate Approach", Energy Economics, 15(2), 1993
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı : [BMİDÇS, \(Çevrimiçi\), https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362](https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362), 23.05.2021
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı : [Paris Anlaşması, \(Çevrimiçi\), https://iklim.csb.gov.tr/paris-anlasmasi-i-98587](https://iklim.csb.gov.tr/paris-anlasmasi-i-98587), 19.04.2020
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı : [Gönüllü Karbon Piyasaları, \(Çevrimiçi\) https://iklim.csb.gov.tr/gonullu-karbon-piyasaları-i-4391](https://iklim.csb.gov.tr/gonullu-karbon-piyasaları-i-4391), 19.05.2021
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı : [Doğal Gaz, \(Çevrimiçi\) https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz](https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz), 07.01.2020
- TANAP : [Tanap Projesi Nedir?, \(Çevrimiçi\) https://www.tanap.com/tanap-projesi/tanap-nedir/](https://www.tanap.com/tanap-projesi/tanap-nedir/), 07.01.2020

- Tanyeri, İbrahim : İbrahim Tanyeri, “David Ricardo’nun İktisadi Analizi Üzerine”, **H.Ü.İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, C.18, S.12, 2000
- TEİAŞ : Elektrik İstatistikleri, (Çevrimiçi) <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, 2019
- TEİAŞ : [Sektör Raporları, \(Çevrimiçi\), https://www.teias.gov.tr/tr-TR/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari](https://www.teias.gov.tr/tr-TR/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari), 13.04.2020
- Temurçin Kadir , Aliagaoglu Alpaslan : Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği, **Coğrafi Bilimler Dergisi**, Ankara, 2003
- Toffler Alvin , Toffler Heidi : ”Yeni Bir Uygarlık Yaratmak”, Çev. Zülfü Dicleli, İnkılap Kitabevi. İstanbul, 1996
- Topallı, Nurgül : CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika için Panel Veri Analizi , **Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi** , 6 (1) , 2016, 427-447
- TPAO : [Petrole Dair Merak Edilenler, \(Çevrimiçi\) https://www.tpao.gov.tr/03.12.2019](https://www.tpao.gov.tr/03.12.2019)
- TPAO : [2018 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, \(Çevrimiçi\) http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sektor_rapor_2018.pdf?bcsi_s_can_1203a430644bd07d=0&bcsi_scan_filename=sektor_rapor_2018.pdf](http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sektor_rapor_2018.pdf?bcsi_s_can_1203a430644bd07d=0&bcsi_scan_filename=sektor_rapor_2018.pdf), 17.12.2019
- Tümertekin Erol, Özgüç Nazmiye : “**Ekonomik Coğrafya: Küreselleşme ve Kalkınma**”, İstanbul, Çantay Kitabevi, 1999
- Tunalı, Halil : [İktisadi Büyüme, \(Çevrimiçi\), https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/19_20_Guz/iktisadi_buyum/7/index.html](https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/19_20_Guz/iktisadi_buyum/7/index.html) , 26.05.2020
- Tunalı, Halil, Uluş , A. Mustafa : "Elektrik Enerjisi Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G7 Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama (1970-2015)", **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler MYO Dergisi**, 20(1), 2017
- Tunuhan Hakan : "Küresel İklim Değişikliğini Azaltmanın Bir Yolu Olarak Karbon Finansmanı" **Muhasebe ve Finansman Dergisi** , S.46, 2010

- TÜREB : [Türkiye RES Durumu İstatistik Raporu \(Çevrimiçi\)](https://www.tureb.com.tr/bilgi-bankasi/turkiye-res-durumu),
<https://www.tureb.com.tr/bilgi-bankasi/turkiye-res-durumu>,
06.04.2020
- Türkeş, Murat : Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
ve Türkiye, Tesisat Mühendisliği, **TMMOB Makina Mühendisleri
Odası**, Süreli Teknik Yayın 61, İstanbul, 2001
- Ülgener, Sabri F. : “**Milli Gelir, İstihdam ve İktisadi Büyüme**”, Yedinci Baskı,
İstanbul, Der Yayınları, 1991
- UNFCCC : [Kyoto Protokol, \(Çevrimiçi\)](https://unfccc.int/kyoto_protocol),
https://unfccc.int/kyoto_protocol, 17.04.2020
- UNFCCC : About CDM, (Çevrimiçi), <https://cdm.unfccc.int/about/index.htm>
, 18.04.2020
- Ünsal, Erdal M. : “**İktisadi Büyüme**”, İkinci Baskı, Ankara, BB101 Yayınları, 2016,
- World Bank : Carbon Pricing
Dashboard, (Çevrimiçi), [https://carbonpricingdashboard.worldbank.org](https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data)
[g/map_data](https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data), 15.05.2021
- World Bank : State and Trends of Carbon Pricing
2020, (Çevrimiçi), [https://openknowledge.worldbank.org/handle/109](https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809)
[86/33809](https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809), 15.05.2021.
- World Coal Association (WCA) : [Coal & Electricity, \(Çevrimiçi\)](https://www.worldcoal.org/coal/uses-coal/coal-electricity)
[https://www.worldcoal.org/coal/uses-coal/coal-](https://www.worldcoal.org/coal/uses-coal/coal-electricity)
[electricity](https://www.worldcoal.org/coal/uses-coal/coal-electricity), 21.11.2019
- YEGM : [Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, Güneş Enerjisi ve
Teknolojileri, \(Çevrimiçi\)](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx),
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 05.03.2020,
- YEGM : [Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, Hidrolik Enerjisi
Nedir?, \(Çevrimiçi\)](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx),
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx, 17.03.2020
- YEGM : [Rüzgar Enerjisi, \(Çevrimiçi\)](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx)
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx

- Yenilenebilir
Enerji Genel
Müdürlüğü(YE
GM) : Enerji Nedir?,(Çevrimiçi)
http://www.yegm.gov.tr/genc_cocuk/Enerji_Nedir.aspx,15.10.2019
- Yu, Eden S. H.,
Choi Jai-Young : “The Causal Relationship between Energy and GNP: An
International Comparison”. The Journal of Energy and
Development, 10(2),1985
- Yücel, İsmail
Hakkı : “**Bilim Teknoloji Politikaları**”, Devlet Planlama Teşkilatı
Yayınları, Ankara,1997,s.65
- Yüksel Ahmet ,
Bayülgen
Ahmet ,Gençay
Şarman : “**50 Soruda Türkiye’nin Nükleer Enerji Sorunu**”, İstanbul,
Kaknüs Yayınları,2000