

**T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME BİLİM DALI**

**EKC HİPOTEZİ ÇERÇEVESİNDE ENERJİ PİYASASI
İLE ENERJİ, ÇEVRE VE EKONOMİ İLİŞKİSİ:
AVRUPA BİRLİĞİ VE TÜRKİYE İÇİN PANEL VERİ
ANALİZİ**

LEYLA BAŞTAN TÖKE

DOKTORA TEZİ

**DANIŞMAN:
DR. ÖĞR. ÜYESİ MAHMUT NEVFEL ELGÜN**

KONYA-2025



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü



DOKTORA TEZİ KABUL FORMU

Öğrencinin	Adı Soyadı	Leyla BAŞTAN TÖKE
	Numarası	22811101019
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İşletme/İşletme
	Programı	Doktora
	Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Nevfel ELGÜN
	Tezin Adı	EKC Hipotezi Çerçevesinde Enerji Piyasası ile Enerji, Çevre ve Ekonomi İlişkisi: Avrupa Birliği ve Türkiye için Panel Veri Analizi

Yukarıda adı geçen öğrenci tarafından hazırlanan AB Üye Ülkeleri ve Türkiye için EKC Hipotezi'nin Geçerliliğine Dair Bir Panel Veri Uygulaması başlıklı bu çalışma 24/02/2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sıra No	Danışman ve Üyeler		
	Unvanı	Adı ve Soyadı	İmza
1	Dr. Öğr. Üyesi	Mahmut Nevfel ELGÜN	
2	Doç. Dr.	Mehmet Nuri SALUR	
3	Dr. Öğr. Üyesi	Cem GÖKCE	
4	Doç. Dr.	Mehmet Akif GÜNDÜZ	
5	Dr. Öğr. Üyesi	Ahmet İNKAYA	



Bilimsel Etik Sayfası

Öğrencinin	Adı Soyadı	Leyla BAŞTAN TÖKE		
	Numarası	22811101019		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İşletme		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans		
		Doktora	X	
Tezin Adı	EKC Hipotezi Çerçevesinde Enerji Piyasası ile Enerji, Çevre ve Ekonomi İlişkisi: Avrupa Birliği ve Türkiye için Panel Veri Analizi			

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

Leyla BAŞTAN TÖKE
İmzası



ÖZET

Öğrencinin	Adı Soyadı	Leyla BAŞTAN TÖKE		
	Numarası	22811101019		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İşletme		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans		
		Doktora	X	
	Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Nevfel ELGÜN		
Tezin Adı	EKC Hipotezi Çerçevesinde Enerji Piyasası ile Enerji, Çevre ve Ekonomi İlişkisi: Avrupa Birliği ve Türkiye için Panel Veri Analizi			

Fosil enerji kaynaklarının kullanımı çevresel tahribata sebep olmakta ve küresel ısınma sorununu tetiklemektedir. Diğer taraftan ülkelerin ekonomik kalkınma seviyelerini yükseltebilmeleri için enerji kaynaklarını kullanmaları gerekmektedir. Enerji ihtiyacının artması gelişmişlik seviyesinin ilerlediğini gösteren bir faktördür. Fakat enerji ihtiyacını yerel kaynakları ile karşılama konusunda yeterli kaynağa sahip olmayan ülkeler ithalat yoluyla bu ihtiyacı gidermeye çalışmaktadır. Bu durumda da ülkelerin enerji maliyetleri de yükselmektedir.

Bu çalışmada enerji, ekonomi ve çevre arasındaki ilişkiyi AB üye ülkeleri ve birliğe aday ülke olan Türkiye özelinde irdelemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi'nin geçerliliğini ortaya koymak hedeflenmiştir. Çalışmanın teorik kısmında enerji kaynakları, bu kaynakların piyasadaki durumu incelenmiştir. Ardından enerji, çevre ve ekonomi ilişkisinden bahsedilerek Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi üzerinde durulmuştur. Hipotezin geçerliliğine dair literatür incelemesi yapılmıştır. Çalışmanın hedefine yönelik olarak yapılan ön testler sonucunda panel veri analizinin yapılmasına karar verilmiştir. Yapılan inceleme kapsamında araştırmanın amaç ve hedeflerine uygun olacak şekilde bağımlı ve bağımsız değişkenler belirlenerek hipotezler oluşturulmuştur. Çalışmada Ortalama Grup Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) Tahmincisi ile model tahmin edilmiştir. Araştırma sonucunda enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının, nüfusun, enerji ithalatına bağımlılık oranının ve fosil yakıt tüketiminin ekolojik ayak izini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi'nin geçerliliği kabul edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Çevre, Ekonomik Büyüme, EKC, Ekolojik Ayak İzi, Panel Veri



ABSTRACT

ABSTRACT

Author's	Name and Surname	Leyla BAŞTAN TÖKE		
	Student Number	22811101019		
	Department	Business Administration		
	Study Programme	Master's Degree (M.A.)		
		Doctoral Degree (Ph.D.)	X	
	Supervisor	Assist. Prof. Mahmut Nevfel ELGÜN		
Title of the Thesis/Dissertation	Relationship between Energy Market and Energy, Environment and Economy within the Framework of EKC Hypothesis: Panel Data Analysis for the European Union and Türkiye			

The use of fossil energy resources causes environmental destruction and triggers the problem of global warming. On the other hand, countries need to use energy resources in order to increase their level of economic development. The increase in the need for energy is a factor indicating that the level of development is progressing. However, countries that do not have sufficient resources to meet their energy needs with their local resources try to meet this need through imports. In this case, energy costs of countries also increase.

In this study, it is aimed to examine the relationship between energy, economy and environment in EU member states and Türkiye as a candidate country for the union. For this purpose, it is aimed to reveal the validity of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. In the theoretical part of the study, energy resources and the situation of these resources in the market are analyzed. Then, the relationship between energy, environment and economy is mentioned and the Environmental Kuznets Curve Hypothesis is emphasized. A literature review was conducted on the validity of the hypothesis. As a result of the preliminary tests for the objective of the study, it was decided to conduct panel data analysis. Within the scope of the analysis, hypotheses were formulated by determining the dependent and independent variables in accordance with the aims and objectives of the study. In the study, the model was estimated with the Dynamic Least Squares Mean Group (DOLSMG) Estimator. As a result of the research, it was concluded that CO₂ emissions from energy, population, energy import dependency ratio and fossil fuel consumption increase the ecological footprint, while renewable energy consumption decreases the ecological footprint. Finally, the validity of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis is accepted.

Keywords: Energy Consumption, Environment, Economic Growth, EKC, Ecological Footprint, Panel Data

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİK SAYFASI.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	xi
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE FOSİL ENERJİ KAYNAKLARININ PİYASADAKİ DURUMU

1.1. Enerji Kaynakları.....	6
1.1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	9
1.2. Fosil Enerji Kaynaklarının Piyasası.....	17
1.2.1. Enerji Kaynaklarının Üretim ve Tüketim Durumu.....	17
1.2.2. Enerji Kaynaklarının Rezerv Durumu.....	25
1.2.3. Fosil Enerji Kaynaklarının Piyasa Durumu.....	32
1.2.3.1. Kömür Piyasası ve Ticareti.....	32
1.2.3.2. Petrol Piyasası ve Ticareti.....	37
1.2.3.3. Doğal Gaz Piyasası ve Ticareti.....	43

İKİNCİ BÖLÜM

EKONOMİ, ENERJİ VE ÇEVRE İLİŞKİSİ

2.1. Ekonomi, Enerji ve Çevre İlişkisinin Genel Değerlendirmesi.....	48
2.1.1. AB’de Ekonomi, Enerji ve Çevre İlişkisi.....	55
2.1.2. Türkiye’de Ekonomi, Enerji ve Çevre İlişkisi.....	67
2.2. Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) Hipotezi.....	79
2.2.1. EKC Hipotezinin Analiz Edildiği Çalışmalarda Kullanılan Göstergeler.....	83
2.2.1.1. Ekolojik Ayak İzi.....	84
2.2.1.2. CO ₂ Emisyonları.....	85
2.2.1.3. EKC Hipotezi’nin Literatürdeki Yeri.....	86

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AB ÜYE ÜLKELERİ ve TÜRKİYE için EKC HIPOTEZİ’NİN GEÇERLİLİĞİNE DAİR BİR PANEL VERİ UYGULAMASI

3.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	94
3.2. Araştırmanın Yöntemi ve Veri Seti.....	95
3.3. Çalışmanın Analizine Yönelik Teorik Açıklamalar.....	99
3.3.1. Birimler arası Korelasyon (Yatay Kesit Bağımlılık) Testi.....	100

3.3.2. Durağanlık (Panel Birim Kök) Testi.....	101
3.3.3. Nihai Model için Birimler arası Korelasyon ve Homojenlik Testleri.....	104
3.3.4. Panel Eşbütünleşme Testi ve Panel Eşbütünleşme Modelinin Tahmini.....	105
3.3.5. Araştırma Bulguları ve Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi.....	107
3.4. Araştırma Bulgularının Değerlendirilmesi.....	119
SONUÇ.....	124
KAYNAKÇA.....	129



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Brent petrol ile WTI petrol arasındaki farklar.....	38
Tablo 3.1. Ekolojik ayak izini etkileyen değişkenler ve bu değişkenlerin ekolojik ayak izi ile ilişkisi.....	98
Tablo 3.2. Birimler arası korelasyon testleri ve hipotezleri.....	100
Tablo 3.3. Birinci kuşak panel birim kök testleri.....	102
Tablo 3.4. İkinci kuşak panel birim kök testleri.....	103
Tablo 3.5. Eşbütünleşme testleri.....	105
Tablo 3.6. Uzun dönemli ilişki tahmincileri.....	106
Tablo 3.7. Değişkenlerin özet istatistik tablosu.....	107
Tablo 3.8. Logaritması alınan değişkenlerin özet istatistik tablosu.....	108
Tablo 3.9. Birimler arası korelasyon testleri.....	109
Tablo 3.10. Kalıntı ve Ortak Faktörlerin Durağanlığının Panel Analizi (PANIC) Sonuçları.....	112
Tablo 3.11. Birimler arası korelasyon ve homojenlik test sonuçları.....	114
Tablo 3.12. Pedroni ve Westerlund eşbütünleşme test sonuçları.....	115
Tablo 3.13. Ortalama grup dinamik en küçük kareler (DOLSMG) tahmincisi ile elde edilen sonuçlar.....	116
Tablo 3.14. Ükelere göre EKC Hipotezi'nin geçerlilik durumu.....	117

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....	10
Şekil 1.2. Nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı (%).....	12
Şekil 1.3. Nihai enerji tüketiminde fosil enerji kaynaklarının payı (tj).....	14
Şekil 1.4. 1980-2022 dönemi kömür üretim ve tüketim durumu (ej).....	18
Şekil 1.5. 1980-2022 dönemi petrol üretim ve tüketim durumu (ej).....	19
Şekil 1.6. 1980-2022 dönemi doğal gaz üretim ve tüketim durumu (ej).....	20
Şekil 1.7. 1980-2022 dönemi yenilenebilir enerji üretim ve tüketim durumu (ej).....	21
Şekil 1.8. 1980-2022 dönemi nükleer enerji üretim durumu (TWh).....	22
Şekil 1.9. 1980-2022 dönemi nükleer enerji tüketim durumu (ej).....	23
Şekil 1.10. 2023 yılına göre en büyük birincil enerji tüketicileri.....	24
Şekil 1.11. 1980-2020 dönemi petrol rezerv durumu (bin milyon varil).....	25
Şekil 1.12. Petrol rezervlerinin bölgesel dağılımı (%).....	26
Şekil 1.13. 1980-2020 dönemi doğal gaz rezerv durumu (trilyon m ³).....	27
Şekil 1.14. Doğal gaz rezervlerinin bölgesel dağılımı (%).....	28
Şekil 1.15. Kömür rezervlerinin bölgesel dağılımı (%).....	29
Şekil 1.16. Bölgeye göre gereken yıllık net yenilenebilir kapasite ilaveleri (GW).....	31
Şekil 1.17. Dünya'nın en büyük kömür rezervine sahip bölgelerin payları (%).....	33
Şekil 1.18. Kömür ithalatı ve ihracatı (tj).....	34
Şekil 1.19. Kömür fiyatlarındaki değişim durumu.....	35
Şekil 1.20. Spot ham petrol fiyatları (\$/varil).....	39
Şekil 1.21. Petrol ithalatı ve ihracatı (tj).....	40
Şekil 1.22. Doğal gaz fiyatları.....	44
Şekil 1.23. Doğal gaz ithalatı ve ihracatı (tj brüt).....	45
Şekil 2.1. 1990-2020 dönemi CO ₂ emisyonları (kt).....	49
Şekil 2.2. Fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO ₂ emisyonu (ton).....	50
Şekil 2.3. AB birincil enerji tüketimi (ej).....	56
Şekil 2.4. AB enerji ithalatına bağımlılık durumu (%).....	57
Şekil 2.5. 1980-2023 dönemi AB enerji kaynaklarının dağılımı (ej).....	58
Şekil 2.6. 1990-2022 dönemi AB katı fosil yakıt kullanım oranı (%).....	60
Şekil 2.7. 1980-2022 dönemi AB petrol kullanım oranı (%).....	61
Şekil 2.8. 1990-2022 dönemi AB doğal gaz kullanım oranı (%).....	62
Şekil 2.9. 1990-2022 dönemi AB yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı (%).....	63
Şekil 2.10. 2000-2022 dönemi AB enerji yoğunluğu (kgoe).....	64
Şekil 2.11. 1990-2021 dönemi AB enerji verimliliği (mtep).....	65
Şekil 2.12. AB fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO ₂ emisyonları (milyar ton).....	66
Şekil 2.13. Türkiye'nin enerji ithalatına bağımlılık durumu (%).....	68
Şekil 2.14. Türkiye'de gerçekleşen ve gerçekleşmesi hedeflenen birincil enerji tüketimi (mtep).....	69
Şekil 2.15. 2000-2022 dönemi Türkiye'nin enerji yoğunluğu (kgoe).....	71
Şekil 2.16 Türkiye'nin enerji verimliliği (mtep).....	71
Şekil 2.17. 1990-2023 dönemi Türkiye'nin birincil enerji tüketimi (twh).....	72
Şekil 2.18. 1990-2023 dönemi Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde kömür kullanım oranı (%).....	73

Şekil 2.19. 1990-2023 dönemi Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde petrol kullanım oranı (%).....	74
Şekil 2.20. 1990-2023 dönemi Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde doğal gaz kullanım oranı.....	75
Şekil 2.21. 1990-2023 dönemi Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı (%).....	76
Şekil 2.22. Türkiye'de fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO ₂ emisyonları (milyon ton).....	78
Şekil 2.23. Ters U şekilli EKC hipotezinin şeması.....	81



KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
BM	: Birleşmiş Milletler
BP	: British Petroleum
cif	: Cost, insurance and freight
CO ₂	: Karbondioksit
DOLSMG	: Ortalama Grup En Küçük Kareler Tahmincisi
EI	: Energy Institute
EIA	: Energy Information Administration
ej	: exajoule
EKC (ÇKE)	: Çevresel Kuznets Eğrisi
EPİAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EU	: European Union
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
Gt	: milyar ton
GW	: Gigawatt
IEA	: International Energy Agency
IPCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Paneli
kb/gün	: bin varil/gün kb/d
kgoe	: kilogram eşdeđer petrol
kt	: kiloton
LLC	: Yük kapasitesi eğrisi
LNG	: Sıvılaştırılmış doğal gaz
LPG	: Sıvılaştırılmış petrol gazı
mb/gün	: milyon varil/gün
mtep	: milyon ton eş değer petrol
m ³	: metreküp
NATO	: Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
non- OPEC	: Petrol İhraç Etmeyen Ülkeler
N ₂ O	: Nitröz oksit
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler
O ₂	: Oksijen
SKH	: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
SO ₂	: Kükürt dioksit
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
tj	: Terajoule
TWh	: Terawatt saat
UNCTAD	: Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Örgütü
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Paneli
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü
WTI	: West Texas Intermediate

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmam boyunca kıymetli bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren, destek ve güvenini esirgemeyen, her zaman motivasyonumu güçlendiren, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Nevfel ELGÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez yazma sürecime verdiği destekler için hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ'e ve Doç. Dr. Mehmet Nuri SALUR'a teşekkür ederim. Değerli katkılarından dolayı Doç. Dr. Mehmet Akif GÜNDÜZ ve Dr. Öğr. Üyesi Ahmet İNKAYA hocalarıma teşekkür ederim.

Tez yazma sürecinde her sorumu sabırla cevaplayan, fikirleriyle çalışmama verdiği emeklerden dolayı kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Cem GÖKCE'ye gönülden teşekkür ederim.

Eğitimleriyle tanışma fırsatı bulduğum kıymetli hocam Prof. Dr. Ferda YERDELEN TATOĞLU'na yardımlarını esirgemediği için teşekkür ederim.

Aynı yolda yürüdüğüm değerli arkadaşlarım Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül UÇKUN ÖZKAN'a, Arş. Gör. Emre GÜLER'e, Dr. Arş. Gör. İsbet Ebru YAZICIOĞLU'na ve Dr. Arş. Gör. Mine ÜZÜMCÜOĞLU'na destekleri için teşekkür ederim.

Çıktığım her yolda olduğu gibi akademik yolda da güveniyle, sevgisiyle, saygısıyla her daim yanımda olan, dürüstlüğü ve çalışkanlığı ile örnek aldığım, her yaşımda gurur kaynağım olan canım babam Erdal BAŞTAN'a, hayatımın her aşamasında destek ve sevgisiyle içimi ısıtan, emeklerini ödeyemeyeceğim kıymetli annem Yasemin BAŞTAN'a, bu süreçte benim kadar heyecanlanan kardeşlerime teşekkür ederim.

Hayatımda olduğu için kendimi hep özel hissettiğim, kurduğumuz yuvada birlikte geçirdiğimiz her anı güzelleştiren, yalnız bırakmadan attığım adımlarda elimden tutup gönülden destekleyen sevgili eşim Emre TÖKE'ye ve destekleri için değerli ailesine çok teşekkür ederim.

Biricik kızım Ceren, bir anne olarak bu süreci yönetmeyi çalışırken küçük kalbinle sabırla beni beklediğin için en çok sana teşekkür ederim.

GİRİŞ

Kalkınma sürecinin temel girdisi olarak kabul edilen enerji, refah seviyesini şekillendirebilecek yatırımların desteklenmesini, büyümeyi ve yeniliklerin geliştirilmesini mümkün hale getirmektedir (World Bank Group, 2024). Enerjinin temel girdi olarak kabul edilmesi, üretim ve tüketim faaliyetlerinin doğrudan enerji tüketimi ile bağlantılı olmasından kaynaklanmaktadır (Javid & Sharif, 2016: 406). Ekonomik büyüme sürecinde sanayi, ulaşım ve teknoloji gibi pek çok altyapının gelişmesinde enerjiye olan talep de artmaktadır. Bu sebeple enerji tüketim verileri, ülkelerin gelişmişlik göstergeleri arasında kullanılan kriterler arasında kabul edilmektedir.

Günümüzde enerji ihtiyacının karşılanmasında ağırlıklı olarak petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil enerji kaynakları kullanılmaktadır. Toplumların ekonomik açıdan refah seviyesini yükseltme yönündeki çabalarını fosil enerji kaynakları aracılığıyla, çevreyi göz önünde bulundurmadan yürütmeleri, ilerleyen süreçlerde ekonomik gelişimi sekteye uğratabilecek sorunları da beraberinde getirmektedir. Fosil enerji kaynaklarının kullanımındaki artış, başta küresel ısınma olmak üzere telafisi zor çevresel maliyetleri de ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla enerji tüketimi, işgücü ve sermaye girdisi ekonomik büyümeye katkıda bulunurken, emisyon salınımı gibi çevresel sorunlara sebep olmaktadır (Feng vd., 2019: 2; Jain vd., 2023: 772).

Fosil enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklanan emisyonlara önlem alınmadığı ve çevreyi korumaya yönelik politikalar uygulanmadığı sürece küresel boyutta çevresel sorunların artması beklenmektedir (Akorede vd., 2010: 724). Ekonomik büyümenin sürdürülebilirliğini sağlamak için talep edilen enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların önüne geçilebilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, emisyonları azaltarak küresel ısınma sorununu azaltacak bir alternatiftir (Amine vd., 2016: 1151). Bu sebeple küresel ölçekte temiz niteliğe sahip olan enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, enerji verimliliğinin artırılması, enerji tüketiminin azaltılması, refah düzeyinin artırılması ve elektrifikasyona yapılan yatırımların yaygınlaştırılması suretiyle fosil enerji kaynaklarının kullanımının azaltılması gerekmektedir (Ang,

2007: 4773; World Bank Group, 2024). Bu kapsamda dünya genelinde enerji dönüşümü çabalarının hız kazanmasıyla, yenilenebilir enerji endüstrisinin de gelişimi için politika önlemleri alınmalıdır (Feng vd., 2024: 1).

Ekonomi, enerji ve çevre ilişkisi değerlendirildiğinde; ekonomik büyüme çabalarıyla yürütülen endüstriyel faaliyetler enerji ihtiyacını artırırken, enerjiye artan talep de çevresel sorunlara sebep olmaktadır. Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ve ekonomik büyüme ile çevresel sorunlar arasındaki bu ilişki son zamanlarda yoğun bir şekilde araştırılmaktadır (Apergis & Öztürk, 2015: 16). Literatürde gelir ve çevre arasındaki ilişki Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi (Environmental Kuznets Curve Hypothesis) ile incelenmektedir. Hipoteze göre ekonomik büyümenin ilk aşamalarında çevreye verilen tahribatta artış gözlemlenecektir. Ardından büyüme süreci devam ettikçe çevresel tahribatta azalma evresine geçilecektir. Bu durumda gelir ile çevre arasında ters U şeklindeki bir ilişki ortaya çıkacaktır. Literatür incelendiğinde hipotez için EKC veya ÇKE kısaltması kullanılmaktadır. Bu çalışmada EKC kısaltmasının kullanılmasına karar verilmiştir. Ekonomi ve çevre arasındaki ilişkinin çeşitli makroekonomik göstergeler ve EKC Hipotezi çerçevesinde incelendiği çalışmalar şöyle özetlenebilmektedir:

Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişki Heidari vd., (2015), Jain vd. (2023), Lin vd. (2016), tarafından; kişi başına düşen CO₂ emisyonları, kişi başına düşen reel gelir, finansal gelişme, kişi başına düşen enerji tüketimi ve açıklığın birbiri ile ilişkisi Javid ve Sharif (2016) tarafından; kişi başına düşen gelir, CO₂ emisyonları ve kişi başına düşen enerji kullanımı arasındaki ilişki Özokcu ve Özdemir (2017) tarafından; GSYİH, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki Doğan ve Öztürk (2014) tarafından; yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesine etkisi Baležentis vd. (2019), Bilgili vd., (2016) tarafından; CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerjinin kullanılmasıyla elde edilen elektrik ve GSYİH arasındaki ilişki Bölük ve Mert (2015) tarafından; yenilenebilir elektrik üretiminin, elektrik yoğunluğunun, GSYİH'nin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi Mohamed vd (2024) tarafından; ekonomik büyüme ve enerji yoğunluğunun çevre kalitesi üzerindeki etkisi Bekun vd. (2021), Shokoohi

vd. (2022) tarafından; enerji verimliliği, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izi ile ilişkisi Zhou vd (2023) tarafından analiz edilmiştir.

Kentleşme, ekonomik büyüme, dış ticaret açığı ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişki Kekül (2024) tarafından; ekonomik büyüme, enerji tüketimi, finansal gelişme ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki Destek ve Sarkodie (2019) tarafından; finansal gelişme, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişki Jalil ve Feridun (2011) tarafından; ekonomik büyümenin, enerji tüketiminin, ticaret açıklığının, finansal gelişmenin ve kentleşmenin CO₂ emisyonları, ekolojik karbon ayak izi ve ekolojik ayak izine olan etkisi Charfeddine (2017) tarafından; kişi başına düşen gelir, kentleşme, ticaret açıklığı, yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak iziyle olan ilişkisi Farouki ve Aissaoui (2024) tarafından; CO₂ emisyonları ile yenilenebilir enerji, fosil yakıt tüketimi, ekonomik büyüme ve kentleşme arasındaki ilişki Li ve Haneklaus (2021) tarafından; elektrik enerjisi tüketimi, petrol ithalatı, kentleşme ve fosil yakıt tüketiminin çevre ile ilişkisi Hanif (2017) tarafından; ekonomik büyüme, finansal açıklık, ticaret açıklığı ve enerji yoğunluğunun ekolojik ayak izi ile ilişkisi Aydın ve Turan (2020) tarafından; GSYİH, ticaret açıklığı, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ve doğurganlık oranı ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki Alola vd., (2019) tarafından incelenmiştir.

Finansal gelişme, ekonomik büyüme ve inovasyon ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki Gültekin (2023) tarafından; Ar-Ge, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişki Adedoyin vd. (2020) tarafından; enerji yoğunluğu, Ar-Ge, GSYİH, enerji kullanımı ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki Voumik vd. (2022) tarafından; CO₂ emisyonları, GSYİH, insan sermayesi ve çevre teknoloji patentleri arasındaki ilişki Pata vd. (2024) tarafından; ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişki Bekun vd. (2019), Wang vd. (2011) tarafından; beşerî sermayenin enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izine olan etkisi Ahmed ve Wang (2019) tarafından değerlendirilmiştir.

Enerji tüketimi, nüfus, ekonomi ve politikaların çevre ile olan ilişkisi Mohammed vd. (2024) tarafından; yenilenebilir enerji tüketimi, para ve mali politikalarının ekolojik ayak izine olan etkisi Villanthenkodath vd. (2024) tarafından;

sosyo-politik faktörlerin, enerji kullanımının ekolojik ayak izine olan etkisi Charfeddine ve Mrabet (2017) tarafından; enerji tüketimi, beşerî ve fiziksel sermaye, nüfus yoğunluğu, işsizlik oranı, gelir, doğrudan yabancı yatırım ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki Sapkota ve Bastola (2017) tarafından; ekonomik büyüme, enerji tüketimi, istihdam oranı ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki Öztürk ve Acaravcı (2010) tarafından araştırılmıştır.

Yeşil finans, çevre kirliliği ve ekonomik kalkınma arasındaki ilişki Zhang ve Zhao (2024) tarafından; CO₂ emisyonları, nüfus yoğunluğu, kişi başına düşen GSYİH ve GSYİH içindeki sanayi payları ve kurumların kalitesi arasındaki ilişki Apergis ve Öztürk (2015) tarafından; CO₂ emisyonları ile kişi başına düşen GSYİH, nükleer enerji kullanımı ve teknolojik yenilik endeksi arasındaki ilişki Jahanger vd., (2023) tarafından; uluslararası turizm, teknolojik yenilik, yenilenebilir enerji tanıtımı ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonları ile ilişkisi Balsalobre-Lorente vd. (2021) tarafından; turizm, kişi başına düşen gelir, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki Adedoyin vd. (2021) tarafından irdelenmiştir.

Bu çerçevede yürütülmesi planlanan bu tez çalışmasının temel araştırma tasarımı şu şekilde kurgulanmıştır: Çalışmanın ilk bölümünde enerji kaynakları ve bu kaynakların piyasadaki durumu açıklanmıştır. Enerji kaynaklarına yönelik yapılan ayırım ve bu kaynakların özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Fosil enerji kaynaklarının piyasadaki durumunun değerlendirilebilmesi amacıyla üretim/tüketim durumu, rezerv durumu ve ithalat/ihracat durumu incelenmiştir.

İkinci bölümde enerji, çevre ve ekonomi arasındaki ilişkinin irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda ilk olarak bahsedilen ilişkiye yönelik genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra enerji, çevre ve ekonomi arasındaki ilişki AB ve Türkiye özelinde değerlendirilmiştir. İkinci bölümün son kısmında enerji, çevre ve ekonomi arasındaki ilişkiye dayanan Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) Hipotezi'nden bahsedilmiş ve hipotezin geçerliliğine dair literatüre yer verilmiştir.

Çalışmanın son bölümü ise teorik kısımda bahsedilen enerji kaynakları ve bu kaynakların çevre ve ekonomi ile olan ilişkisinin ampirik analizinden oluşturulmuştur.

Bu bölümde araştırmanın yöntemine, modeline, analizden elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Panel zaman serisi analizinin yapıldığı bu çalışmada bağımlı değişken ekolojik ayak izi iken bağımsız değişkenler enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonu, kişi başına düşen GSYİH, kişi başına düşen GSYİH², nüfus, enerji ithalatına bağımlılık oranı, fosil yakıt tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi olarak belirlenmiştir. Türkiye ile 24 AB üyesi ülkenin 2001-2022 dönemine ait yıllık veriler ile panel veri seti oluşturulmuştur. Elde edilen bulgularla EKC Hipotezi'nin geçerliliği ve bağımsız değişkenlerin ekolojik ayak izine olan etkileri yorumlanmıştır. Çalışmada kullanılan seçili makro ekonomik göstergelerin ekolojik ayak izi üzerine etkilerinin incelenmesi ve uygulanan analiz sonucundan elde edilen çıktılarla analize dahil edilen ülkelerde EKC Hipotezi'nin geçerliliğinin incelenmesi açısından ve daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde analizlerde kullanılmadığı düşünülen enerji ithalatına bağımlılık oranı göstergesinin de bağımsız değişken olarak analize dahil edilmesi açısından literatüre katkı sağlaması hedeflenmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI ve FOSİL ENERJİ KAYNAKLARININ PİYASADAKİ DURUMU

Kalkınmanın temel unsuru olarak kabul edilen enerji, gezegenin daha yaşanabilir hale gelmesini, refah seviyesini şekillendirebilecek yatırımların desteklenmesini, büyümeyi ve yeniliklerin geliştirilmesini mümkün hale getirmektedir (World Bank Group, 2024). Bu kapsamda enerji, pek çok faaliyet için hem temel girdi hem de kaynak olarak kabul edilebilmektedir. Çalışmanın ilk bölümünde enerji kaynakları ve bu kaynakların piyasadaki durumu açıklanmıştır. Enerji kaynaklarına yönelik yapılan ayırım ve bu kaynakların özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak fosil enerji kaynaklarının piyasadaki durumu incelenmiştir.

1.1. Enerji Kaynakları

Modern hayatta bireylerin günlük faaliyetlerinden ülkelerin ekonomik faaliyetlerine kadar geniş bir etki alanına sahip olan enerji (Mitroussi, 2006: 53), yaşamın ilk dönemlerinden beri ihtiyaç duyulan bir girdi olarak 21. yüzyılda da ülkeler açısından önemli bir gelişme ve güç unsuru olarak kabul edilmektedir. Enerjinin temel girdi olarak kabul edilmesi, üretim ve tüketim faaliyetlerinin doğrudan enerji tüketimi ile ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır (Javid & Sharif, 2016: 406). Bu sebeple ülkelerin hem yerel hem de uluslararası piyasalarda bütçe dengesi, rekabet gücü, üretim maliyetleri gibi ekonomik girdilerini direkt olarak etkileyen enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulması halinde bu kaynakların uygun fiyatlarla, kesintiye uğramaksızın ve güvenilir bir şekilde temin edilmesi gerekmektedir (Kothari vd., 2010: 3164; Bayraç, 2020: 25).

İnsan, var oluşundan beri enerjiye ihtiyaç duymuştur. Bu enerjinin insanoğluna sağlanması noktasında kaynakların dönemsel olarak değiştiği görülmüştür. Enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan enerji kaynakları, farklı sınıflandırmalar yapılsa da temelde sürdürülebilirlik durumuna göre fosil (geleneksel / konvansiyonel / yenilenemez) kaynaklar ve yenilenebilir kaynaklar olmak üzere iki temel ayrıma tabi tutulmaktadır. Günümüze gelene kadar sırasıyla odun, kömür, petrol, nükleer enerji ve

doğal gaz vb. kaynaklar enerji hammaddesi olarak kullanılmış ve kullanılmaya devam edilmektedir. Bu kaynakların yanında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da dünya genelinde yönelim kazanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ile konvansiyonel enerji kaynakları arasındaki avantaj ve dezavantajı açıklayan iki temel fark vardır. Bunlar (Suri, 2024):

- Güneş ve rüzgâr gibi yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları, hava durumundan etkilendiğinden dolayı istikrarlı bir üretim sağlanamamaktadır. Bu da uzun vadede çıktı tahminini zorlaştırmakta ve talep karşılamada yetersizliğe sebep olabilmektedir. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında karşı karşıya kalınabilecek olumsuz bir durum olarak kabul edilebilmektedir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları ile üretim esnasında yakıt tüketimi olmadığından dolayı işletme maliyetleri daha düşüktür ve katlanılan maliyet bakım ile ilgilidir. Bu da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki maliyetlerin konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımındaki maliyetten daha düşük olabileceğini göstermektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sağladığı faydaların göz önünde bulundurulduğu ve dünya liderleri tarafından 2015 yılında kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) çerçevesinde 2030 yılına kadar “bütün dünya için uygun fiyatlı, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerji” çağrısında bulunulmuştur. Bu çağrı kapsamında belirlenen temel hedefler şöyledir (Sustainable Energy For All):

- Evrensel bir şekilde uygun fiyatlı ve güvenilir modern enerji hizmetlerine erişimin sağlanması,
- Küresel ölçekte yenilenebilir enerjinin payının artırılması ve
- Enerji verimliliğinin iyileşme oranının küresel ölçekte iki katına çıkarılması gerekmektedir.

Enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılmasının gerekliliği bilinse de günümüzde bu ihtiyacın büyük kısmı geleneksel

enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu kaynakların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunlar göz önünde bulundurulduğunda küresel ölçekte iklim değişikliği, enerji çatışmaları ve enerji kaynaklarının kıtlığı gibi sorunlar dünya istikrarını tehdit etmektedir. Fosil enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklanan ve toplumun her tabakasını olumsuz etkileyen küresel dünya sorunları şöyle özetlenmektedir (Kothari vd., 2010: 3165):

- Artan nüfus ve enerji talebinden kaynaklı olarak fosil yakıtların rezervlerinde azalma gözlemlenmektedir.
- Atmosferde CO₂ kaynaklı olarak küresel iklim değişikliği yaşanmaktadır.
- Nüfus artışından kaynaklı olarak katı ve sıvı atık miktarı artmaktadır.

Çevresel açıdan zararlı emisyonların azaltılmasının yanında ekonomik büyümeyi de destekleyecek potansiyele sahip olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini göstermektedir (Aïssa vd., 2014: 11). Bu sebeple enerji ihtiyacının karşılanması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, çevresel faktörler yanında ekonomik refah seviyesinin yükseltilmesi açısından da kritik öneme sahiptir.

Diğer taraftan fosil enerji kaynaklarının sınırlı ömre sahip olduğu, yenilenebilir enerji kaynaklarına göre kendini yenileme süresinin çok daha uzun olduğu bilinmektedir (Shafiee & Topal, 2009: 181). Fosil enerji kaynakları grubunda yer alan petrol ve doğal gazın üretimi, üretim kapasitesine bağlıdır (Seljom & Rosenberg, 2011: 108). Bu da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasının gerekliliğini göstermektedir. Aksi takdirde çevresel sorunların yanında artan enerji talebinin de fosil enerji kaynakları ile karşılanamaması muhtemeldir. Dolayısıyla fosil enerji kaynakları hem çevresel sorunlar hem de arz güvenliği nedeniyle sürdürülebilir kaynaklar olarak görülmemektedir (Musa vd., 2018: 2281).

Fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan CO₂ emisyonları, sera gazı emisyonuna sebep olan temel faktördür (Li & Haneklaus, 2021: 783-784; Bergougui, 2024: 1). Bu emisyonlar 1970 yılından itibaren hızla artmaktadır (Pao & Tsai, 2010: 7850). Dünya genelinde fosil yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkan karbondioksit (CO₂)

emisyonları yılda yaklaşık olarak 34 milyar ton (Gt) olup bu emisyonların %45'ine kömür, %35'ine petrol ve %20'sine doğal gaz sebep olmaktadır (World Nuclear Association, 2022). Buna karşılık 2030 yılında toplam üretilen enerjinin %80'inin fosil kaynaklardan karşılanacağı tahmin edilmektedir. Bu durum sera gazı emisyonlarının daha da artarak küresel ısınmayı tetikleyeceğini ve iklimsel sorunların devam edeceğini göstermektedir (Akorede vd., 2010: 725). Fosil yakıt kullanımının önüne geçilebilmesi için rüzgâr, güneş ve hidrojen gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir (Zhang vd., 2022: 8).

Enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklı olarak yaşanan sorunlar değerlendirildiğinde yenilenebilir enerjinin önemli bir alternatif olduğunu söylemek mümkündür. Bu sebeple yenilenebilir enerji, dünya genelinde sürdürülebilir kalkınma politikalarının merkezinde yer almaktadır. Fakat yenilenebilir enerji tüketimini sürdürülebilir kalkınmanın sosyoekonomik parametreleri açısından kabul edilebilir hale getirirken dikkate alınması gereken hususlar şöyledir (Inglesi-Lotz, 2016: 57-58):

- ✓ Uygun kaynak yönetimi ile çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına,
- ✓ Dezavantajlı konumda olan kırsal nüfusu ön planda tutan altyapının sağlanmasına ve hizmetlerin geliştirilmesiyle ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanmasına,
- ✓ Yoksulların faydalanmasını, kadınların ve çocukların desteklenmesini sağlayan sosyal sürdürülebilirliğe,
- ✓ Programın uygulanabilirliğini sağlayacak idari kapasitenin oluşmasıyla idari sürdürülebilirliğin sağlanmasına, korunmasına ve artırılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir (Bugaje, 2006: 604).

1.1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Enerjinin ekonomik, sosyal, çevresel, politik, bürokratik açıdan pek çok etkiye sahip olması, enerji kaynaklarının vazgeçilmezliğini göstermektedir. Bu sebeple toplumların büyümesi ve gelişmesi için enerji arzı istikrarlı bir şekilde sağlanmalıdır (Chang vd., 2003: 455). Diğer taraftan insan faaliyetlerinin devamlılığı ve geleceği için enerji arzının yanında enerji kaynaklarının niteliği de önemlidir (Ganguli, 2016:

185). Enerji kaynakları, farklı ayrımlara tabi tutulmakta olup Şekil 1.1.'de, enerji kaynaklarının en genel haliyle sınıflandırılması gösterilmektedir:

Sürdürülebilirlik Durumuna Göre Enerji Kaynakları	Dönüştürülebilirlik Durumuna Göre Enerji Kaynakları	Yeraltı/Yerüstü Kaynaklı olmalarına Göre Enerji Kaynakları
<ul style="list-style-type: none"> • Yenilenebilir enerji kaynakları • Güneş enerjisi • Biyokütle enerjisi • Rüzgar enerjisi • Jeotermal enerji vb. • Fosil enerji kaynakları • Kömür • Petrol • Doğal gaz • Uranyum, toryum vb. 	<ul style="list-style-type: none"> • Birincil enerji kaynakları • İkincil enerji kaynakları 	<ul style="list-style-type: none"> • Yeraltı enerji kaynakları • Fosil enerji kaynakları • Yerüstü enerji kaynakları • Tükenmeyen enerji kaynakları (yenilenebilir enerji kaynakları)

Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.

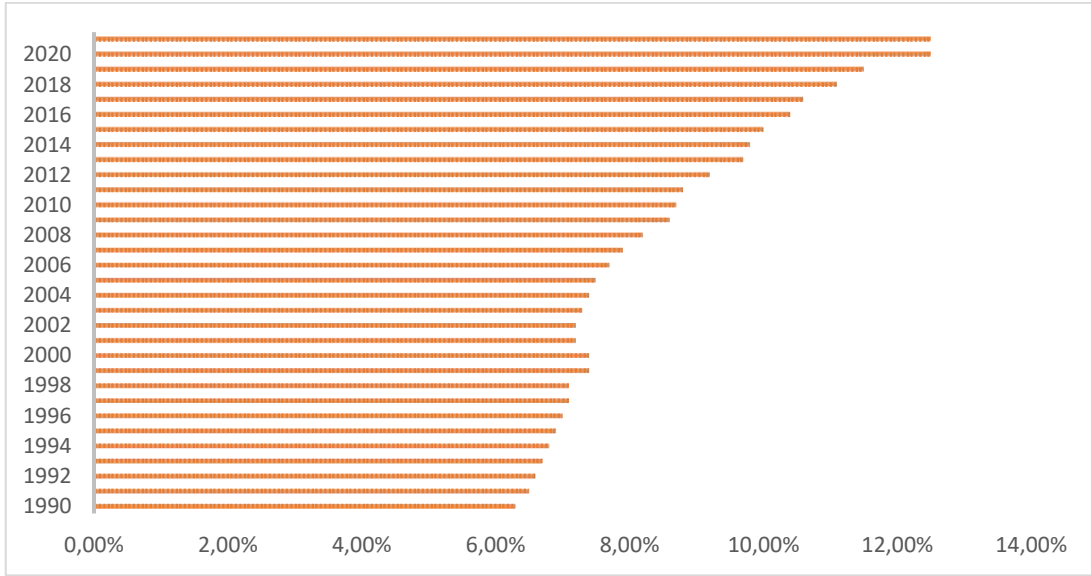
Kaynak: TKİ (2021)

Şekil 1.1.'de gösterildiği gibi enerji kaynakları fosil (geleneksel) kaynaklar ve yenilenebilir kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Enerji kaynaklarından petrol, kömür, doğal gaz ve nükleer enerji fosil enerji kaynakları grubunda yer alırken; rüzgâr, su ve güneş gibi kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları grubunda yer almaktadır (Uyanık, 2021: 65). Fosil enerji kaynaklarının oluşumu çok uzun yıllar sürdüğünden dolayı bu kaynak grubu yenilenemeyen enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır (Student Energy, 2024).

Doğada bulunduğu haliyle kullanılan enerji kaynakları birincil enerji kaynakları grubunda yer alırken; birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesiyle elde edilen elektrik, benzin, mazot, ikincil kömür ve LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) gibi kaynaklar ikincil enerji kaynakları grubunda yer almaktadır (Uyanık, 2021: 65); (Pehlivanoğlu & Narman, 2022: 8). Bunun yanında elektrik enerjisi, kullanılan enerji kaynağına göre de gruplandırılmaktadır. Elektrik enerjisinin elde edilmesi için rüzgâr, güneş, hidrolik, dalga ya da gelgit enerjileri kullanılırsa birincil enerji kaynağı olarak nitelendirilirken; kömür, petrol, doğal gaz ya da nükleer enerji kullanılırsa ikincil enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir (Altınay, 2019: 171).

Son olarak enerji kaynakları, yerüstü veya yeraltı kaynaklı olmalarına göre sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir ve tükenmeyen nitelikte olan yenilenebilir enerji kaynakları yerüstü enerji kaynakları sınıfında yer alırken; yeraltında bulunan ve tükenbilir nitelikte olan fosil enerji kaynakları ise yeraltı enerji kaynakları sınıfında yer almaktadır. Yer üstü kaynaklı olan yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, hidrolik enerji, hidrojen, dalga, biyokütle ve rüzgâr gibi kaynaklardır (Üçgül & Elibüyük, 2015: 207-208). Bu kaynaklar ile üretilen enerji ya çevre kirliliğine sebep olmamakta ya da fosil enerji kaynakları ile üretilen enerjiye göre daha az kirliliğe sebep olmaktadır (Chen vd., 2010: 2512).

Yenilenebilir enerji kaynakları, yakın dönemde odak noktası haline gelse de aslında insanlık tarihinin ilk döneminde ana enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Biyokütlenin yemek pişirme, ısınma ve aydınlanma gibi amaçlarla kullanılması bu duruma örnek olarak gösterilebilmektedir. 1980'li yıllardan günümüze yaklaştıkça da CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yönelik teşviklerle birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında artış yaşanmaktadır (EIA). İklim değişikliğinin önüne geçilmesine ek olarak değişken enerji fiyatlarına karşı dayanıklılık oluşturması, enerji maliyetlerinin azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini ortaya koymaktadır (World Bank Group, 2024). Bu sebeple yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinin, SKH'nin çoğunluğuna erişilmesi açısından kritik değere sahip olduğu kabul edilmektedir (Feng vd., 2024: 11). Bu açıdan yenilenebilir enerjinin dünya genelindeki kullanım durumunun değerlendirilebilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 1.2.'de 1990-2021 döneminde nihai enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjinin payı gösterilmektedir:



Şekil 1.2. Nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı (%).

Kaynak: (IEA)

Şekil 1.2.'de yer alan veriler incelendiğinde 1990-2020 yılları arasında küresel ölçekte nihai enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjinin payının artan oranda seyrettiği gözlemlenmektedir. Öyle ki nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının 1990 yılında yaklaşık olarak %6 iken bu oranın 2021 yılında %12,5'e yükseldiği görülmektedir. Dolayısıyla dünya genelinde yenilenebilir enerji tüketiminin arttığını söylemek mümkündür.

Yeraltı kaynaklı olan fosil enerji kaynakları grubunda ise kömür, petrol ve doğal gaz yer almaktadır. İlk olarak kömür; karbon açısından zengin yapıda, katı ve koyu renkli olup katmanlı tortul çökeller arasında oluşan bir kayaç türüdür. Bataklıklarda bulunan ağaç ve bitki kalıntılarının birikerek uzun yıllar sonrasında fiziksel ve kimyasal etkilerle dönüşmesi sonucunda kömür oluşmaktadır (TKİ, 2021). Kömürün oluşması için bataklıklarda en uygun nem ve sıcaklığın olması, asit seviyesinin yükselmesi, ihtiyaç duyulan organik maddelerin ortamda bulunmasıyla bozunmuş ve çürümüş bitkilerin suyun altına inmesi ve zaman içinde bataklığın üstünün kaplanması gibi olayların yaşanması gerekmektedir (Sevim, 2019: 210). Kömürleşme sürecinde turba, linyit, alt bitümlü kömür, taş kömürü, antrasit ve grafit olmak gibi aşamalardan geçilmektedir. Bu süreçte kömürlerin içeriğinde farklı oranlarda inorganik maddeler bulunmaktadır. Kullanım amacına bakılmaksızın

kömürün içeriğindeki inorganik maddelerin düşük oranda olması tercih edilmektedir (TKİ, 2021).

Kömür diğer fosil kaynaklara göre daha ulaşılabilir nitelikte olsa da daha fazla çevresel sorunlara sebep olmaktadır ve diğer fosil yakıtların rekabet gücü kömürden daha fazladır. Kömür, petrol ve doğal gazla göre pazar payını kaybetmiş olmasına rağmen kömürün kullanım miktarı artış göstermektedir. Bunun nedeni, gelişmekte olan ekonomilerin kömürü önemli bir enerji kaynağı olarak kabul etmesidir (Demirbaş vd., 2004: 195-196).

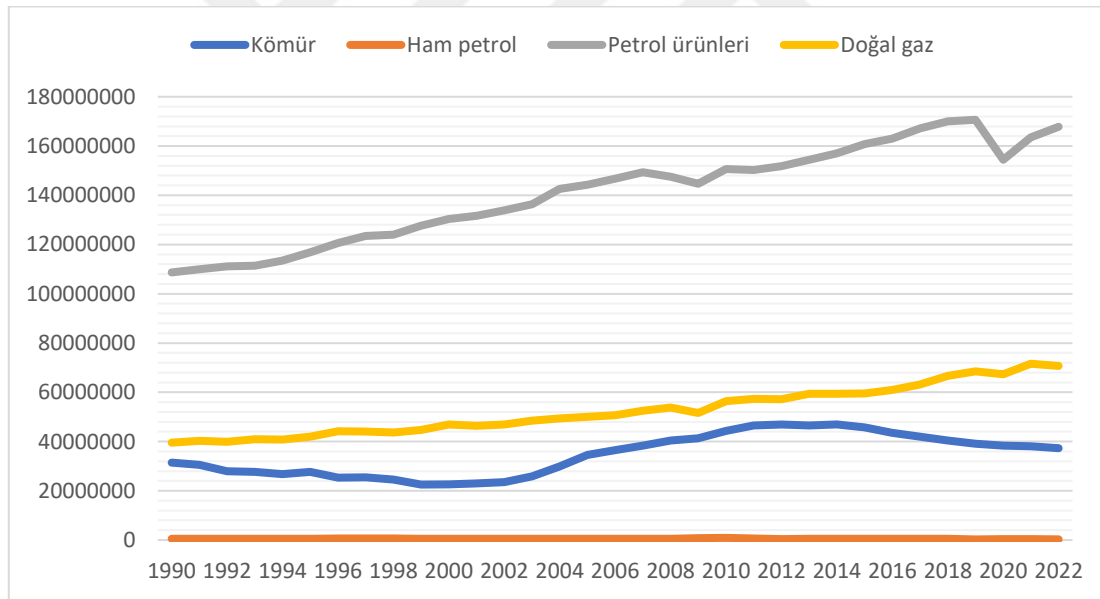
Fosil enerji kaynakları grubunda yer alan diğer bir kaynak ise petroldür. Yeryüzüne çıkarıldığında atmosfer kaynaklı olarak yaşanan basınç ve sıcaklık altında sıvı yapıdaki hidrokarbonlar, petrol olarak tanımlanmaktadır. Okyanusların oksijene (O₂) sahip yüzey kısımlarında olan planktonlar ve algler petrolün kaynağıdır. Kayaçların süngere benzeyen gözeneklerinde bulunan petrolün ekonomik açıdan değere sahip olabilmesi için “kapan” adı verilen ve yer altında hareketini engelleyen yapılarda birikmesi gerekmektedir (Sevim, 2019: 202-203). Petrolün kendi içindeki ayrımı ise şöyledir (Petform, 2020):

- ✓ Rafine edilmemiş, sıvı halde bulunan petrol “ham petrol” olarak tanımlanmaktadır.
- ✓ Ham petrol ve doğal gaz, hidrojen ve karbondan oluştuğu için “hidrokarbon” olarak da nitelendirilebilmektedir.
- ✓ Katı veya yarı katı halde olan, ağır hidrokarbon ve katrandan oluşan petrol ise yapısal özelliklerine göre zift, asfalt ve katran gibi isimler almaktadır.

Günümüzde oldukça önemli bir enerji girdisi olan petrol, dünya genelinde toplam enerji tüketimi açısından büyük bir paya sahiptir. Petrolün yoğun bir şekilde kullanılması yaygın bir tüketim ağına sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Dünya genelinde petrolün %64,5’i ulaşımda, %16,6’sı enerji dışı uygulamalarda, %7,8’i sanayide, %5,4’ü konutta ve %5,6’sı diğer amaçlar için kullanılmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

Son olarak fosil enerji kaynakları grubunda yer alan doğal gaz, “yanıcı bir yapıya sahip olan, havadan hafif, rengi ve kokusu olmayan, metan ağırlıklı olmak üzere etan ve propan gibi hafif moleküler hidrokarbonlara ek olarak daha az miktarda ağır hidrokarbon, karbondioksit, helyum, azot ve hidrojen sülfür içeren bir kaynaktır” (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).

Doğal gaz, diğer fosil kaynaklarına göre çevreyi daha az kirleten bir enerji kaynağıdır (Ahmad vd., 2016: 141-142). Kömür ve petrole göre daha az kükürt dioksit (SO₂), nitröz oksit (N₂O) ve karbondioksit (CO₂) emisyonlarına sebep olması doğal gazı fosil kaynaklar arasında daha üstün bir kaynak konumuna getirmektedir. Bunun yanında taşıma, depolama ve kullanım açısından da daha güvenilir bir kaynak olarak kabul edilmektedir (Mokhatab vd., 2006: 1). Şekil 1.3. fosil enerji kaynaklarının 1990-2022 yılları arasındaki kullanım durumunu göstermektedir:



Şekil 1.3. Nihai enerji tüketiminde fosil enerji kaynaklarının payı (tj).

Kaynak: (IEA)

Şekil 1.3.’te nihai enerji tüketiminde fosil enerji kaynaklarının kendi içindeki dağılımı gösterilmektedir. Tüketim durumu 10’ar yıllık periyotlarla incelendiğinde 1990 yılında 31.458.816 tj kömür, 39.556.744 tj doğal gaz, 108.673.090 tj petrol ürünleri ve 459.065 tj ham petrol; 2000 yılında 22.616.842 tj kömür, 46.913.976 tj doğal gaz, 130.334.091 tj petrol ve 568.639 tj ham petrol; 2010 yılında 44.281.091 tj

kömür, 56.357.157 tj doğal gaz, 150.658.826 tj petrol ürünleri ve 899.073 tj ham petrol; 2020 yılında 38.401.256 tj kömür, 67.345.986 tj doğal gaz, 154.461.274 tj petrol ve 359.573 tj ham petrol tüketimi gerçekleşmiştir. 2022 yılında ise 37.281.510 tj kömür, 70.773.498 tj doğal gaz, 167.766.134 tj petrol ve 289.965 tj ham petrol tüketimi gerçekleşmiştir. Fosil enerji kaynakları grubunda yer alan petrol, kömür ve doğal gazın kullanım durumuna bakıldığında petrol ürünleri tüketiminin 1990-2022 yılları arasında diğer kaynaklara göre çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun yanında doğal gaz tüketiminde de artış seyri olmasına karşılık özellikle günümüze yaklaştıkça kömür tüketiminde azalmaya gidildiğini söylemek mümkündür.

Fosil enerji kaynakları kendi içinde kıyaslandığında bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. Öncelikle kömür, doğada bol miktarda bulunan ve uygun maliyetli bir kaynaktır. Buna karşılık yakıldığında çevresel açıdan yoğun tahribata sebep olmaktadır. Petrolün doğada bulunması ise kömürün bulunması kadar kolay değildir. Buna karşılık boru hatları ile taşınabilir niteliğe sahip olan petrol, kolay depolanabilmektedir. Doğal gaz ise hem uygun maliyetli hem de çevreyi kömür ve petrole göre en az kirleten kaynaktır (Metcalf, 2019).

Nükleer enerji ise 1789 yılında uranyumun keşfedilmesiyle başlayıp 1934 yılında atomun parçalanması ile devam eden dönemde önem kazanmıştır. Nükleer enerjiye yönelik çalışmalar öncelikli olarak askeri ve savunma amaçlı olarak başlamıştır. Daha sonraki süreçte ticari olarak da kullanılmıştır. Nükleer enerjinin kullanılması için yürütülen çabalar sonucunda atomun parçalanması ile elde edilen ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürecek sistemler (nükleer santral) geliştirilmiştir. Bu sistemler sayesinde nükleer enerjinin güvenli bir şekilde kontrollü ve kesintisiz elde edilmesi sağlanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).

Küresel enerji arzının %82'si fosil enerji kaynakları aracılığıyla karşılanmakta olup kanıtlanmış rezervlerin çoğu da OECD üyesi olmayan ülkelerde bulunmaktadır (Energy Institute, 2023; Student Energy, 2024). Enerji tüketiminde kömür, petrol ve doğal gazın yenilenebilir enerji kaynaklarına göre çok daha fazla kullanılması dört büyük sorunu beraberinde getirmektedir. Bayraç vd. (2018), bu sorunları maddeler halinde özetlemiştir (Bayraç vd., 2018: 1-2):

- Fosil enerji kaynaklarının ömürleri sınırlıdır. Bu durum bahsi geçen kaynakların kendilerini yenileme kapasitesinin çok uzun yıllar almasından kaynaklanmaktadır.
- Fosil enerji kaynaklarının yakılmasıyla açığa çıkan sera gazları çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya sebep olmaktadır.
- Fosil (geleneksel) enerji kaynakları rezerv kısıtlılığı sebebiyle artan enerji ihtiyacını karşılamada yetersiz kalmaktadır.
- Fosil enerji kaynaklarının fiyatları artış göstermektedir.

Özetlemek gerekirse; petrol, kömür ve doğal gazdan oluşan fosil enerji kaynaklarının tüketimi hem çevresel kirliliğe sebep olmakta hem de bu kaynaklar tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır (Chang vd., 2003: 454). Diğer taraftan enerji ihtiyacını karşılamada yeterli kaynağa sahip olmayan ve bu ihtiyacı enerji ithalatı yoluyla gideren ülkelerin enerji maliyetleri yükselmektedir.

Fosil enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklanan sorunlara tarihte sıkça şahit olunmuştur. Enerji tüketiminde petrol ve kömürün liderliğine dayanan dönem, ilk kez 1973 yılında petrol krizi ile sarsılmıştır ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgide artış gözlemlenmiştir. Bu süreçte enerji politikalarında “enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artırılmasına ve enerji güvenliğinin sağlanmasına verilen önem artmıştır (Büyükmihci, 2003: 15).

İçinde bulunduğumuz dönemde de 1970’li yıllara benzer bir şekilde enerji krizi yaşanmaktadır. Üstelik bu kriz, küresel bir enerji krizi olarak 50 yıl öncesine göre birbirine çok daha bağlı olan tüm dünya ekonomisini etkilemektedir (IEA). Enerji güvenliğine yönelik duyulan endişe, fosil enerji kaynaklarının sebep olduğu çevresel sorunlar ve petrol fiyatlarının yükselmesi gibi sorunlar yenilenebilir enerji kaynaklarının, nükleer enerjinin ve daha az karbon yoğunluğu olan doğal gaz kullanımının yaygınlaştırılmasını teşvik etmektedir (U.S. Energy Information Administration (EIA), 2016: 9).

1.2. Fosil Enerji Kaynaklarının Piyasası

Küresel ölçekte enerji talebi, büyük yatırımlar aracılığıyla karşılanmakta olup sürekli artış göstermektedir (Zeb vd., 2017: 1143). Enerji talebi artarken ülkelerin ekonomik büyümelerinin birbirinden farklı olması sebebiyle tükettikleri enerji miktarı da farklılaşmaktadır (Yao vd., 2020: 1). Özellikle gelişmekte olan ekonomiye sahip olan ülkelerdeki enerji talebi, refah seviyesinin ve yaşam kalitesinin artış göstermesiyle hızlı bir şekilde yükselmektedir (BP, 2024: 10).

Gelişmekte olan ekonomiye sahip ülkelerde enerji tüketimindeki hızlı artış, talepteki artıştan kaynaklansa da bu ülkeler; gelişmiş ekonomiye sahip olan ülkelere göre enerji verimliliğini artırmaya henüz odaklanmamışlardır. Bu açıdan enerji verimliliğini artırmayı başaran ülkelerin enerji tüketimini azaltmaları beklenmektedir. Bu kapsamda AB'nin benimsediği 2012/27/EU direktifinde de enerji verimliliğinin, hem enerji ithalatını ve tükenmekte olan enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmada hem de iklim krizi ve ekonomik kriz ile başa çıkmada önemli bir araç olduğu açıkça belirtilmiştir (Official Journal of the European Union, 2012).

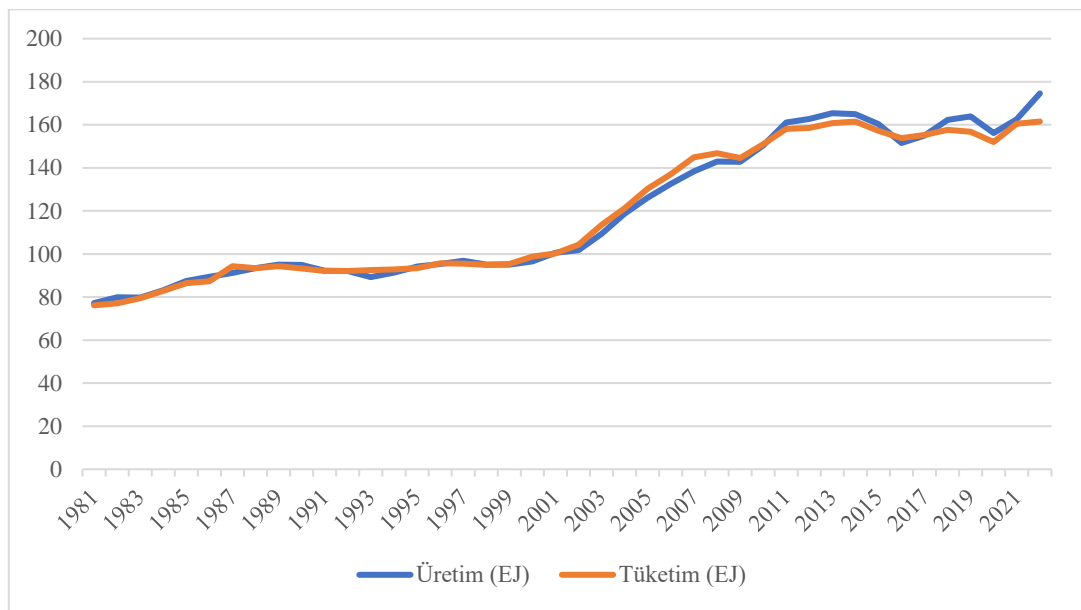
Enerji kaynağı rezervi yetersiz olan ülkeler enerji ihtiyaçlarını ithalat yolu ile gidermek durumunda olduklarından dolayı küresel ölçekte enerji kaynaklarının ticaretinde hala hızlı bir yükselme yaşanmaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından hazırlanan "Uluslararası Ticarete Temel İstatistikler ve Eğilimler" adlı rapora göre 2021 yılı verilerinde ticaret değeri, en fazla kömür, doğal gaz, petrol ve petrol ürünleri ile madencilik ve metal cevheri sektöründe artış göstermektedir (UNCTAD, 2023: 14). Dolayısıyla dünya ekonomisinde ham petrol ve doğal gazın önemli bir konuma sahip olduğunu söylemek mümkündür.

1.2.1. Enerji Kaynaklarının Üretim ve Tüketim Durumu

Enerjiye olan talebin sürekli olarak arttığı günümüz döneminde hem enerji tüketiminde hem de enerji üretiminde artış yaşanmaktadır. Enerji tüketimi, direkt olarak enerji açısından değerlendirilmemesi gereken bir konudur. Çünkü mal ve hizmet üretimi için ihtiyaç duyulan enerji hem doğrudan hem de dolaylı enerjiyi tüketmektedir. Dolaylı enerji, nihai ürünleri oluşturabilmek amacıyla somut hale

getirilen enerjidir (Sun vd., 2016: 195). Enerji üretiminde ise geleneksel üretim; birincil ve ikincil üretim olmak üzere iki ayrıma tabi tutulmaktadır. Birincil üretim; petrol ve doğal gazın işlenmesi ve ihracat işlemleri için kuyudan çıkarılması, ayrıştırılması ve saflaştırılması işlemlerini kapsarken ikincil üretim, birincil üretimin ileri işlenmesi sürecini kapsamaktadır (Seljom & Rosenberg, 2011: 102).

Şekil 1.4.'te 1981-2022 yılları arasında dünya genelinde kömür üretim ve tüketim durumu gösterilmektedir:



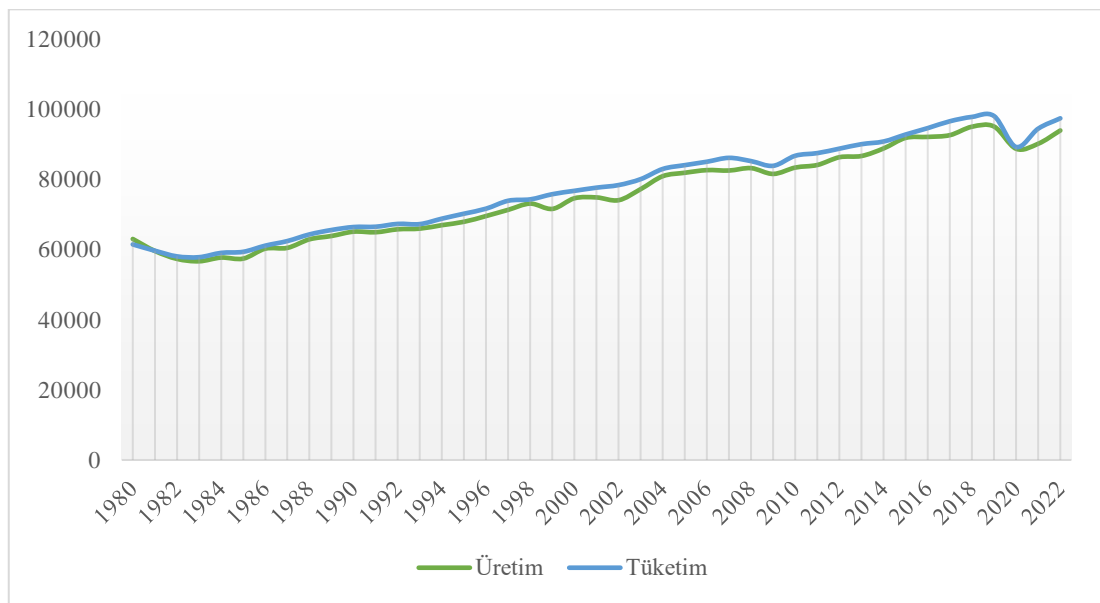
Şekil 1.4. 1980-2022 dönemi kömür üretim ve tüketim durumu (ej).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

Şekil 1.4.'te Enerji Enstitüsü (Energy Institute) veri tabanında yer alan değerlerle oluşturulan grafik incelendiğinde kömür üretimi ve tüketiminin genel olarak birbirine paralel bir seyir izlediği görülmektedir. Üretim ve tüketim durumu 10'ar yıllık periyotlarla incelendiğinde 1981 yılında 77,2 ej değerinde üretim, 76,14 ej değerinde tüketim gerçekleşirken; 1991 yılında 92,26 ej üretim değerinde ve 92,02 ej değerinde tüketim; 2001 yılında 100,58 ej değerinde üretim ve 100,31 ej değerinde tüketim; 2011 yılında 161,06 ej değerinde üretim ve 158,03 ej değerinde tüketim; 2021 yılında ise 162,5 ej değerinde üretim gerçekleşirken 160,43 ej değerinde tüketim gerçekleşmiştir.

Kömür üretim ve tüketim durumunun incelendiği dönem aralığında genel itibariyle üretilen kömürün tüketildiğini söylemek mümkündür. Üretim ve tüketim durumu bazı dönemlerde farklılaşsa da en fazla 2022 yılında üretim değeri tüketim değerini aşmıştır. 2022 yılında 174,56 ej değerinde kömür üretilirken; 161,47 ej değerinde kömür tüketimi gerçekleşmiştir.

1980-2022 yılları arasında dünya genelinde petrol üretim ve tüketim verileri günlük bin varil cinsinden Şekil 1.5'te gösterilmektedir:



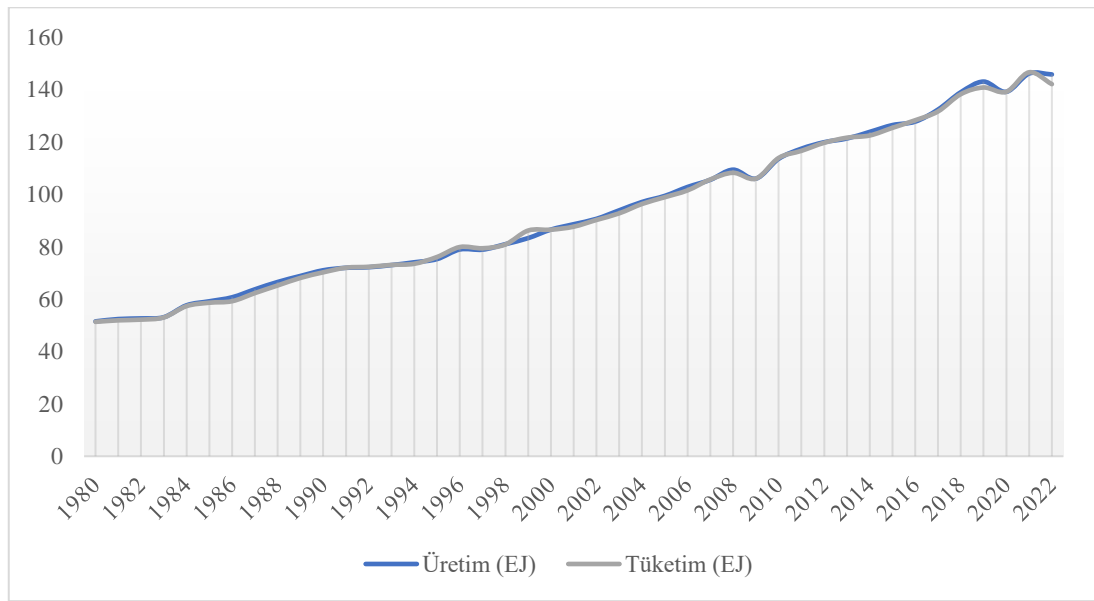
Şekil 1.5. 1980-2022 dönemi petrol üretim ve tüketim durumu (kb/d).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

Enerji Enstitüsü verileri ile oluşturulan Şekil 1.5.'te yer alan petrol üretim ve tüketim verileri incelendiğinde üretilenden daha fazla petrolün tüketildiği görülmektedir. Üretim ve tüketim durumu 10'ar yıllık periyotlarla incelendiğinde 1980 yılında 62.942,09 kb/d üretim, 61.392,87 kb/d tüketim; 1990 yılında 65.021,88 kb/d üretim, 66.348,46 kb/d tüketim; 2000 yılında 74.535,26 kb/d üretim, 76.659,48 kb/d tüketim; 2010 yılında 83.284,88 kb/d üretim, 86.652,8 kb/d tüketim ve 2020 yılında 88.630,39 kb/d üretim gerçekleşirken 89.138,91 kb/d tüketim gerçekleşmiştir. Günümüze yaklaştıkça üretilenden daha fazla petrolün tüketilmesi ve hem üretimin hem de tüketimin artması durumu değişmese de 2020 yılında üretimde ve tüketimde azalmanın yaşandığını söylemek mümkündür. Bu durumun COVID-19 salgınından

kaynaklandığı düşünülmektedir. En fazla tüketimin yaşandığı 2019 yılında ise 94.971,71 kb/d üretim gerçekleşirken 97.710,96 kb/d tüketim gerçekleşmiştir. 2022 yılında ise 93.847,53 kb/d petrol üretilirken; 97.309,38 kb/d petrol tüketilmiştir. Dolayısıyla 2020 yılında hem üretim hem de tüketimde düşüş yaşanmış olsa da günümüze yaklaştıkça üretim ve tüketimin yeniden yükseldiği görülmektedir.

Şekil 1.6.'da 1980-2022 yılları arasında doğal gaz üretim ve tüketim durumu gösterilmektedir:



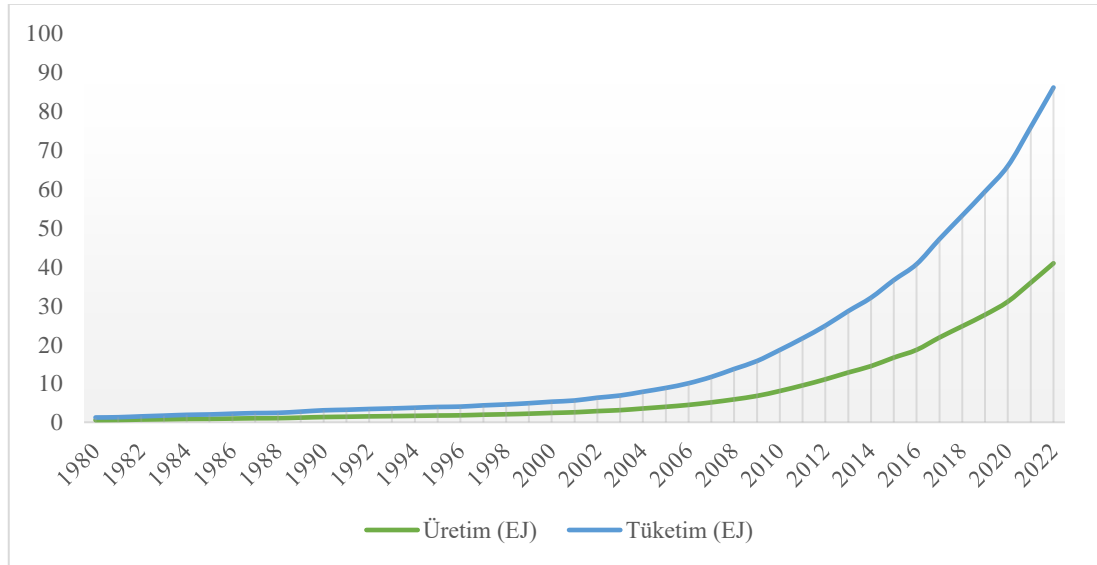
Şekil 1.6. 1980-2022 dönemi doğal gaz üretim ve tüketim durumu (ej).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

Şekil 1.6.'da yer alan doğal gaz üretim ve tüketim durumu incelendiğinde üretim ve tüketimin birbirine paralel bir seyir izlediği gözlemlenmektedir. Yıllar itibariyle üretim artarken tüketimde aynı oranda artış göstermiştir. Üretim ve tüketimdeki değişim 10'ar yıllık periyotlarla incelendiğinde 1980 yılında 51,42 ej değerinde üretim, 51,25 ej değerinde tüketim gerçekleşirken; 1990 yılında 70,91 ej değerinde üretim, 70,13 ej değerinde tüketim; 2000 yılında 86,43 ej değerinde üretim, 86,38 ej değerinde tüketim gerçekleşmiştir. Buna karşılık 2020 yılında hem üretim hem de tüketimde düşüş yaşanmıştır. 2020 yılında 138,97 ej değerinde üretim gerçekleşirken 138,98 ej değerinde tüketim gerçekleşmiştir. İncelenen dönem aralığında en fazla

üretim ve tüketim 2021 yılında gerçekleşerek üretim 145,92 ej'ye tüketim ise 146,41 ej'ye ulaşmıştır. Ardından 2022 yılında ise 145,58 ej değerinde üretim, 141,89 ej değerinde tüketim gerçekleşmiştir.

Şekil 1.7.'de 1980-2022 yılları arasında yenilenebilir enerji üretim ve tüketim durumu gösterilmektedir:



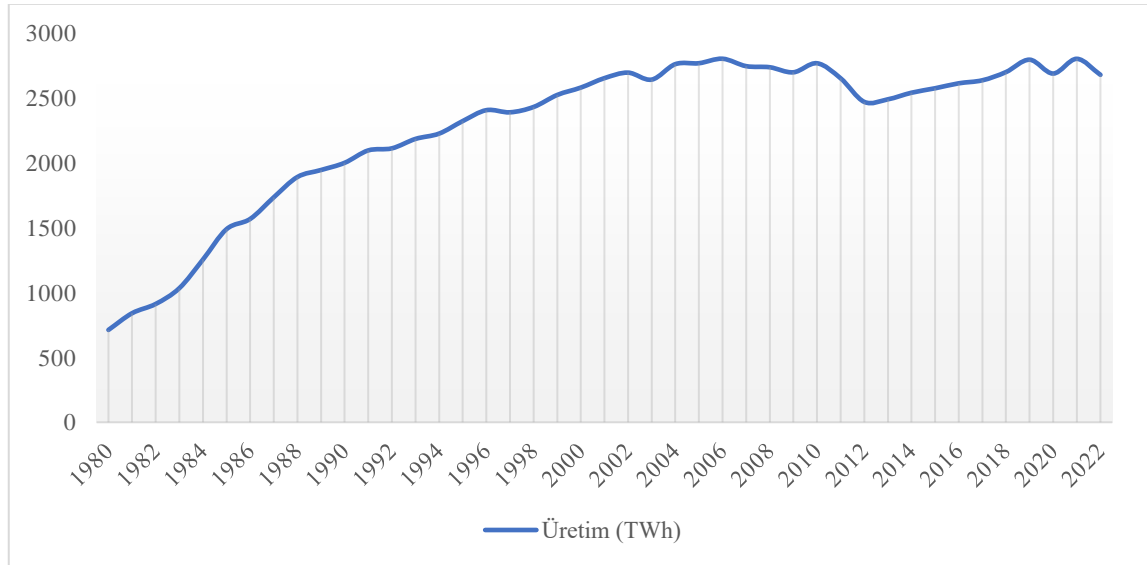
Şekil 1.7. 1980-2022 dönemi yenilenebilir enerji üretim ve tüketim durumu (ej).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

Şekil 1.7.'de dünya genelinde 1980-2022 dönemi için yenilenebilir enerji üretim ve tüketim durumu ej değeri ile gösterilmektedir. Yenilenebilir enerji üretim ve tüketim verilerine genel kapsamda değerlendirildiğinde günümüze yaklaştıkça hem üretim hem de tüketim miktarında ivmeli bir artışın yaşandığı gözlemlenmektedir. Özellikle 2000'li yıllardan itibaren yenilenebilir enerji üretim ve tüketim verilerinde ivmeli bir artış dönemine girildiğini söylemek mümkündür. Bu süreçte 10'ar yıllık periyotlarla üretim ve tüketim verileri incelendiğinde 1980 yılında 0,55 ej değerinde üretim, 0,67 ej değerinde tüketim, 1990 yılında 1,34 ej değerinde üretim, 1,73 ej değerinde tüketim, 2000 yılında 2,4 ej değerinde üretim, 2,88 ej değerinde tüketim, 2010 yılında 8,03 ej değerinde üretim, 10,55 ej değerinde tüketim, 2020 yılında 31,01 ej değerinde üretim ve 34,87 ej değerinde tüketim gerçekleşmiştir. 2022 yılına gelindiğinde ise üretimin 40,86 ej'a tüketimin 45,18 ej' yükseldiği görülmektedir.

Üretim ve tüketim değerlerinde gözlemlenen bu artış dünya genelinde tüketilen toplam enerji içinde yenilenebilir enerjinin payının günümüze yaklaştıkça arttığını doğrulamaktadır.

Şekil 1.8.'de 1980-2022 yılları arası nükleer enerji üretim durumu gösterilmektedir:

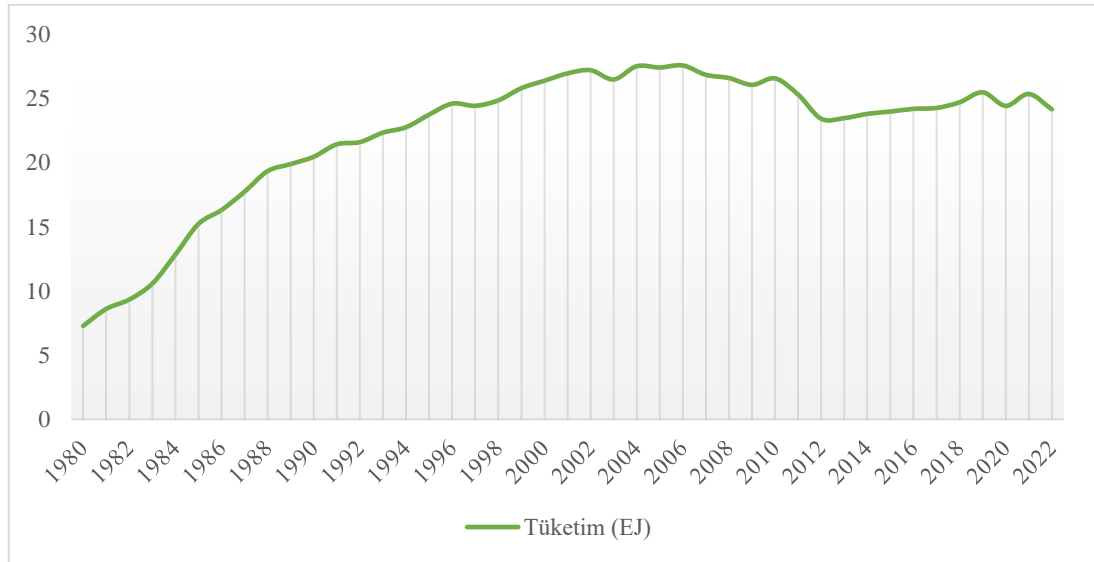


Şekil 1.8. 1980-2022 dönemi nükleer enerji üretim durumu (TWh).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

Şekil 1.8.'de yer alan nükleer enerji üretim verilerine göre 2006 yılına kadar üretimin artan seyirde devam ettiği görülmektedir. Nükleer enerji üretim verileri 10'ar yıllık periyotlarla incelendiğinde 1980 yılında 711,92 TWh, 1990 yılında 2000,6 TWh, 2010 yılında 2768,26 TWh, 2020 yılında ise 2689,04 TWh değerinde üretimin gerçekleştiği görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde en fazla üretimin 2006 yılında 2803,11 TWh değerinde olduğu görülürken ilerleyen dönemlerde az da olsa üretimde düşüşün yaşandığını söylemek mümkündür. 2014 yılından itibaren ise yeniden bir yükselme dönemine girilmiştir. Bu süreçte en fazla 2021 yılında 2802,55 TWh değerinde üretim gerçekleşmiştir. 2022 yılında ise 2679,01 TWh değerinde üretimin gerçekleştiği görülmektedir. Bu kapsamda 1980-2022 dönem aralığında genel olarak üretimin arttığı gözlemlenirken bazı dönemlerde üretimde azalmanın yaşandığını söylemek mümkündür.

Nükleer enerji üretimine dair 1980 yılı verileri ile 2022 yılı verileri karşılaştırıldığında önemli ölçüde artışın olduğu görülürken tüketimdeki durumu değerlendirmek amacıyla oluşturulan Şekil 1.9.'da 1980-2022 yılları arası nükleer enerji tüketim verileri gösterilmektedir:



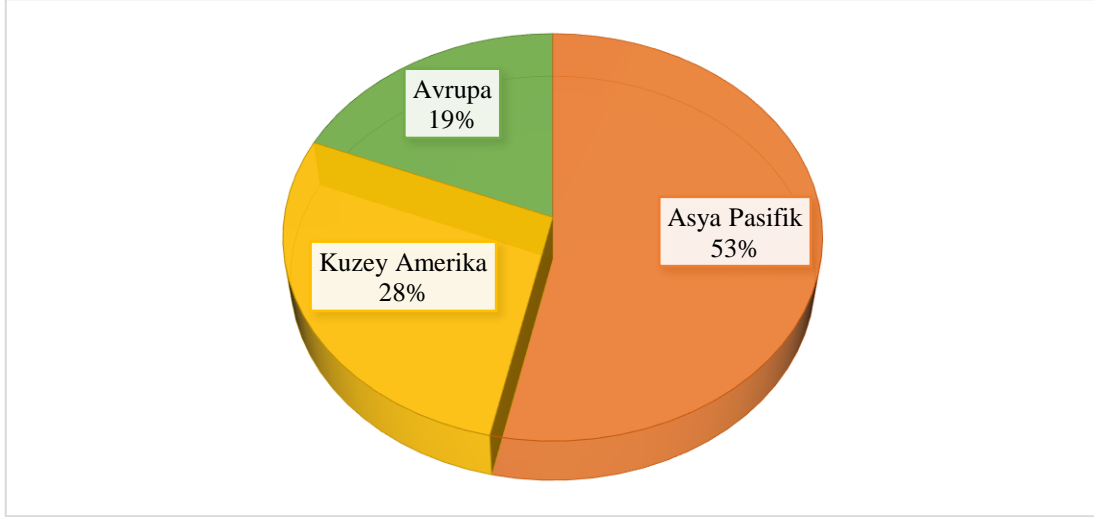
Şekil 1.9. 1980-2022 dönemi nükleer enerji tüketim durumu (ej).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

Enerji Enstitüsü verileri ile oluşturulan Şekil 1.9.'da nükleer enerji tüketim durumu 10'ar yıllık periyotlarla incelendiğinde 1980 yılında 7,27 ej değerinde, 1990 yılında 20,44 ej değerinde, 2000 yılında 26,36 ej değerinde, 2010 yılında 26,54 ej değerinde ve 2020 yılında ise 24,4 ej değerinde tüketimin gerçekleştiği görülmektedir. İncelenen dönem aralığında en fazla tüketim 26,82 ej değerinde olduğu ve 2007 yılında gerçekleşmiştir. Buna karşılık nükleer enerji tüketiminde kısa dönemlerde dalgalı bir seyir yaşanmış olsa da genel değerlendirme yapıldığında üretimde olduğu gibi nükleer enerji tüketiminde de artışın yaşandığını söylemek mümkündür. Bu kapsamda nükleer enerji kaynaklı felaketlerden dolayı ülkelerin kullanıma kısıtlama getirmesi sebebiyle üretim ve tüketimde dalgalanmaların yaşanmış olması muhtemeldir.

Özetlemek gerekirse dünya genelinde enerji üretim ve tüketim miktarının yıllar itibariyle arttığını söylemek mümkündür. Buna karşılık bu artışta her bölgenin aynı paya sahip olmadığı düşünülmektedir. Şekil 1.10.'da 2023 yılında dünyanın en büyük

birincil enerji tüketicileri ve bu tüketicilerin kendi aralarındaki tüketim payı gösterilmektedir:



Şekil 1.10. 2023 yılına göre en büyük birincil enerji tüketicileri.

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023: 7)

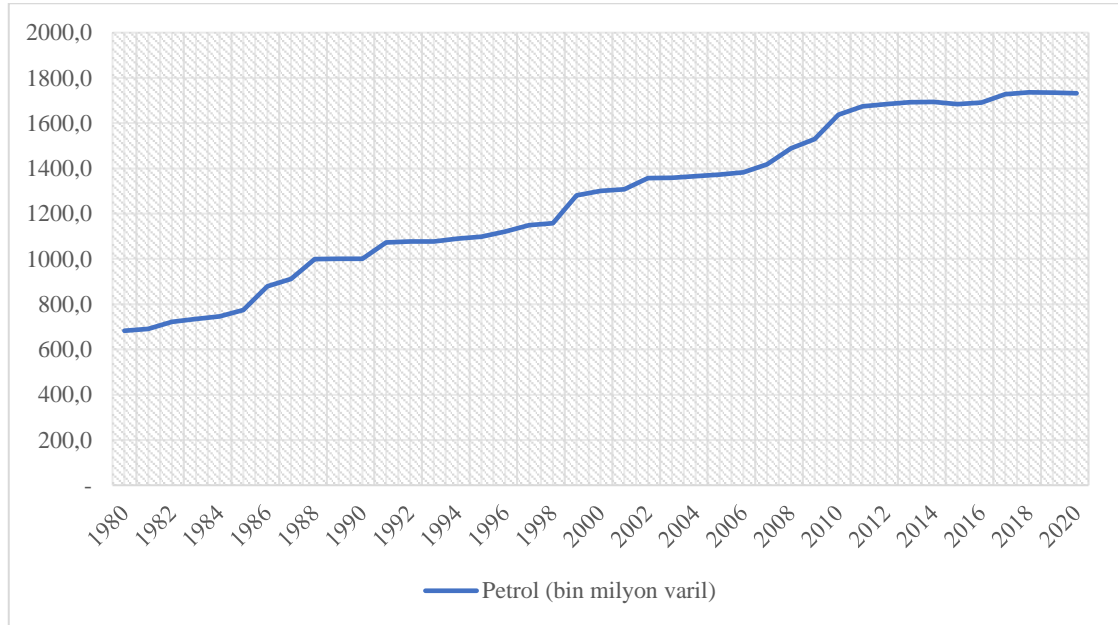
2023 yılı Enerji Enstitüsü (EI) veri tabanından derlenen verilere göre oluşturulan Şekil 1.10.'da birincil enerji tüketimi en fazla olan üç bölgenin sırasıyla Asya Pasifik, Kuzey Amerika ve Avrupa olduğu görülmektedir. Üç bölge tarafından tüketilen toplam birincil enerji miktarı 476,19 ej'dir.

Şekilde yer alan verilere göre bölgeler kendi özelinde değerlendirildiğinde Asya Pasifik'in en büyük enerji tüketicisi Çin, Kuzey Amerika'nın en büyük enerji tüketicisi ABD, Avrupa'nın en büyük enerji tüketicisi ise Almanya'dır. Dünyanın en büyük enerji tüketicisi ise ABD olup, ikinci sırada Çin yer almaktadır ve Çin'de enerji ihtiyacının büyük kısmı kömürden karşılanmaktadır (Chang vd., 2003: 457). Çin, kalabalık nüfusu ve ekonomisinin sürekli büyümesi sebebiyle fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin en büyük tüketicisi olup fosil enerji ithalatçısı konumundadır (Wu, 2014: 4; Musa vd., 2018: 2287). Çin'de kömürün daha fazla kullanılması, arama ve kullanma teknolojisindeki zayıflıktan kaynaklanmaktadır (Chang vd., 2003: 457). Bu sebeple fosil enerji kaynaklarına alternatif aranırken teknolojik yeniliklere ve bu yeniliklerin maliyetlerine de odaklanılması gerekmektedir.

Birincil enerji tüketiminde AB'nin payı düşse de enerji, ekonomide kilit rol oynamaya devam etmektedir. Bu düşüşün enerji tüketiminde azalmayı ve enerji verimliliğini artırmayı hedefleyen 2012/27/EU direktifinin benimsenmesinden kaynaklanması muhtemeldir. Bunun yanında AB'nin birincil enerji tüketimindeki payının diğer bölgelere daha az olması, Asya ülkelerindeki artan sanayileşmeden, Çin'in dünya ekonomisinde artan rolünden ve AB'nin hizmet odaklı ekonomiye geçişinden kaynaklanmaktadır. Bu da ülkelerin ekonomilerinin geliştikçe hizmet sunumuna yöneldiklerini kanıtlamaktadır (Mitroussi, 2006: 56).

1.2.2. Enerji Kaynaklarının Rezerv Durumu

Rezervler, kârlı ve üretim için uygun nitelikte onaylanmış olan yataklardır. Fosil enerji kaynaklarının rezerv eğilimleri fiyat ve tüketim olmak üzere iki önemli parametreye bağlıdır. Diğer enerji kaynaklarının kullanımı artsa da petrol birincil enerji tüketiminde en büyük paya sahip iken bunu kömür ve doğal gaz takip etmektedir (Shafiee & Topal, 2009: 181-182). Enerji kaynaklarının rezervlerindeki değişim durumunun incelenebilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 1.11.'de petrol rezervleri gösterilmektedir:

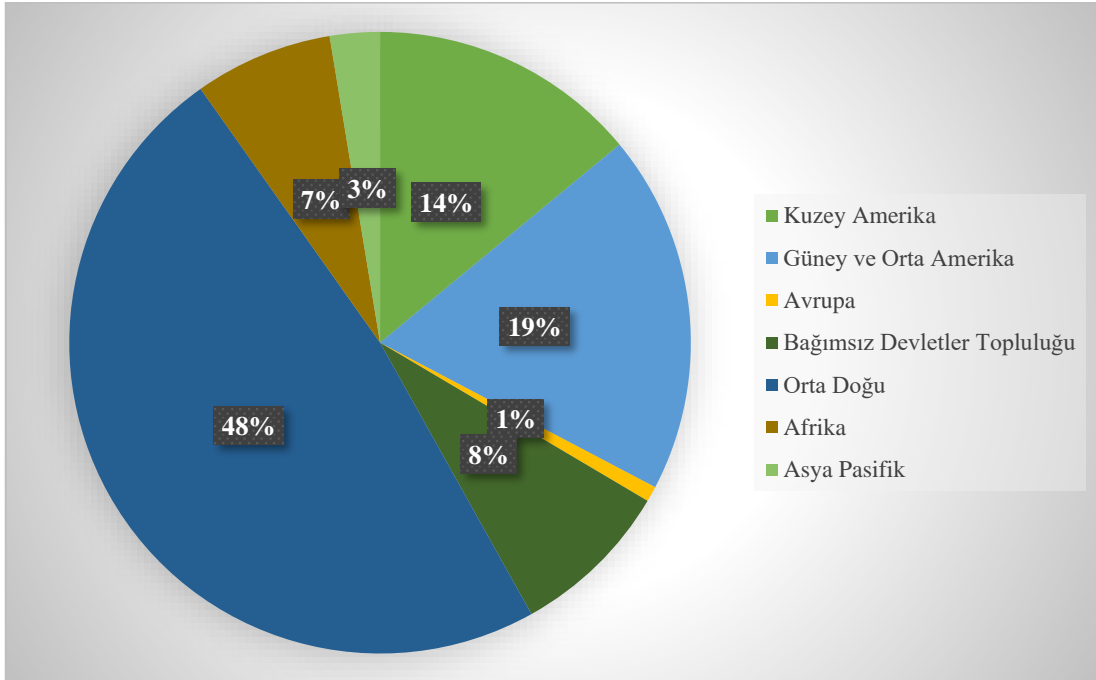


Şekil 1.11. 1980-2020 dönemi petrol rezerv durumu (bin milyon varil).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2024)

Şekil 1.11.'de 1980-2020 yılları arasında dünya genelindeki petrol rezervlerinin durumu gösterilmektedir. İncelenen dönem aralığında günümüze yaklaştıkça rezervlerin arttığını söylemek mümkündür. 10'ar yıllık periyotlarla değerlendirildiğinde kanıtlanmış petrol rezervleri 1980 yılında 682,6 bin milyon varil, 1990 yılında 1000,9 milyar varil, 2000 yılında 1300,9 milyar varil, 2010 yılında 1636,9 milyar varil iken 2020 yılında ise 1732,4 milyar varile ulaşmıştır.

2020 yılının sonunda petrol rezervlerinin bölgesel dağılımı ise Şekil 1.12'de gösterilmektedir:



Şekil 1.12. Petrol rezervlerinin bölgesel dağılımı (%).

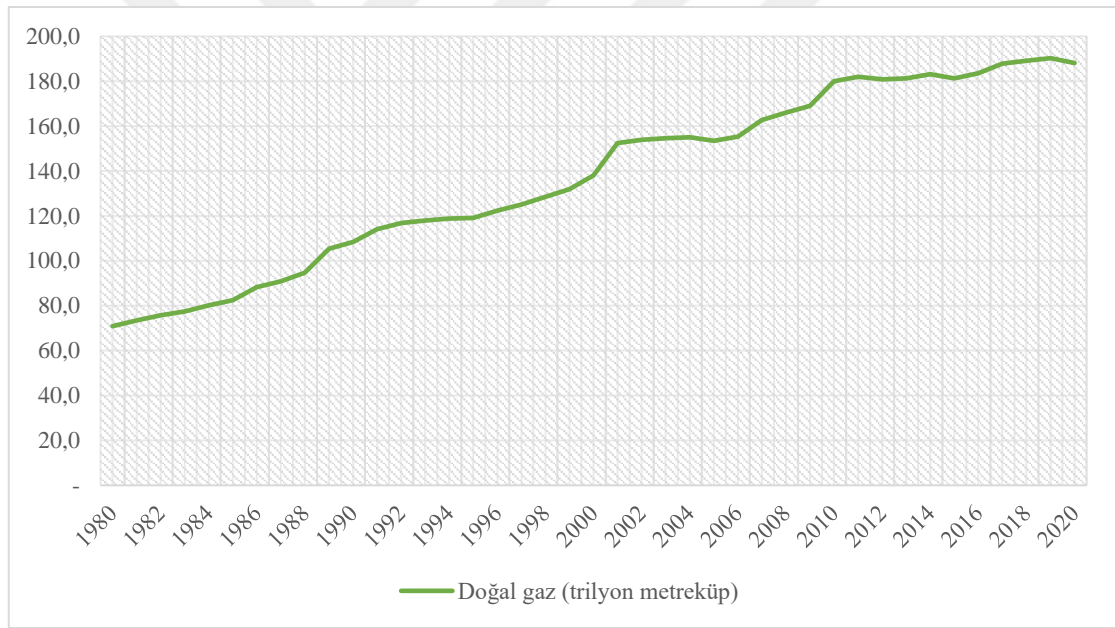
Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2024)

Şekil 1.12.'de 2020 yılının sonunda varlığı kanıtlanmış olan petrol rezervlerinin bölgesel dağılımı gösterilmektedir. Şekilde yer alan verilere göre Orta Doğu Bölgesi petrol rezervlerinin %48'ine sahiptir. Bu sıralamayı %19 ile Güney ve Orta Amerika, %14 ile Kuzey Amerika, %8 ile Bağımsız Devletler Topluluğu, %7 ile Afrika, %3 ile Asya Pasifik ve %0,80 ile Avrupa Bölgesi takip etmektedir.

Diğer taraftan EI verilerine göre 2020 yılının sonunda kanıtlanmış petrol rezervlerinin %17,5'i Venezuela'da bulunmaktadır. Bu rezervlerin %85'i OECD üyesi olmayan ülkelerde bulunurken %15'i OECD üyesi olan ülkelerde; %70,1'i OPEC üyesi olan ülkelerde bulunurken %29,9'u OPEC üyesi olmayan ülkelerde; %0,1'i ise AB'nde bulunmaktadır (Energy Institute, 2024).

OPEC tarafından 2024 yılında yayınlanan rapora göre ise dünyada kanıtlanmış petrol rezervlerinin %79,5'i OPEC üye ülkelerinde bulunmaktadır (OPEC, 2024). Raporda, 2023 yılı en fazla ham petrol rezervine sahip ülkenin %24,4 payla Venezuela olduğu belirtilmektedir.

Şekil 1.13.'te doğal gaz rezervlerinin durumu gösterilmektedir:

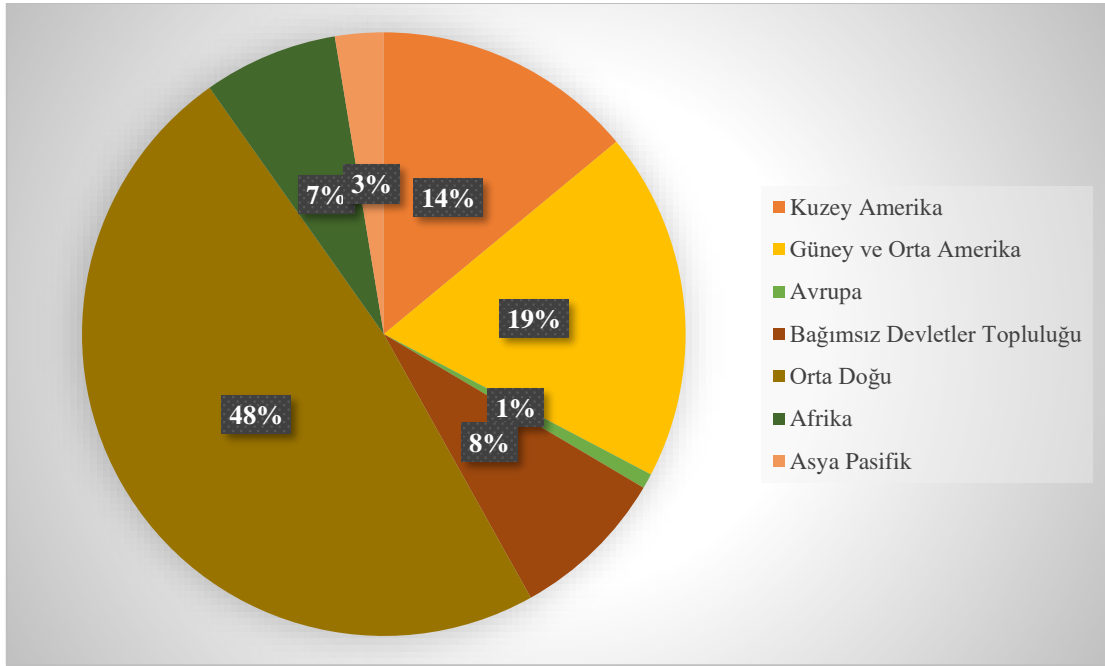


Şekil 1.13. 1980-2020 dönemi doğal gaz rezerv durumu (trilyon m³).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2024)

Şekil 1.13.'te 1980-2020 yılları arasında dünya genelinde varlığı kanıtlanmış doğal gaz rezervlerindeki durum yer almaktadır. Rezervlerdeki değişim durumu 10'ar yıllık periyotlarla incelendiğinde doğal gaz rezervlerinin 1980 yılında 70,9 trilyon m³ iken 1990 yılında 108,4 trilyon m³'e, 2000 yılında 138 trilyon m³'e, 2010 yılında 179,9 trilyon m³'e ve 2020 yılında 188,1 trilyon m³'e yükseldiği görülmektedir.

Doğal gaz rezervlerinin bölgesel dağılımı ise Şekil 1.14.'te gösterilmektedir:



Şekil 1.14. Doğal gaz rezervlerinin bölgesel dağılımı (%).

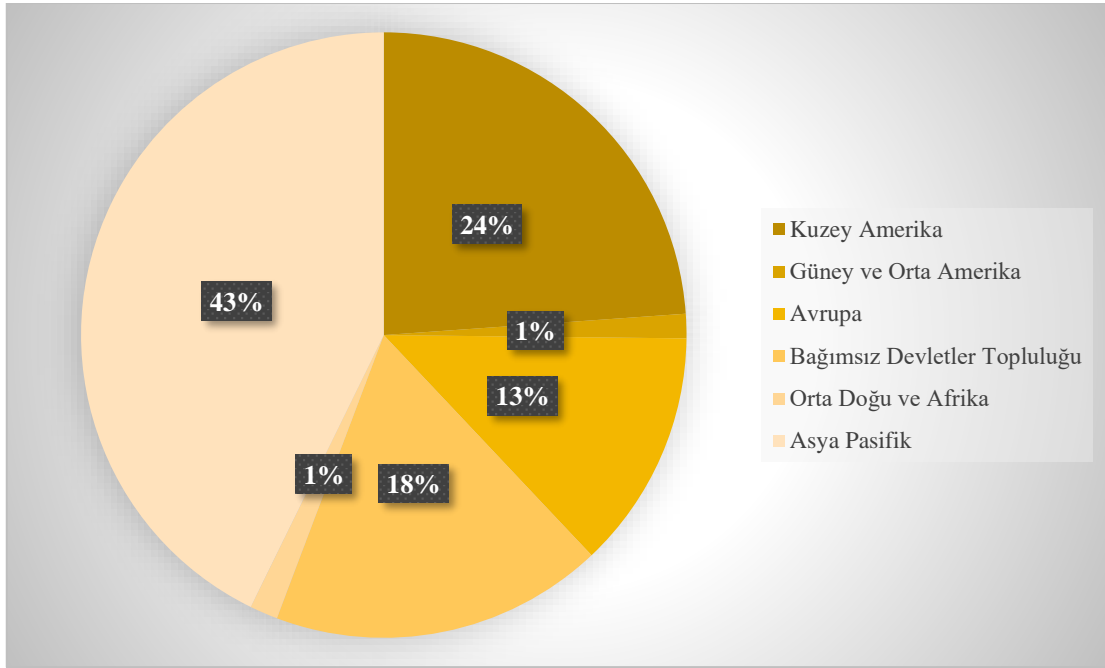
Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2024)

Şekil 1.14.'te 2020 yılı sonu itibariyle doğal gaz rezervlerinin bölgesel dağılımı gösterilmektedir. Şekilde yer alan verilere göre doğal gaz rezervlerinin %48'inin Orta Doğu Bölgesi'nde bulunduğu görülmektedir. Bu sıralamayı %18,70 ile Güney ve Orta Amerika, %14 ile Kuzey Amerika, %8 ile Bağımsız Devletler Topluluğu, %7 ile Afrika, %3 ile Asya Pasifik ve %1 ile Avrupa takip etmektedir.

Diğer taraftan Enerji Enstitüsü verilerine göre 2020 yılının sonunda kanıtlanmış doğal gaz rezervlerinin %17,2'si Suudi Arabistan'dadır. Doğal gaz rezervlerinin %15'i OECD üyesi olan ülkelerde yer alırken %85'i OECD üyesi olmayan ülkelerde; %70,1'i OPEC üyesi olan ülkelerde, %29,9'u OPEC üyesi olmayan ülkelerde, %0,1'i AB'nde yer almaktadır (Energy Institute, 2024).

Son olarak dünya genelinde 2020 yılının sonunda kanıtlanmış kömür rezervi 1074 milyar tondur ve 459,75 milyar ton rezerv Asya Pasifik Bölgesi'ne aittir (Energy Institute).

Şekil 1.15.'te kömür rezervlerinin bölgesel dağılımı gösterilmektedir:



Şekil 1.15. Kömür rezervlerinin bölgesel dağılımı (%).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2024)

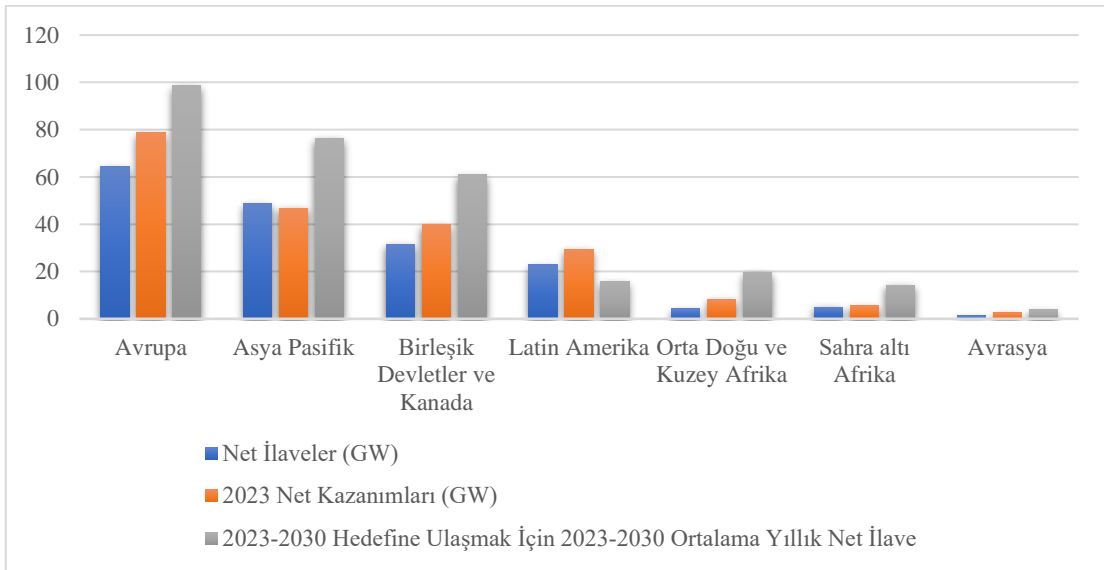
Şekil 1.15.'te 2020 yılının sonu itibariyle kanıtlanmış kömür rezervlerinin bölgesel dağılımı gösterilmektedir. Şekilde yer alan verilere rezervlerin %23,9'u Kuzey Amerika'da, %1,3'ü Güney ve Orta Amerika'da, %12,8'i Avrupa'da, %17,8'i Bağımsız Devletler Topluluğu'nda, %1,5'i Orta Doğu ve Afrika'da, %42,8'i Asya Pasifik'te bulunmaktadır.

Enerji Enstitüsü veri tabanından derlenen verilere göre kömür rezervlerinin 6 bölgeye ayrımı incelendiğinde ise rezervlerin %23,2'si ABD'de, %15,1'i Rusya Federasyonu'nda, %14'ü Avustralya'da, %13,3'ü Çin'de yer almaktadır. Diğer taraftan 2020 yılının sonu itibariyle kanıtlanmış olan kömür rezervlerinin %47,3'ü OECD ülkelerinde, %52,7'si OECD üyesi olmayan ülkelerde, %7,3'ü ise AB'nde bulunmaktadır (Energy Institute).

Fosil enerji kaynaklarının rezervlerinin sınırlı olduğu konusunda görüş birliği olsa da rezervlerin ne zaman tükeneceği konusunda net bir görüş birliği yoktur. 2000'li yılların başından itibaren genel olarak literatür incelendiğinde rastlanılan bulgular

şunlardır: Salameh (2003), enerji uzmanlarına göre küresel petrol arzının 2013-2020 yılları arasında zirveye ulaşacağını fakat kendi beklentisine göre zirve üretimin 2004-2005 yılları arasında olacağını ileri sürmüştür. Ediger ve arkadaşları (2006)'nın Türkiye özelinde yürüttüğü çalışmaya göre fosil yakıt üretiminin 2030 yılında sona ereceği ve üretim ile tüketim arasındaki farkın 2030 yılında 2000 yılının iki katına ulaşacağı belirtilmiştir (Ediger vd., 2006: 3836). (Chang vd., 2003)'a göre petrol rezervleri 2040 yılında, doğal gaz rezervleri 2060, kömür rezervleri ise 2300 yılında tükenecektir. (Shafiee & Topal, 2009: 181)'a göre 2042 yılından sonra kalan fosil enerji kaynağının kömür olacak ve kömür rezervleri ömrünü 2112 yılında tamamlayacaktır. (Meyer, 2003)'e göre mevcut tüketim hızının aynı şekilde devam etmesi durumunda petrol ve doğal gaz, ömrünü bu yüzyılın sonundan önce tamamlayacaktır. Wang ve Azam (2024), fosil yakıtların ana enerji kaynağı olduğunu, bu durumun çevresel ve ekonomik kaygılara sebep olurken enerji güvenliğinin riske girdiğini, buna karşılık bu kaynakların uzun vadede sürdürülebilirliğinin mümkün olmadığını vurgulamaktadır.

Enerji kaynaklarının rezerv alanlarının dengesiz bir dağılıma sahip olması ve taşıma maliyetlerinin yüksek olması, enerji ihtiyacını ithalat ile karşılayan ülkeler açısından enerji arz güvenliği kavramını gündeme getirmektedir. Enerji arz güvenliğini sağlamaya odaklanan toplumların öncelikli olarak fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılıklarını azaltmak için alternatif yollara yönelmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda rekabetçi bir yapıya sahip olan enerji piyasasında birincil enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi her geçen gün artmaktadır. Öyle ki, 2040 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında %20 ile %30 arasında artış yaşanması beklenmektedir (Sinha vd., 2024: 2). Bu öngörü doğrultusunda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması hedeflerine yönelik olarak bölgelere göre yenilenebilir enerji kapasitelerine yapılması gereken ilaveler Şekil 1.16.'da gösterilmektedir:



Şekil 1.16. Bölgeye göre gereken yıllık ortalama net yenilenebilir kapasite ilaveleri (GW).

Kaynak: (IEA, 2024)

Şekil 1.16.'da 7 bölgeye yapılan ayırım sonucunda yenilenebilir enerji kapasitesine yapılması gereken ilaveler bölgesel ayırımıda gösterilmektedir. IEA50'de yer alan verilerle oluşturulan şekle göre 2030 yılına kadar belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi için yenilenebilir enerji kapasitelerine Avrupa'da 98,7 GW, Asya Pasifik'te 76,3 GW, Birleşik Devletler ve Kanada'da 61 GW, Latin Amerika'da 15,8 GW, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da 19,5 GW, Sahra Altı Afrika Bölgesi'nde 14,3 GW ve Avrasya'da 3,8 GW ilave yapılması gerekmektedir.

Temiz ve uygun fiyatlı enerji kaynaklarına erişimin ekonomiye olan etkisi göz önüne alındığında modern enerji türlerine evrensel erişimin sağlanmasına odaklanılması elzemdir. Bu doğrultuda hükümetler tarafından toplumun ihtiyaçları ile kaynaklar arasında denge kurulmasını sağlayacak stratejiler oluşturulmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yatırımlar ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyecek teknolojiler desteklenmelidir (Wang & Azam, 2024: 1). Bu sayede enerji eşitsizliği, gelir eşitsizliği ve çevresel sorunlara da katkı sağlanabilecektir. Buna karşılık yenilenebilir enerji projelerinin üretimi, iklimden kolay etkilenen yapısından kaynaklı olarak daha sınırlıdır (Sinha vd., 2024: 3). Bu sebeple yenilenebilir enerji tüketim ve yatırımlarının artırılması için iklim risklerinin azaltılmasına yönelik politika ve teknolojiler üzerine de odaklanılması gerekmektedir.

1.2.3. Fosil Enerji Kaynaklarının Piyasa Durumu

Enerji kaynakları farklı dağılıma sahip olduğundan dolayı ülkeler arası kaynakların aktarımı ticaret yardımıyla sağlanmaktadır. Enerji ticareti, “enerji kaynaklarının alım satım süreci” olarak tanımlanmakta olup enerji alım satım işlemlerinin gerçekleştiği arenalar “enerji piyasası” olarak adlandırılmaktadır. Doğrudan uluslararası enerji kaynaklarının tahsisıyla bağlantılı olan enerji ticaret kalıpları hem enerji arzını ve fiyatlarını hem de ülkelerin enerji sektöründeki dönüşümcü kalkınma stratejilerini etkilemektedir (Feng vd., 2024: 1).

Küresel enerji piyasasında COVID-19 salgınından sonra hızlı ekonomik toparlanmayla birlikte 2021 yılında sıkılaştırma sürecine girilmiştir. Ardından 2022 yılında Rusya'nın Ukrayna'yı işgalinin ardından küresel bir enerji krizi ile karşı karşıya kalınmıştır. Bu süreçte doğal gaz fiyatları rekor seviyeye ulaştığından dolayı pazarlarda elektrik fiyatları da yükselmiştir. Bunun yanında petrol fiyatları 2008 yılından beri gözlemlenen en yüksek seviyeye ulaşmıştır (IEA). 2021 yılının en büyük fosil yakıt ihracatçısı olan Rusya'nın bu hamlesi, dünya genelinde enerji güvenliği ve arz sorunlarını ortaya çıkarmıştır (IEA, 2023).

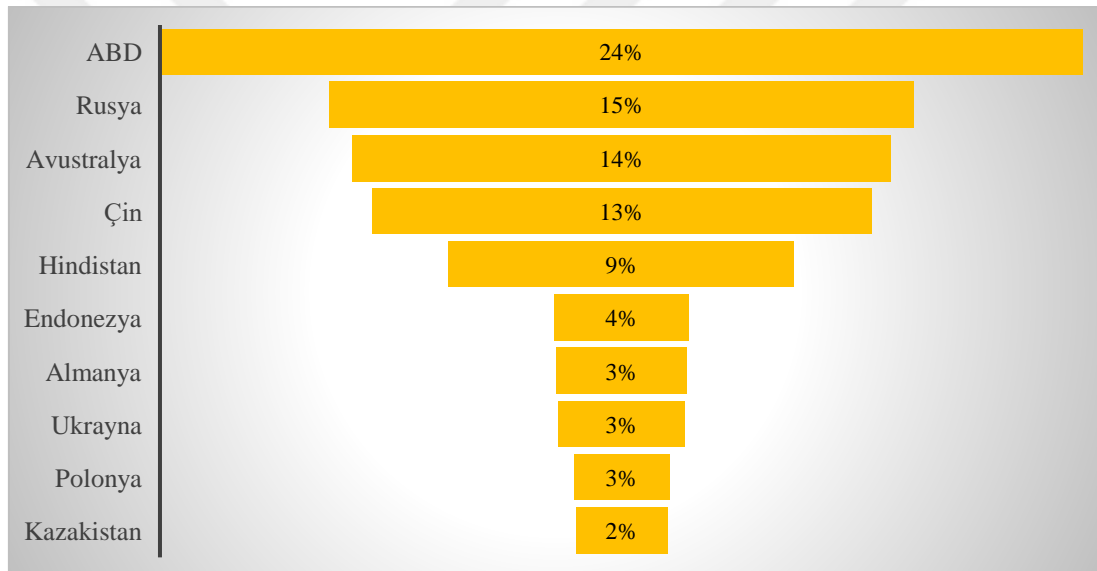
Enerji kaynaklarının fiyatlarındaki artış eğilimi, ekonomide yüksek enflasyonu tetikleyen önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Bu süreçte hanelerde yoksulluk artarken fabrikalarda üretimi azaltma hatta kapanmaya giden sorunlar yaşanmakta ve bazı ülkelerin ekonomik büyümesinde ciddi bir durgunlukla karşı karşıya kalınmaktadır (IEA). Dolayısıyla enerji kaynaklarının piyasasındaki değişimlerin ekonomiyi doğrudan etkilediğini söylemek mümkündür.

1.2.3.1. Kömür Piyasası ve Ticareti

Kömür, pek çok ülkede mevcut olan bir kaynak olduğundan dolayı enerji talebini karşılarken tercih edilen öncü kaynaklardandır ve enerji kaynaklarının piyasasında özel bir önemi vardır (Haftendorn vd., 2012: 274). Günümüzde pek çok kullanım alanına sahip olan kömür, esas olarak elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Dünya elektrik üretiminde büyük bir kullanım payına sahip olan kömürün 2040 yılında

da elektrik üretiminde %34 pay ile yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla kullanılacağı öngörülmektedir (Kalkan & Çiftçi, 2018: 1).

Varlığı kanıtlanmış olan kömür rezervleri, genel olarak jeolojik ve mühendislik bilgilerinin halihazırdaki ekonomik şartlar ve işletme koşulları altında varlığı bilinen yataklardan ilerleyen zamanlarda uygun bir kesinlik içinde geri kazanılması beklenen miktarlarıdır. Kömür rezervleri kapsamında antrasit, linyit, bitümlü ve alt bitümlü kömür bulunmaktadır (Energy Institute, 2023: 57). Küresel ölçekte en fazla kömür rezervine sahip olan bölgelerin rezerv dağılımındaki payları Şekil 1.17.'de gösterilmektedir:



Şekil 1.17. Dünya'nın en büyük kömür rezervine sahip bölgelerin payları (%).

Kaynak: (Mining Technology, 2020)

Dünya üzerinde kanıtlanmış kömür rezervlerinin gösterildiği Şekil 1.17.'de yer alan veriler incelendiğinde; en büyük rezervin ABD'de, en az rezervin ise Kazakistan'da bulunduğu görülmektedir. ABD 250,2 milyar ton ile küresel kömür rezervlerinin %24'üne, Rusya 160,3 milyar ton ile %15'ine, Avustralya 147,4 milyar ton ile %14'üne, Çin 138,8 milyar ton ile %13'üne, Hindistan 101,3 milyar ton ile %9'una, Endonezya 37 milyar ton ile yaklaşık olarak %4'üne, Almanya 36,1 milyar ton ile %3,4'üne, Ukrayna 34,37 milyar ton ile %3,3'üne, Polonya 26,4 milyar ton ile %2,5'ine ve Kazakistan 25,6 milyar ton ile %2,4'üne sahiptir.

Küresel ölçekte değerlendirme yapıldığında başlıca kömür üreticisi olan ülkeler Hindistan, ABD, Çin ve Avustralya iken en büyük kömür tüketicisi olan ülkeler Hindistan, Kore, Çin ve Japonya'dır (Sribna vd., 2019: 1-3). Kömür tüketiminin %70'i Çin ve Hindistan tarafından gerçekleştirilmektedir (Agnolucci & Temaj, 2024). Çin hem en büyük kömür tüketicileri hem de en büyük kömür üreticileri arasındadır (Mining Technology, 2020). Çin, Hindistan ve ABD kadar olmasa da kömür piyasasının önemli katılımcılarından biri de Güney Afrika'dır. Güney Afrika, en büyük kömür ihracat terminaline sahiptir (Eberhard, 2011: 1). Kömür piyasasında ihracat pazarının liderleri ise Avustralya ve Endonezya'dır (Sribna vd., 2019: 1-3).

Küresel ölçekte kömür ticaretinde yaşanan değişimlerin değerlendirilebilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 1.18.'de kömürün t j cinsinden ithalat ve ihracat durumu gösterilmektedir:



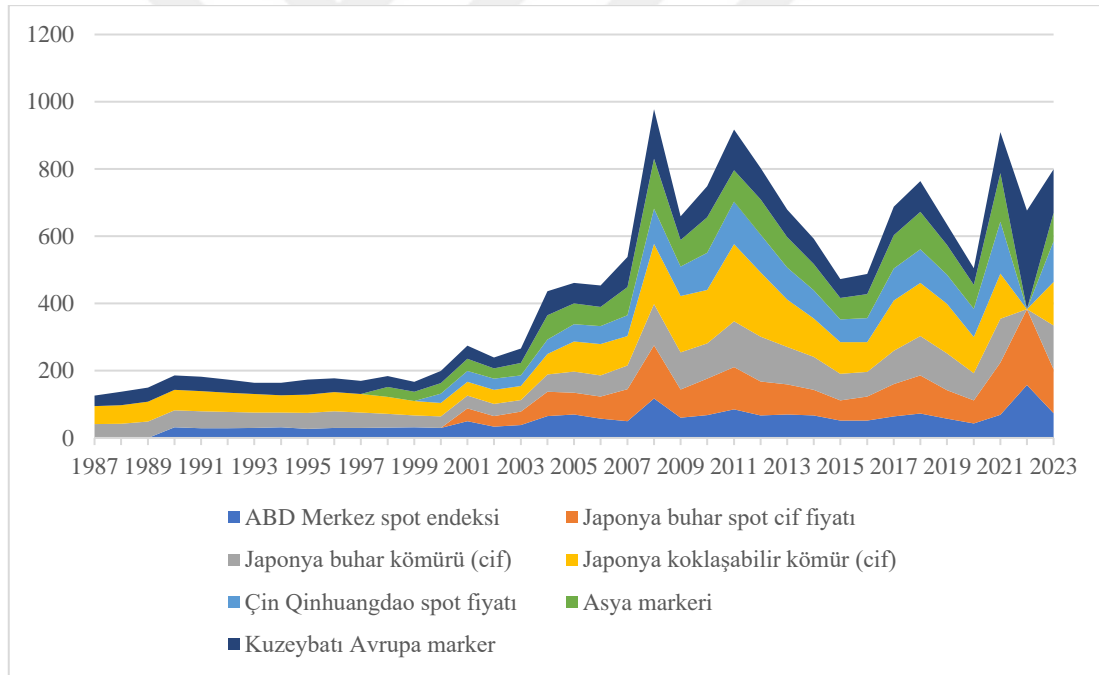
Şekil 1.18. Kömür ithalatı ve ihracatı (tj).

Kaynak: (IEA, 2023)

Şekil 1.18.'de 1990-2022 yılları arasında dünya genelinde gerçekleştirilen kömür ithalatı ve ihracatı t j birimi ile gösterilmektedir. Şekilde yer alan veriler genel olarak incelendiğinde ithalat ve ihracatın aynı seyirde ilerlediğini söylemek mümkündür. Bu veriler 10'ar yıllık periyotlarla değerlendirildiğinde 1990 yılında

14.005.625 tj kömür ithalatı gerçekleşirken 14.384.589 tj kömür ihracatı; 2000 yılında 17.027.637 tj kömür ithalatı, 17.145.726 tj kömür ihracatı; 2010 yılında 27.506.712 tj kömür ithalatı, 28.137.664 tj kömür ihracatı; 2020 yılında ise 33.091.234 tj kömür ithalatı, 34.351.749 tj kömür ihracatı gerçekleşmiştir. 2022 yılında ise kömür ithalatı 33.600.916 tj'ye yükselirken kömür ihracatı 34.867.369 tj'ye yükselmiştir. İncelenen dönem aralığında kömür ticaretinin en fazla olduğu yılın ise 2014 olduğu görülmektedir. Ticaretin 1993, 2009, 2015, 2020 ve 2022 yıllarında önceki yıllara göre az da olsa düşme eğilimi gösterdiğini söylemek mümkündür.

1984-2023 yılları arasında dünyanın farklı bölgelerinde kullanılan ve ticareti yapılan kömürlerin fiyat endekslerindeki değişim durumu ise Şekil 1.19.'da gösterilmektedir:



Şekil 1.19. Kömür fiyatlarındaki değişim durumu

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

Kömür fiyatlarının incelendiği Şekil 1.19.'da genel olarak fiyatlardaki artış ve azalışların aynı seyirde izlediği görülmektedir. Buna göre, 2022 yılında ABD Merkez spot endeksi fiyatı, Japonya buhar spot cif fiyatı ve Kuzeybatı Avrupa marker fiyatı zirveye ulaşmıştır. Japonya buhar kömürü (cif) ve Japonya koklaşabilir kömür (cif) ise

sırasıyla ton başına 136,21 \$ ve ton başına 229,12 \$ ile 2011 yılında zirve fiyatına ulaşmıştır. Çin Qinhuangdao spot fiyatında ton başına 153,55 \$ 2021 yılında zirve noktasına ulaşılırken Asya markeri fiyatında zirve noktasına ton başına 148,06 \$ ile 2008 yılında ulaşılmıştır. Elektrik, enerji üretimi ve sanayilerde kullanılan bu kömürlerin piyasadaki fiyatları hem enerji politikalarını hem de ekonomiyi etkilediğinden dolayı büyük öneme sahiptir. Şekil 1.19.'da yer alan verilere ilave olarak; artan elektrik talebinin yenilenebilir enerji ile karşılanmasıyla birlikte 2025 yılında kömür fiyatlarında keskin bir düşüş yaşanması öngörülmektedir (Agnolucci & Temaj, 2024).

2023 yılı kömür ticaretine ilişkin veriler ise şöyledir (IEA, 2023):

- 2022 yılında 2021 yılına göre %1 artış gösteren kömür ticareti 1.376 milyon tona ulaşmıştır.
- 2022 yılında ticareti yapılan kömürün %77'si termal kömür olmuş ve 2022 yılında %1,6 artış göstermiştir.
- 2022 yılında metalürjik kömür ticareti %1 düşüş göstermiştir.
- Kömür ticareti, toplam kömür talebinin %16'sını oluşturmuştur.
- Deniz yolu ile yapılan kömür ihracatı tüm ihracatın %95'ine ulaşmıştır.
- Küresel kömür ticareti, diğer yıllarda olduğu gibi doğuya doğru kaymaya devam etmiştir.
- Geleneksel kömür ticareti Atlantik ve Pasifik havzalarında yoğunluk göstermektedir. Buna karşılık Avrupa'da talep düşüşü yaşanması ve Hindistan, Bangladeş ve Pakistan'da talep artışının sürmesinden kaynaklı olarak Hint Okyanusu'nun ticaret hacmi Atlantik Havzası'ndan daha yüksektir.
- Kömür ihracatının %78'i Asya Pasifik bölgesi ülkelerine aittir.
- 2022 yılının en büyük ithalatçısı Asya olup, ikinci sırada Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmesinden kaynaklı olarak yaşanan talep artışı, arz güvenliği ve gaz piyasasında yaşanan sorunlar sebebiyle 2021 yılına göre %10 artışla 42 milyon ton kömür ithal eden ülke Almanya olmuştur.

- 2022 yılının hacim bakımından en büyük ithalatçısı 471 milyon ton ile Endonezya iken onu 344 milyon ton ile Avustralya takip etmiştir. Üçüncü sırada ise 224 milyon ton ile Rusya yer almaktadır.
- 2026 yılına kadar kömür ticaretinde %12 oranında azalma yaşanması beklenmektedir.

Özetle, kömür talebine yönelik olarak gelişmiş ekonomiye sahip ülkelerde talep düşüşünün yaşanması beklenirken, gelişmekte olan ekonomiye sahip ülkelerde talep artışının devam etmesi muhtemeldir. Küresel ölçekte fosil enerji kaynaklarından olan kömür halen kullanılsa da bu durumun çevresel sorunlara sebep olduğu bütün ülkeler tarafından kabul edilmektedir. Bu doğrultuda değerlendirme yapıldığında Hindistan ve Pakistan gibi gelişmekte olan ülkelerde kullanılan kömürün payında artış yaşanırken, AB ve ABD’de çevresel kaygılar sebebiyle kömür kullanımını azaltmaya yönelik söz konusudur (Kalkan & Çiftçi, 2018: 1).

1.2.3.2. Petrol Piyasası ve Ticareti

Küresel enerji piyasasında en yoğun ticareti yapılan ve piyasanın itici gücü olan enerji emtiası ham petroldür. Bu yakıt yeraltı rezervuarlarından çıkarılarak benzin, dizel ve diğer petrokimyasallar gibi ürünlerin üretilmesi için rafine işlemlerinden geçirilmektedir (Liquidity Provider, 2024).

Petrol rezervleri, ilerleyen zamanlarda, jeolojik ve mühendislik bilgilerinin makul bir gerçeklik içinde mevcut jeolojik ve ekonomik şartlar altında, bilinen rezervuarlardan geri kazanımı gösteren miktarlar olarak kabul edilmektedir. Ham petrole ek olarak saha kondensatı ve sıvılaştırılmış doğal gaz da petrol rezervleri kapsamı altındadır (Energy Institute, 2023: 53).

Bir bölgenin rezervinin ve kaynaklarının birbirinden ayrı olarak ele alınması gerekmektedir. Çünkü rezervuarlarda olduğu bilinen petrol ve doğal gaz “yerinde rezerv” olarak nitelendirilmektedir ve bu rezervin büyük kısmının üretilmesi imkansızdır. Bu sebeple petrol yatağının yayılımının tespitinin ardından yerinde rezervin ne kadarının üretilebilir rezerv olduğunun hesaplanması gerekmektedir (Petform, 2020).

Küresel ölçekte petrol rezerv durumu değerlendirildiğinde 2021 yılında 244,4 milyar ton ham petrol rezervinin bulunduğu ve bu rezervlere %20 ile en fazla paya Venezuela'nın sahip olduğu belirtilmektedir. Benzer şekilde 2021 yılı verilerine göre en büyük petrol üreticisi olan ABD, dünya üretiminin %17'sini karşılamaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). Petrol üreticisi olan ülkeler Rusya, Amerika, Orta Doğu ve Afrika'nın bazı bölgelerinde yoğunluk göstermektedir. Bunun yanında OPEC gibi topluluklar tarafından da piyasanın şartları düzenlenmektedir. OPEC ve non-OPEC ülkeleri tarafından uygulanan politikalar, ABD, AB, Çin, Hindistan gibi küresel güçler, kamulaştırma faaliyetleri, terör eylemleri, savaşlar ve kazalar gibi piyasa dışı faktörlerin de etkisiyle petrol üretimi zaman zaman kesintiye uğramakta ve petrol fiyatlarında artış gözlemlenmektedir. Bu sebeple petrol piyasasında, ağırlıklı olarak eksik rekabet koşullarının geçerli olduğu ve arz yönüyle oligopol nitelikte olduğu kabul edilmektedir (Bayraç, 2020: 27).

Petrol piyasasında WTI (West Texas Intermediate) ve Brent petrol en çok referans alınan iki ham petrol ölçütü olup aralarındaki farklar Tablo 1.1.'de özetlenmektedir (Ünlü Menkul, 2024):

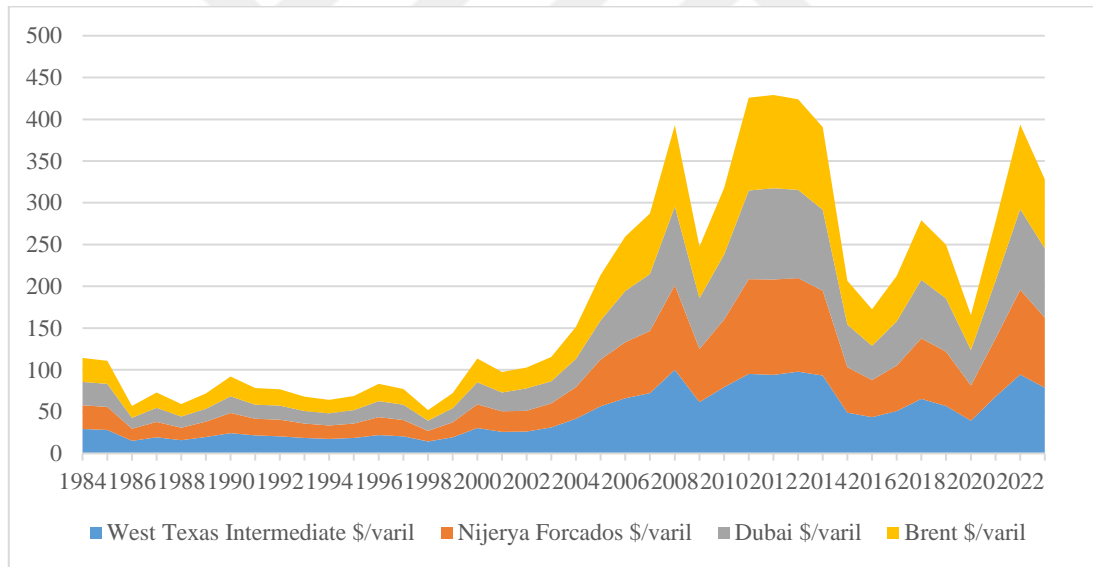
Tablo 1.1. Brent petrol ile WTI petrol arasındaki farklar

Özellik	Brent	WTI
Coğrafi Köken	Kuzey Denizi	ABD ve Teksas
Kimyasal Yapısı	Sülfür içeriği yüksek, API yoğunluğu (yağ yoğunluğu) WTI'ye göre daha azdır	Sülfür içeriği düşük, API yoğunluğu Brent'e göre daha yüksektir
Rafineri Tercih	Farklı petrol ürünlerinin üretimi için geniş rafineri yelpazesine uyumludur	Brent petrole göre daha az işleme daha kaliteli yakıt üretimi sağlanmaktadır
Piyasa Erişimi	Küresel piyasada geniş erişim ve kullanım imkânına sahiptir	Ağırlıklı olarak Amerika Piyasası'nda kullanılmaktadır
Fiyatlandırma	Uluslararası petrol ticaretinde referans noktasıdır	Uluslararası piyasada Brent'e göre etkisi daha az olup ağırlıklı ABD iç piyasasında tercih edilmektedir

Kaynak: (Ünlü Menkul, 2024)

Tablo 1.1.'de yer alan bilgilere göre WTI petrol, ABD'nin Teksas eyaletinde yer alan sahalardan elde edilirken Brent petrol Kuzey Denizi'nden çıkarılmaktadır. İki petrolün yapısı birbirinden sülfür ve API yoğunluğu açısından farklılık göstermektedir. Brent petrolün sülfür içeriği daha fazla iken API yoğunluğu daha azdır. Buna karşılık WTI petrolün sülfür içeriği daha az olup API yoğunluğu daha fazladır. WTI, sülfür ve API içeriğinden kaynaklı olarak rafineriler için tercih edilmektedir. Piyasada ise ağırlıklı olarak Amerika piyasasında kullanılmakta olup Brent petrol küresel piyasada daha fazla kullanılmaktadır. Son olarak fiyatlandırmada, Brent petrol referans noktası kabul edilmektedir. Fiyatlar piyasada genel olarak arz ve talep koşullarına göre belirlenmektedir.

1984-2023 döneminde Brent, WTI, Nijerya Forcados ve Dubai petrollerinin fiyatlarındaki değişim durumu Şekil 1.20.'de gösterilmektedir:



Şekil 1.20. Spot ham petrol fiyatları (\$/varil)

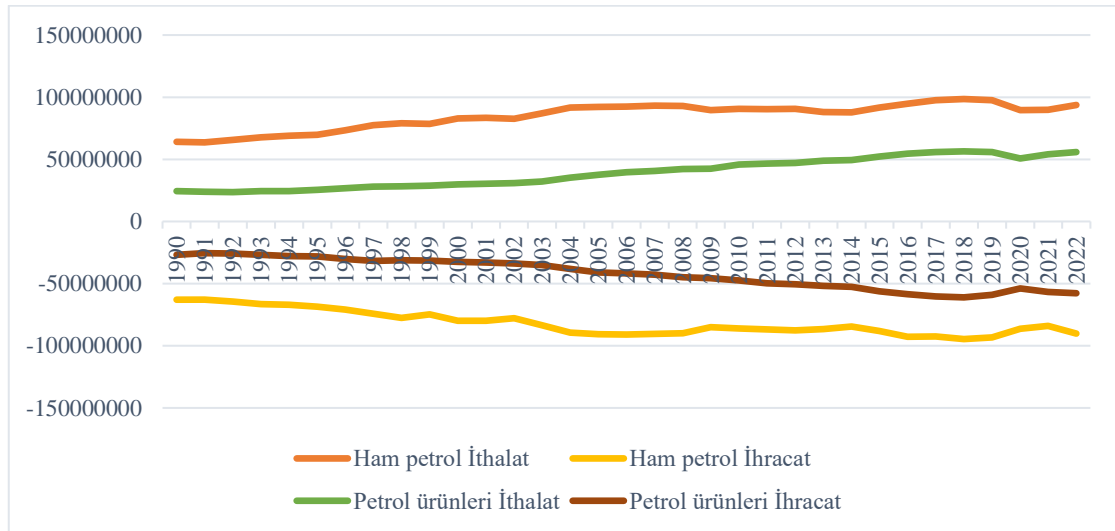
Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

1984-2023 yılları arasındaki spot ham petrol fiyatlarının gösterildiği Şekil 1.15.'te WTI, Nijerya Forcados, Dubai ve Brent olmak üzere 4 ham petrol fiyatındaki değişim seyri incelenmektedir. Fiyatlardaki değişime bakıldığında Dubai petrol fiyatının genel olarak daha düşük seviyede kaldığı gözlemlenmektedir. En yüksek fiyata ise 1984 yılından 2006 yılına kadar WTI petrolünün sahip olduğu görülmektedir.

Petrol fiyatlarına bakıldığında 2008 yılında en yüksek seviyeye ulaştığı, 2014 yılı itibariye fiyatların yeniden düşme eğiliminde olduğu ve 2020 yılında da fiyatlarda büyük bir düşüşün yaşandığı görülmektedir. Petrollerin fiyatlarındaki değişimi kendi özelinde değerlendirdiğimizde elde edilen bulgular ise şöyle özetlenebilmektedir:

- 2008 yılında WTI petrolün fiyatı zirveyi görmüş olup varil başına 100,06 \$'a ulaşmıştır. Aynı dönem için en düşük fiyat ise 1998 yılında 14,39 \$/varil değerindedir.
- 2012 yılında zirve fiyatı varil başına 114,21 \$'ı gören Nijerya Forcados ham petrolü, 1998 yılında varil başına 12,63 \$ ile en düşük değeri görmüştür.
- Dubai petrolünün fiyatı, 1998 yılında varil başına 12,3 \$ ile en düşük değeri görürken 2011 yılında varil başına 105,93 \$ ile en yüksek değerine ulaşmıştır.
- Brent petrolünün fiyatı, 1998 yılında varil başına 12,72 \$ ile en düşük değeri görürken 2012 yılında varil başına 111,67 \$ ile en yüksek değeri görmüştür.

Diğer taraftan dünya genelinde petrol rezervlerinin eşit olarak dağılmadığı ve petrol ihtiyacını karşılamada yetersiz olan ülkelerin ithalat ile petrol ihtiyacını petrol ihracatçısı konumundaki ülkelere karşıladıkları bilinmektedir. Petrol ticaretinin değerlendirilebilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 1.21.'de petrol ithalat ve ihracat verileri gösterilmektedir:



Şekil 1.21. Petrol ithalatı ve ihracatı (tj).

Kaynak: (IEA, 2023)

Şekil 1.21.'de 1990-2022 döneminde gerçekleştirilen petrol ihracatı ve ithalatı tj birimi ile gösterilmektedir. İncelenen dönem aralığında petrol ticaretinin genel seyrine bakıldığında hem ithalatın hem de ihracatın artarak devam ettiğini söylemek mümkündür. Şekilde yer alan veriler incelendiğinde ham petrol ithalatının ihracattan daha yüksek olduğu görülmektedir. Petrol ürünlerinin ticaret durumuna bakıldığında ise ihracat, ithalattan daha yüksek seyirde ilerlemiştir.

Ham petrol ticaret verileri 10'ar yıllık periyotlarla değerlendirildiğinde 1990 yılında 64.207.399 tj değerinde ithalat gerçekleşirken 62.920.905 tj değerinde ihracat gerçekleşmiştir. 2000 yılında ham petrol ithalatı 82.832.406 tj, petrol ihracatı 79.791.531 tj; 2010 yılında 90.583.370 tj petrol ithalatı, 86.133.964 petrol ihracatı; 2020 yılında 89.853.100 tj petrol ithalatı gerçekleşirken 86.209.902 tj petrol ihracatı gerçekleşmiştir. 2022 yılında ise ithalat 93.603.782 tj'ye yükselirken ihracatta 90.121.616 tj'ye yükselmiştir. İthalat ve ihracat artarak devam etse de 1991 yılında ithalatta, 2007 yılında ihracatta, 2008 ve 2009 yılında hem ithalatta hem de ihracatta, 2011 yılında ithalatta, 2013 ve 2014 yılında hem ithalatta hem de ihracatta, 2017 yılında ihracatta, 2019 ve 2020 yılında hem ithalatta hem de ihracatta düşüş gözlemlenmiştir.

Petrol ürünlerinin ticareti 10'ar yıllık periyotlarla değerlendirildiğinde ise 1990 yılında 24.467.227 tj değerinde ithalat, 26.873.122 tj değerinde ihracat; 2000 yılında 29.918.942 tj değerinde ithalat, 32.463.752 tj değerinde ihracat; 2010 yılında 45.694.935 tj değerinde ithalat, 47.321.192 tj değerinde ihracat ve 2020 yılında 50.733.816 tj değerinde ithalat, 53.900.621 tj değerinde ihracat gerçekleşmiştir. 2022 yılında ise ithalat 55.824.547 tj'ye yükselirken ihracat 57.742.218 tj'ye yükselmiştir. 1991 ve 1992 yılında ithalatta, 1998 yılında ihracatta, 2019 ve 2020 yılında hem ithalatta hem de ihracatta düşüş olduğu gözlemlenmektedir.

Petrol piyasasına ilişkin 2024 yılı mayıs ayında yayınlanan güncel veriler şöyle özetlenebilmektedir (IEA, 2024):

- Nisan ayında dünya petrol arzı, 200 kb/gün düşerek 102 mb/gün olmuştur.

- 2024 yılında küresel ölçekte petrole olan talep 1,1 milyon varil/gün artmıştır. Bu miktar geçen ay yayınlanan raporda öngörülen miktardan 140 milyon varil/gün daha az olmuştur.
- 2024 yılı Nisan ayında küresel rafineri marjlarında, öngörülenden daha az talep artışı yaşanmıştır.
- Mart ayında küresel petrol stokları 34,6 milyon varil artmıştır. OECD stokları son 20 yılın en düşük miktarına gerilerken 8,8 milyon varil azalmıştır. OECD dışı stoklar 2023 yılı Kasım ayına göre ilk defa artış göstermiştir. Kara stokları ise 5,1 milyon varil azalarak 2016 yılından günümüze en düşük seviyeye gerilemiştir.
- Brent vadeli işlemleri, Nisan ayının başlarında varil başına 91 \$'dan daha yüksek seviyede iken, Orta Doğu'ya yönelik çatışma yaşanması ihtimalinin azalmasıyla ve zayıf makro duyarlılığın baskısı sebebiyle 83 \$/varile düşmüştür.
- 2025 yılına ilişkin olarak büyüme hızı, 2024 yılını (1,1 milyon varil/gün) geride bırakmaktadır.
- 2025 yılına kadar ABD başta olmak üzere OPEC+ dışı ülkelerin dünya arz artışına yön vermeleri beklenmektedir.
- Gönüllü kesintilerin devam etmesi durumunda OPEC+ üretimin 840 kb/gün düşmesi ve OPEC+ dışı üretimin 1,4 mb/gün artması beklenmektedir. Bu durum, dünya petrol arzının 2024 yılında 580 kb/gün artarak 102,7 mb/gün olması anlamına gelmektedir. Bunun yanında OPEC+ dışı ülkelerin 1,4 milyon varil daha eklemesi durumunda 2025 yılında küresel ölçekte 1,8 milyon varil artış yaşanması öngörülmektedir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında hızında yavaşlama olsa dahi petrol talebi artış göstermektedir. Talep artışı en fazla Güney ve Güney Doğu Asya ülkelerinde yaşanmaktadır. 2030 yılında Çin'in en büyük petrol tüketicisi konumuna geçeceği ve 2040 yılında ABD'nin iki katı kadar petrol tüketeceği tahmin edilmektedir (Özev, 2017: 15). Türkiye'de ise 2022 yılında 3,58 milyon ham petrol üretimi yapılmış olmasının yanında 33,49 milyon ton petrol ithalatı gerçekleşmiştir (T.C. Enerji ve

Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). Buna karşılık petrolün ömrünün 2040-2070 yılına kadar sürmesi beklenmektedir (Yücel, 1994: 39).

1.2.3.3. Doğal Gaz Piyasası ve Ticareti

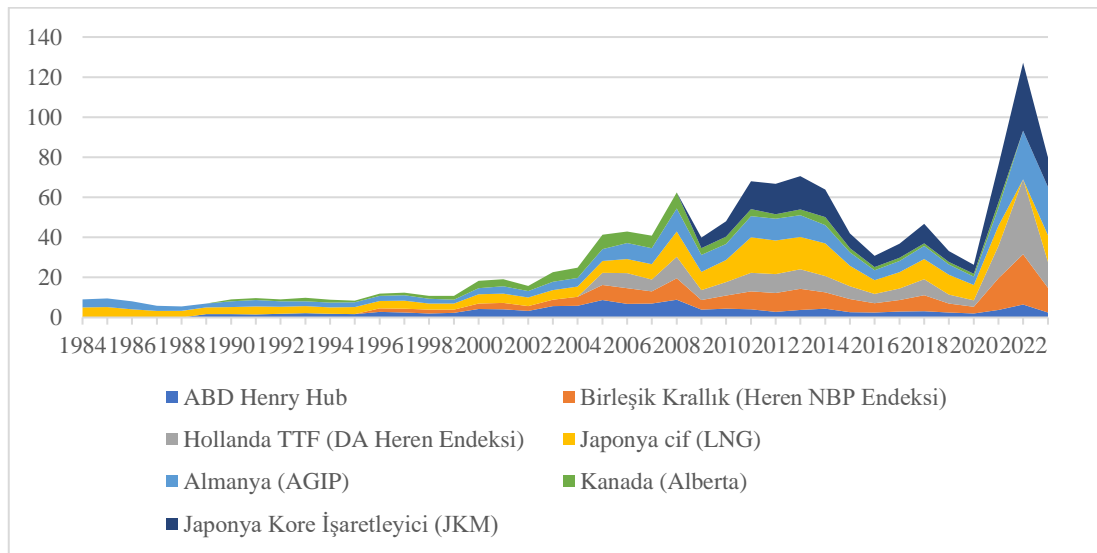
Doğal gaz piyasası yukarı akış (up stream), orta akış (mid stream) ve aşağı akış (down stream) olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır. Gazın arama ve üretim işlemleri yukarı akış segmentinde gerçekleşirken; yerel dağıtım şebekelerine, büyük ölçekli endüstriyel kullanıcılara ve enerji santrallerine taşınması süreci orta akım segmentinde gerçekleşmektedir. Aşağı akış segmentinde ise yerel dağıtım şebekeleri tarafından bireysel ve ticari tüketicilere gaz ulaştırılmaktadır (Correljé, 2016: 29).

Doğal gazın ticareti ağırlıklı olarak boru hattıyla, kalan kısım ise LNG formuna dönüştürülerek yapılmaktadır. Bu sebeple taşımacılığı kısıtlı hale gelen doğal gazın ticareti, bölgesel ticaretle daha da sınırlı hale gelmektedir (Zhong vd., 2017: 267). Gazın taşınmasında genel olarak yüksek basınçlı iletim boru hatları kullanılmaktadır. Deniz aşırı ülkelerde ise tankerlerle sıvılaştırılmış (LNG) formda taşıma işlemi gerçekleştirilmektedir. Fakat doğal gazın LNG formunda taşınması esnasında kullanılan tankerler nakliye, yalıtım gereksinimi ve gazın sıvı formda tutulmasını sağlayan soğutma sisteminden dolayı boru hattına göre daha yüksek maliyete sahiptir (Bayraç, 2020: 33).

Avrupa'da rezerv dağılımındaki yoğunlaşma ve sınırlı tedarikçi olmasından kaynaklı tedirginlikler söz konusudur. Bunun yanında piyasanın hem arz hem de talep tarafında yaşanan dönemsel şokların da fiyatları etkilediğini söylemek mümkündür. 2012 yılında Avrupa'da yaşanan aşırı soğukların pazar arzında daralmaya yol açması, Fukushima felaketinden kaynaklı olarak Japonya'da yaşanan nükleer kapanmanın Asya'nın LNG talebinde artışa sebep olması bu şoklara örnek olarak gösterilebilmektedir (Hulshof vd., 2016: 480). Doğal gazın boru hattı vasıtasıyla ticaretinin yapılabilir olması, kömür ve petrole göre çok daha istikrarlı olup doğal gazı uluslararası fosil yakıt piyasasında giderek daha önemli bir konuma getirmektedir (Zhong vd., 2017: 267).

Yeni potansiyel boru hattı tedarikçileri Avrupa'nın güney doğusunda, Türkmenistan, İran ve Azerbaycan gibi ülkelerde ve Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Fakat bu bölgeler iç istikrarsızlık ve uluslararası ilişkilerden kaynaklı karmaşık yapıya sahiptir. Ayrıca bu bölgede Türkiye başta olmak üzere birçok devlet açısından transit konusu da tehlikededir. Rusya ile olan ilişkilerle birlikte bu karmaşıklıklar Güney koridorunda boru hattının inşasını engellemektedir (Correljé, 2016: 32).

Gaz piyasası yoğun bir piyasa olsa da günlük fiyat değişimleri arz tarafındaki değişikliklere bağlı değildir ve gün öncesi gaz fiyatları ağırlıklı olarak ilgili piyasanın temelleri esas alınarak belirlenmektedir (Hulshof vd., 2016: 481). Doğal gaz piyasasında gazın sabit dolar cinsinden fiyatları 1970'li yılların ortalarında artmaya başlayarak, 1982-1983 yılları arasında zirve fiyatı görmüştür. Buna karşılık üretim 1970'lerin başında zirveyi görmüş olsa da yeni rezervlerin keşifleri, yıllık olarak kuyulardan alınan miktarı karşılayamadığı için 1980'li yılların başında zirve üretim seviyesinin %80'inde sabitlenmiş ve rezervler düşmeye devam etmiştir (MacAvoy, 2000: 1). Küresel ölçekte değerlendirme yapılabilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 1.22.'de 1984-2023 yılları arasında doğal gaz boru hattı sistemindeki dağıtım merkezlerinin doğal gaz fiyatlarındaki değişim durumu gösterilmektedir:

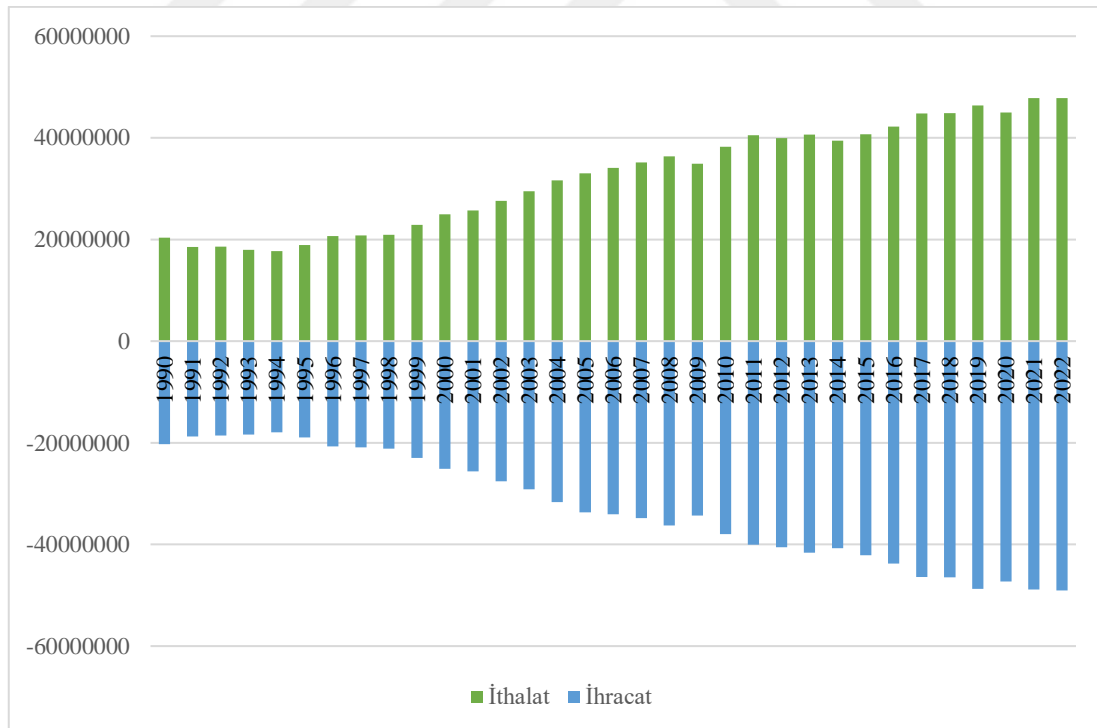


Şekil 1.22. Doğal gaz fiyatları

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

Doğal gaz fiyatlarının incelendiği Şekil 1.17.'de yer alan değerlere göre fiyatların genel olarak aynı düzeyde seyrettiği görülmektedir. Piyasada gözlemlenen fiyatlar kendi özelinde değerlendirildiğinde ABD Henry Hub'ın en düşük fiyatı 1991 yılında varil başına 1,49 \$ iken en yüksek fiyatına 2008 yılında varil başına 8,85 \$'a ulaşmıştır. Birleşik Krallık fiyatı zirve değerine varil başına 25,1 \$ ile 2022 yılında ulaşmıştır. Hollanda TTF'nin en düşük fiyatı 2020 yılında varil başına 3,07 \$ iken zirve fiyatına varil başına 37,48\$ ile 2022 yılında ulaşmıştır. Japonya'nın LNG fiyatı varil başına 17,11 \$ ile 2011 yılında zirveyi görmüştür. Almanya (AGIP) 2022 ve 2023 yıllarında varil başına 24,17\$ ile zirve fiyatına ulaşmıştır. Kanada (Alberta), en yüksek fiyata varil başına 7,99 \$ ile 2008 yılında sahip olmuştur. JKM ise en yüksek fiyata varil başına 33,98 \$ ile 2022 yılında ulaşmıştır.

Piyasada önemli olan diğer bir husus olarak doğal gazın ticaret durumunun değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 1.23.'te doğal gazın ithalat ve ihracat verileri gösterilmektedir:



Şekil 1.23. Doğal gaz ithalatı ve ihracatı (tj brüt)

Kaynak: (IEA, 2023)

Şekil 1.23'te 1990-2022 döneminde dünya genelinde gerçekleştirilen doğal gaz ticaret verileri gösterilmektedir. İncelenen dönem aralığında diğer enerji kaynaklarının ticaretinde olduğu gibi doğal gaz ticaretinin de günümüze yaklaştıkça artan seyirde ilerlediğini söylemek mümkündür. 10'ar yıllık periyotlarla ticaret durumu incelendiğinde 1990 yılında 20.328.236 brüt tj değerinde ithalat, 20.262.416 brüt tj değerinde ihracat; 2000 yılında 24.944.623 brüt tj değerinde ithalat, 25.102.751 brüt tj değerinde ihracat; 2010 yılında 38.212.425 brüt tj değerinde ithalat, 37.949.268 brüt tj değerinde ihracat ve 2020 yılında 47.829.195 brüt değerinde ithalat gerçekleşirken 49.023.146 brüt tj değerinde ihracat gerçekleşmiştir. Bunun yanında 1991 yılında hem ithalatta hem de ihracatta, 1992 yılında ihracatta, 1993 ve 1994 yılında hem ithalatta hem de ihracatta, 2009 yılında hem ithalatta hem de ihracatta, 2012 yılında ithalatta, 2014 yılında hem ithalatta hem de ihracatta, 2020 yılında ise hem ithalatta hem de ihracatta düşüş yaşanmıştır.

Son olarak 2024 yılında yayınlanan verilere göre doğal gaz piyasasının güncel durumu şöyle özetlenebilmektedir (IEA50, 2024):

- Doğal gaz piyasasında 2023/24 döneminde Kuzey Yarımküre haricinde sakinlik hâkim olmuştur.
- Asya ve Avrupa'da 2024 yılının ilk üç aylık döneminde spot gaz fiyatlarında kriz öncesi dönemdeki seviyelere düşüş yaşanmıştır.
- ABD'de Henry Hub fiyatlarında düşüş yaşanmıştır.
- Doğal gaz piyasasının arz tarafında yaşanan iyileştirmeler, depolama seviyesinin yüksek olması ve ılıman hava koşulları sebebiyle 2023/24 dönemi ısıtma sezonunda istikrar sağlanmıştır.
- 2023-24 döneminde ılıman bir kış geçirilmiş olsa da yaşanan ani şiddetli soğuklar, gaz talebinde ani artışlar, enerji güvenliği için arz esnekliğinin önemini göstermiştir.
- 2023 yılında gaz piyasasında yaşanan yeniden dengelenmeden sonra 2024 yılında Asya'da ekonomilerin hızla büyümesiyle sanayi ve enerji sektöründe büyük talep artışının yaşanması öngörülmektedir.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarında yaşanan artış ve nükleer kullanımının da iyileştirilmesinden kaynaklı olarak olgunlaşmış pazarlarda gaz yakıtlı enerji üretiminde baskı yaşanması beklenmektedir.
- Kısa vadede jeopolitik problemler büyük risk teşkil etmektedir. Kızıldeniz’de 2024 yılının başında LNG ticareti durmuştur ve Rusya, enerji altyapısına yönelik saldırılara devam etmektedir. Bu sebeple doğal gazın arz güvenliği, enerji politikasında önemli bir unsur olmaya devam etmektedir.

Özetlemek gerekirse, ekonomiler büyüdükçe enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacın arttığı açıktır. Günümüze yaklaştıkça enerji kaynaklarının hem üretim ve tüketiminde hem de ithalat ve ihracatında artış yaşanmaktadır. Bu durum enerji kaynaklarına olan talebin arttığını doğrulamaktadır. Bu süreçte piyasalarda yaşanan durumlar değerlendirildiğinde enerji güvenliğinin sağlanması ve enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artırılması gerekmektedir. Bu sebeple de piyasada uluslararası iş birliklerinin yapılması elzemdir. Diğer taraftan kesintilerden kaynaklanabilecek sorunların önüne geçilebilmesi amacıyla enerji ithalatçısı konumundaki ülkelerin alternatif enerji kaynaklarının çeşitliliğini artırmaya yönelmelerinin hem ekonomik baskıları hem de güvenlik konusundaki riskleri azaltacağı düşünülmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

EKONOMİ, ENERJİ ve ÇEVRE İLİŞKİSİ

Ekonomiler büyüdükçe artan enerji ihtiyacı ve bu ihtiyacın ağırlıklı olarak fosil enerji kaynaklarının karşılanmasıyla ortaya çıkan çevresel tahribat küresel bir sorundur. Çalışmanın bu bölümünde ekonomi, enerji ve çevre arasındaki bu ilişkiye değinilecektir. Bu kapsamda enerji kaynaklarının kullanımının ekonomi ve çevreye olan etkileri irdelenerek AB ve Türkiye özelinde ekonomi, enerji ve çevre ilişkisi değerlendirilecektir. Ardından bahsedilen ilişki üzerine ortaya koyulan EKC Hipotezi açıklanarak hipotezin literatürdeki durumundan bahsedilecektir.

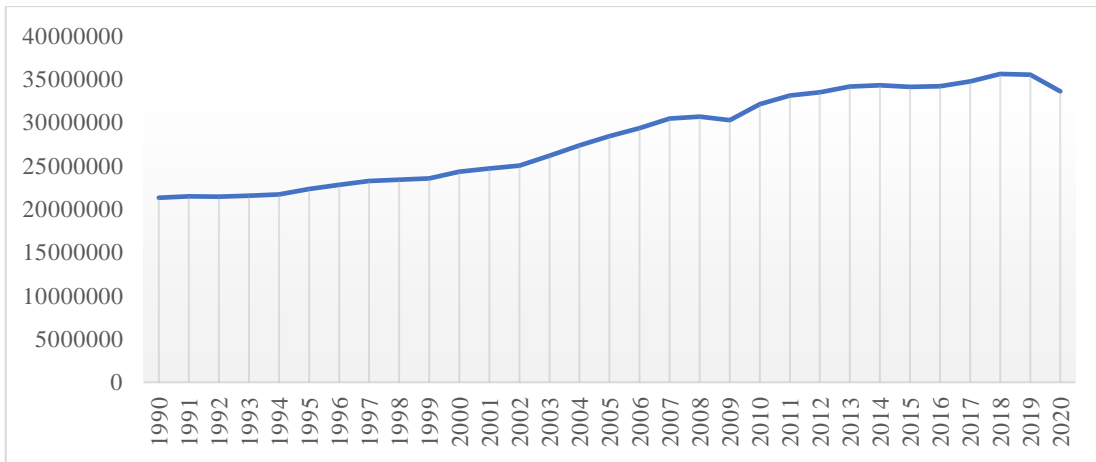
2.1. Ekonomi, Enerji ve Çevre İlişkisinin Genel Değerlendirmesi

20. yüzyılın ortalarından günümüze kadar geçen süreçte ekonomiler hızla gelişirken doğal kaynakların özenle kullanılması ve çevrenin korunması, ekonomik gelişim süreci ile çevresel sürdürülebilirlik arasında dengenin sağlanması zorunluluk haline gelmiştir (Chang vd., 2003: 454; Apergis & Öztürk, 2015: 17; Uddin vd., 2017: 166). Ülkelerin gelirlerindeki büyüme ile çevreye verdikleri zarar arasındaki ilişkide gelir seviyesi yükseldikçe çevre üzerindeki kalitenin artması beklenmektedir. Bu ilişkiye göre ekonomik açıdan büyüme sürecinin başındayken ülkelerin çevresel kaliteye olan hassasiyet düşük iken, büyüme devam ettikçe çevre kalitesi artacaktır.

Ekonomi, temel üretim girdilerine ek olarak doğal kaynaklara dayanan malların üretimi ile başlamakta olup ekonomik faaliyetlerin gelişmesi, enerji tüketiminin de bir yansıması olarak kabul edilmektedir (Alkhatlan & Javid, 2013: 1525). Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin ekonomik açıdan refah seviyelerinin yükselmesinde 19. yüzyıldan beri kilit rol oynayan enerji, üretim için girdi olarak kullanılmasının yanında kaynak olarak da kullanılmaktadır. Bu sebeple enerji, endüstriyel gelişimin temel yapıtaşlarından kabul edilmektedir (Al-Mulali & Öztürk, 2016: 1622). Diğer taraftan ekonominin gelişme sürecinde önemli bir konuma sahip olan enerji, çevreyle de yakın ilişki içindedir. Mal ve hizmet üretimi sürecindeki enerji ihtiyacı ağırlıklı olarak fosil enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Dolayısıyla ekonomik faaliyetler çevresel açıdan olumsuz durumlara zemin hazırlamaktadır

(Ahmed & Qazi, 2014: 507; Uddin vd., 2017: 166; Solarin vd., 2019: 1). Özellikle gelişmekte olan ekonomiye sahip ülkeler, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve refahın yükseltilmesi için yüksek miktarda enerji tüketmektedir. Fakat enerji tüketimine, iklim değişikliğine sebep olan kirleticiler de eşlik etmektedir. Fosil enerji kaynaklarının kullanımı ve insan kaynaklı emisyonlar küresel ısınmanın temel sebebidir (Duan vd., 2013: 866; Yan vd., 2024: 1). Ekonomik refah seviyesi arttıkça toplumların artan talepleri; ormansızlaşmaya, atık miktarında artışa, çevresel kirliliğe, su kıtlığına ve biyolojik çeşitlilikte azalmaya sebep olmaktadır (Rudolph & Lukas, 2017: 348). Bu sebeple çevresel tahribatın önüne geçilerek çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için aşırıya kaçan doğal kaynak tüketimine ve doğanın özümseyemeyeceği şekilde atık oluşumuna dikkat edilmesi gerekmektedir (Aydin vd., 2019: 544; Tillaguango vd., 2021: 59772).

Kaynak kullanımından açığa çıkan CO₂ emisyonu ile ölçülen çevresel tahribat ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, çevre ve sürdürülebilir büyümeye yönelik kaygıların bir sonucu olarak odak noktası haline gelmiştir (Acaravcı & Ozturk, 2010: 5412; Azam & Khan, 2016: 557). Emisyonların azaltılması hedefi kapsamında CO₂ emisyonlarının azaltılması gerekse de bu durumun gerçekleştirilebilirliğini incelemek amacıyla hem tarihsel hem de bölgesel bazda emisyon salınım miktarlarının detaylandırıldığı Şekil 2.1. ve Şekil 2.2. oluşturulmuştur. Şekil 2.1.'de küresel ölçekteki CO₂ emisyonlarındaki değişim durumu gösterilmektedir:

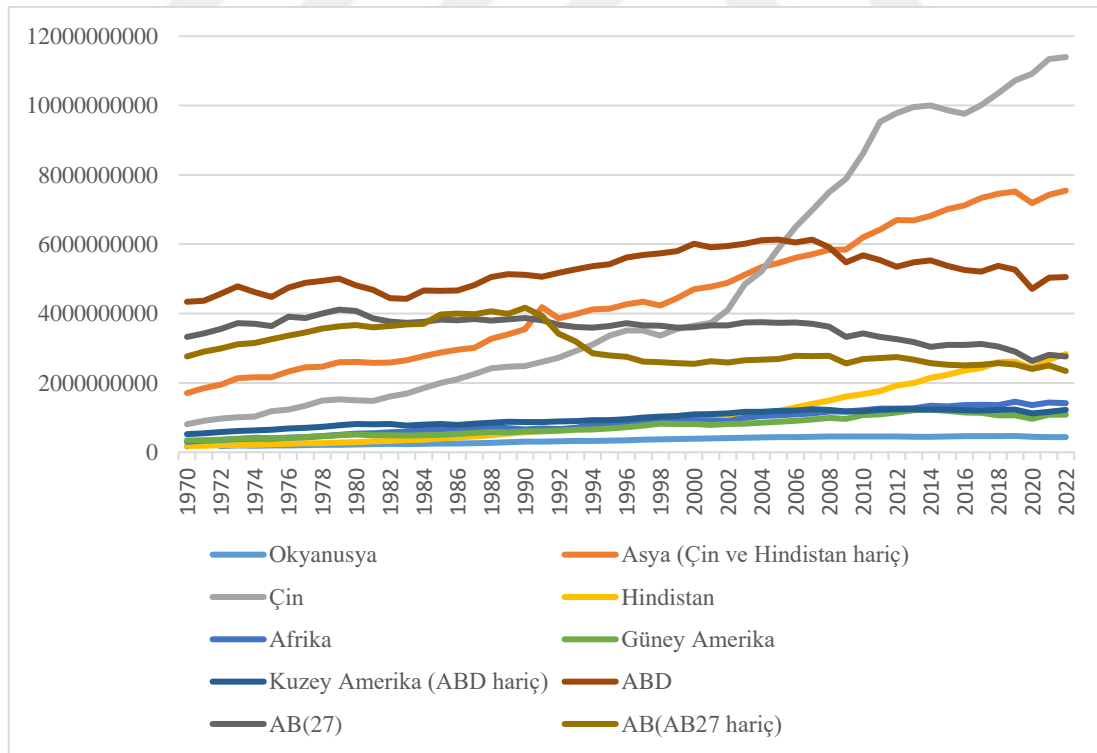


Şekil 2.1. 1990-2020 dönemi CO₂ emisyonları (kt)

Kaynak: (Dünya Bankası, 2024)

Şekil 2.1.'de dünya genelinde 1990-2020 döneminde CO₂ emisyonlarının izlediği seyir incelenmektedir. Dünya Bankası veri tabanından elde edilen verilere göre 1990-2020 yılları arasında dünya genelinde CO₂ emisyonlarının azaltılması yönünde önemli politikalar oluşturulsa da emisyon miktarının henüz 1990 yılı seviyelerine kadar düşme eğiliminde olmadığı görülmektedir. Diğer taraftan 2018-2019 döneminde son 30 yılın maksimum seviyesine ulaşan CO₂ emisyonlarının, 2020 yılında yeniden azalmaya başladığını söylemek mümkündür.

Dünya genelinde fosil yakıtlar başta olmak üzere doğal kaynaklara olan talep artışı sera gazı emisyonlarındaki artışı tetiklemektedir (Javid & Sharif, 2016: 407; Wang & Azam, 2024: 1). Fosil yakıtlara olan talebin CO₂ emisyonlarını artıran önemli faktörlerden olması sebebiyle enerji tüketimi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin incelenebilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 2.2.'de dünya genelindeki fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki değişim durumu bölgesel bazda gösterilmektedir:



Şekil 2.2. Fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO₂ emisyonu (ton)

Kaynak: (Verilerle Dünyamız, 2024)

Şekil 2.2.'de 1970-2022 döneminde dünya genelinde fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının bölgelere göre dağılımı yer almaktadır. Verilerle Dünyamız (Our World in Data) veri tabanından elde edilen verilere göre 2006 yılından itibaren en fazla emisyonu Çin'in sebep olduğu görülmektedir. 2006 yılında 6.494.338.000 ton CO₂ emisyonuna sebep olan Çin, 2022 yılında %75 oranında artışla 11.396.777.000 ton CO₂ emisyonuna sebep olmuştur. 2022 verileri değerlendirildiğinde ikinci sırada en fazla CO₂ emisyonuna Asya (Çin ve Hindistan hariç) bölgesinin sebep olduğu görülmektedir. 2006 yılı ile kıyaslandığında ise CO₂ emisyonunda %35 oranında artış yaşanmıştır. 2022 yılının en fazla CO₂ emisyonuna sebep olan üçüncü bölgesi ABD ise 5.057.303.600 ton CO₂ emisyonuna sebep olmuştur.

Şekilde yer alan verilerden de görüldüğü gibi küresel ısınmanın en büyük sorumlusu olan CO₂ emisyonunda halen artış yaşanmaktadır. Bu kapsamda ekonomilerin büyüme hızı arttıkça da karbon emisyonlarının ve küresel ısınmanın artacağı tahmin edilmektedir (Apergis & Öztürk, 2015: 21). Küresel ısınmanın sebep olduğu iklim değişikliği 20. yüzyılın sonlarından itibaren ise küresel boyutta yaşamı tehdit eden en büyük çevre sorunu haline gelmiştir (Pao & Tsai, 2010: 7850; Bekun vd., 2019: 1024).

İklim değişikliği sorununun tüm dünya tarafından önem kazanması, küresel sıcaklıkların sürekli artmasından kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda iklim değişikliğinin ve ekonomik büyümenin çevreye olan etkileri göz ardı edilmeden incelenmektedir (Destek & Sarkodie, 2019: 2484). Bu bağlamda küresel bir sorun olarak iklim değişikliğinin önüne geçilebilmesi için ilk olarak 1972 yılında İnsan ve Çevre (Stockholm) Konferansı, 1979 yılında Birinci Dünya İklim Konferansı düzenlenmiştir. Ardından 1985 yılında Viyana Sözleşmesi imzalanmıştır (Köse, 2018: 60-67). 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nda hazırlanan Brundtland Raporu'nun yayınlanmasıyla da "sürdürülebilir kalkınma" kavramı bütün dünyanın önem verdiği bir kavram haline gelmiştir (Meyer, 2003: 665). Raporla "toplumların bugünün ihtiyaçlarını karşılarken gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden kalkınmayı sürdürülebilir kılma" yeteneğine

sahip oldukları belirtilmiştir (Brundtland Raporu, 1987: 15). Ardından 1988 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından dünyaya iklim değişikliği ve bu sorunun çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri hakkında görüş sağlamak amacıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur (IPCC, 2025). İlk olarak 1990 yılında düzenlenen IPCC Raporu'nda iklim değişikliğinin sonuçlarının küresel olduğu ve bu konuda iş birliklerinin uluslararası düzeyde olması gerektiği belirtilmiştir (IPCC, 2025).

1992 yılında küresel ısınmanın önüne geçebilmek amacıyla ilk çevre sözleşmesi olan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi (UNFCCC), Rio de Janeiro'da düzenlenen "Rio Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda" imzalanarak 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. Sözleşmede "iklim sistemine tehlikeli antropojenik müdahalenin önüne geçecek şekilde sera gazı emisyonlarının sabitlenmesini sağlamak" nihai amaç olarak belirlenmiştir (UNFCCC, 1992: 4). 1992 yılından itibaren pek çok ülke UNFCCC'nin bir parçası olmuştur ve bu bağlılığı emisyonların azaltılmasını taahhüt eden Kyoto Protokolü ve küresel sıcaklık artışını sınırlamayı hedefleyen Paris Anlaşması takip etmiştir (Energy Institute, 2024). Bu süreçte 1995 yılında ise Taraflar Konferansı düzenlenmiştir (Köse, 2018: 60-67).

1995 yılında düzenlenen IPCC Raporu'nda 1997'de düzenlenmesi planlanan Kyoto Protokolü'nün kabulüne yönelik materyaller sağlanmıştır. 2001 yılında düzenlenen IPCC Raporu'nda iklim değişikliğinin etkilerine uyumluluğun sağlanması gerektiği belirtilerek 2007 yılında düzenlenen IPCC Raporu'nda, "iklim değişikliğinin uzun vadeli tehlikeli etkilerinin önüne geçilebilmesi için ortalama küresel sıcaklık artışının 2°C'den fazla olmaması gerektiği" vurgulanmıştır (Zhou & Wang, 2016: 47; IPCC, 2025).

Çevresel sorunların önüne geçebilmek amacıyla ülkelere yıllık karbon emisyonlarını azaltma mecburiyeti 1997 yılında Kyoto Protokolü ile getirilmiştir (Chekouri vd., 2020: 927). 2005 yılında yürürlüğe giren, UNFCCC'ye dayanan ve 192 ülkenin taraf olduğu bu protokolde, ülkelerin ekonomik kalkınma düzeyleri farklı olduğundan farklılaştırılmış sorumluluk ilkesi içinde gelişmiş ülkelere emisyon seviyelerini azaltma zorunluluğu getirilmiştir (Kyoto Protocol, 1997). Bu kapsamda

39 sanayileşmiş ülkenin sebep olduğu emisyonlara yasal sınırlamalar getirilmiştir (Chang vd., 2003: 461).

UNFCCC ve Kyoto Protokolü ile birlikte pek çok ülke, çevre üzerindeki küresel etkiye odaklanarak iklim değişikliği sorununu minimum seviyeye indirmeye gerekliliğini kabul etmiştir ve Kyoto Protokolü sayesinde sera gazı emisyonlarını azaltabilecek politikaların oluşumu sağlanmıştır (Payne, 2020: 1757).

2013-2014 yılları arasında beşinci IPCC Değerlendirme Raporu ile Paris Anlaşması'na girdiler oluşturulmuştur ve IPCC 1,5 °C Küresel Isınma, İklim Değişikliği ve Toprak Özel Raporu, İklimde Okyanus ve Kriyosfer Özel Raporu olmak üzere üç özel, bir metodoloji ve 2023 yılında küresel envanter için hazırlanan altıncı değerlendirme raporu ile döngüsünü tamamlamıştır (IPCC, 2025).

2015 yılında düzenlenen BM İklim Değişikliği Konferansı'nda 196 ülke tarafından kabul edilen Paris Anlaşması 2016 yılında yürürlüğe girmiştir (United Nations). Anlaşma kapsamında “küresel sıcaklıktaki artışı sanayi öncesi seviyenin 2°C üstünde tutmak ve sıcaklık artışını sanayi öncesi dönemin 1,5 °C üstünde sınırlamak” hedef olarak belirlenmiştir 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarını sıfıra indirebilmek için küresel eylemler oluşturulmuştur (Bertoldi vd., 2020: 2); (Chekouri vd., 2020: 927); (United Nations). 2023 yılında ise UNFCCC 28. Taraflar Konferansı düzenlenmiştir. Konferans sonunda mevcut enerji görünümüne dayanarak 2030 yılına kadar ulaşılması gereken 5 temel hedef belirlenmiştir (IEA). Bu hedefler şöyle özetlenebilmektedir:

- Küresel yenilenebilir enerji kapasitesinin üç katına çıkarılması gerekmektedir.
- Enerji verimliliğini iyileştirme oranının iki katına çıkarılması gerekmektedir.
- Petrol ve gaz şirketlerinde yürütülen faaliyetlerin sebep olduğu metan emisyonları %75 azaltılarak Paris Anlaşması'na uyumlu hale getirilmelidir.
- Kömür santrallerine yeni onaylar sonlandırılmalı ve fosil yakıt kullanımına yönelik azalmanın sağlanacağı tedbirler alınmalıdır.

- Gelişmekte olan ekonomilerin temiz enerji yatırımlarını artırarak üç katına çıkarmak için büyük ölçekli finansal mekanizmalarının oluşturulması gerekmektedir.

UNFCCC hedeflerinden de görülebileceği gibi iklim değişikliği sorununun önlenmesi veya minimuma indirgenebilmesi için öncelikle enerjiye odaklanması gerekmektedir. Bu süreçte uzun vadede sürdürülebilir en önemli alternatif ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Meyer, 2003: 666). Dolayısıyla yenilenebilir enerji geliştirme konusunda düşük potansiyele sahip olan ülkeler, yenilenebilir enerji kullanımını artırmalıdır. Bu ülkeler, yeşil toparlanma stratejileri geliştirmeli, yenilenebilir enerji kurulumunu artıracak politikaları desteklemeli ve serbest ticaret genişletilirken enerji tüketimi yüksek olan yatırımları incelemelidirler. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kullanımı ve gelirin enerji yoğunluğunu azaltacak etkilerin de bütüncül olarak dikkate alınması gerekmektedir (Gyamfi vd., 2022: 814-815).

Yenilenebilir ve geleneksel enerjinin geliştirilmesine yönelik yapılan yatırımların teşvik ettiği sektörler farklılık gösterdiğinden dolayı uzun vadeli yatırım stratejilerinin ekonomik etkileri farklılaşmaktadır. Geleneksel endüstrilere yatırım yapılmaya devam edilmesi halinde enerji yoğun endüstrilerin varlığı devam ederken yenilenebilir enerjinin geliştirilmesine yönelik yatırımların yapılmasıyla yeşil ekonomik büyümenin sağlanması muhtemeldir (Dai vd., 2016: 437). Bu doğrultuda gelecekte yaşanması beklenen enerji açığının önüne geçmek ve enerji arzını sürdürülebilir hale getirmek için fosil enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş sağlanmalıdır. Bu sebeple 21. yüzyılda nükleer, güneş ve hidrojen enerjisinin temel kaynaklar haline getirilmesi gerekmektedir. Bunun için ise bu kaynakların kullanımını mümkün kılan teknolojiler, maliyetleri uygun ve kullanımı kolay olacak şekilde geliştirilmelidir (Salameh, 2003: 41).

Ekonomi, çevre ve enerji ilişkisi değerlendirildiğinde; ekonominin gelişmesi, yenilenebilir enerjinin gelişimini destekleyecek ve fosil yakıtların daha temiz enerji ile değiştirilmesini kolaylaştıracaktır. Dolayısıyla yenilenebilir enerjiye bağlı olarak gelirin yükselmesi, enerji yoğunluğunun azalması sağlanacaktır (Gyamfi vd., 2022: 803). Diğer taraftan geleneksel enerji kaynaklarının fiyatlarında yaşanan değişiklikler

ülkelerin enerji politikalarını da etkilemektedir. Enerji kullanımına dayanan sorunlarının giderek arttığı dönemde, ilerleyen zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının geleneksel enerji kaynaklarını devre dışı bırakması beklenmektedir (Akorede vd., 2010: 725).

2.1.1. AB’de Ekonomi, Enerji ve Çevre İlişkisi

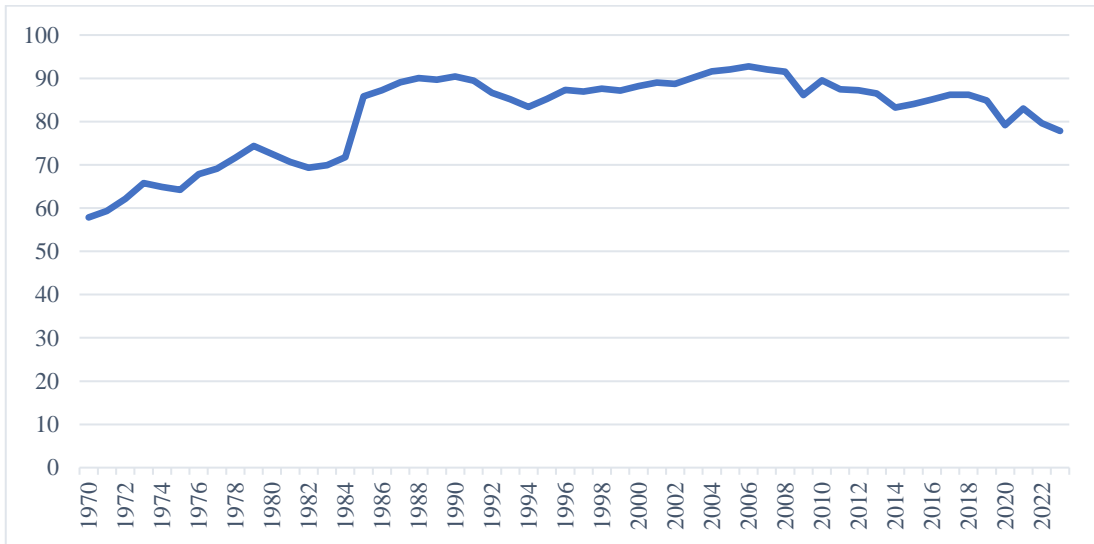
Avrupa Birliği (AB), günümüzdeki haliyle Almanya, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Güney Kıbrıs Rum Yönetimi, Hırvatistan, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Malta, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya ve Yunanistan olmak üzere 27 üye ülkeden oluşmaktadır (Republic of Türkiye Ministry of Foreign Affairs Directorate for EU Affairs, 2023).

AB’nin oluşumunu sağlayan temel antlaşmalar; 1951 yılında imzalanan Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu’nun kurulmasını sağlayan Paris Antlaşması, 1957 yılında Avrupa Ekonomik Topluluğu’nu ve Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu’nu kuran antlaşmalar, 1992 yılında Maastricht’te imzalanan Avrupa Birliği Antlaşması da kurucu antlaşmalar arasında yer almaktadır (T.C. Başbakanlık Avrupa Birliği Genel Sekreterliği, 2011). Bu antlaşmalar ile birlik üyelerinin ekonomi, ticaret, çevre ve enerji alanında iş birliği içinde olmaları hedeflenmiştir.

Tarihte yaşanan 1973 ve 1979 petrol krizleri, AB üye ülkeleri de dahil olmak üzere enerji ihtiyacını ithalat yoluyla karşılayan ülkeleri olumsuz yönde etkilemiştir. Bu süreçte AB, ekonomik açıdan diğer ülkelerle rekabet edebilmek için yalnızca bir enerji piyasasının oluşturulmasına ve enerjiden kaynaklanan çevresel unsurlar üzerine odaklanmıştır. 1980’li yıllarda ABD ve Japonya’ya karşı rekabet gücünün artırılması hedefiyle “Tek Pazar Programı” oluşturulmuştur (Atik, 2017: 31). Krizlerden kaynaklanan arz sorunları ve enerji fiyatlarındaki artış, enerjiyi AB’nin gündemine taşımıştır ve ortaya koyulan “Tek Pazar” hedefinin bir parçası olarak enerji, öncelikli konular arasında yerini almıştır. 1980 yılından sonra enerji için tek pazar düşüncesi ve çevreyi koruma gerekliliği içinde çevreye zarar vermeyecek enerji sistemlerine odaklanılmıştır (Bayraç & Çildir, 2017: 205). 1988 yılında AB’nin iç enerji

piyahasında serbest ve adil rekabet ortamının sağlanmasına yönelik olarak “Yeşil Kitap” yayımlanmıştır. Serbest piyasa yapısı ile tüketicilerin, şebekenin iç enerji piyasasında herhangi bir tedarikçiden enerji satın alabilmesine imkân sağlanması planlanmıştır (Eikeland, 2011: 13).

Enerjiye yönelik düzenlemelerin yanında AB’nin diğer ülkelerle rekabet edebilirliğinin düzenlenmesi amacıyla 2000 yılında Lizbon Stratejisi oluşturulmuştur. Lizbon Stratejisi ile 2010 yılına kadar AB’yi “dünyanın en dinamik, en rekabetçi ve bilgi temeline dayanan ekonomisine dönüştürme” hedefi ortaya koyulmuştur (Atik, 2017: 31). Fakat belirlenen süre içinde hedefe ulaşamadığı için 17 Haziran 2010 yılında revize edilen Lizbon 2020 Stratejisi’nde AB’yi “yenilikçilik ve bilgi odaklı, çevreci, daha rekabetçi, üretim faktörlerinin verimli kullanımını sağlayan, istihdamı yükselten bir ekonomiye dönüştürebilmek” yeni hedef olarak belirlenmiştir (Atik, 2017: 31). Bu kapsamda AB’nin belirlediği hedefler doğrultusundaki sürecin değerlendirilebilmesi için enerji tüketim verilerinin, enerji kaynaklarının kullanım durumundaki değişimin, emisyon verilerinin ve enerji verimliliği verilerinin incelenmesi gerekmektedir. AB’nin enerji tüketim durumunun değerlendirebilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 2.3.’te yıllara göre birincil enerji tüketim verileri gösterilmektedir:



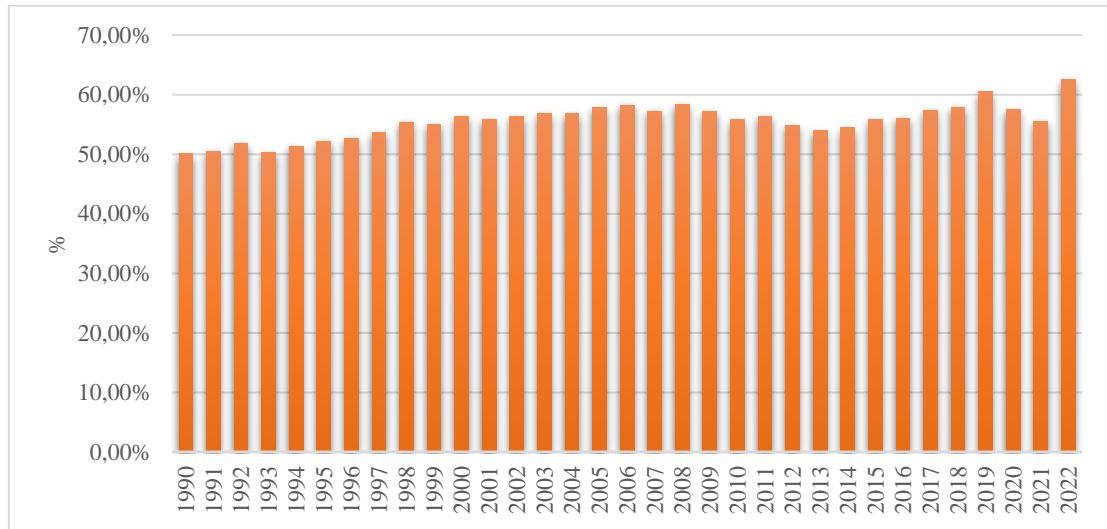
Şekil 2.3. AB birincil enerji tüketimi (ej).

Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

EI veri tabanından elde edilen verilerle oluşturulan Şekil 2.3.'te 1970-2023 yılları arasında birincil enerji tüketiminde dalgalı bir değişimin yaşandığını söylemek mümkündür. Tüketim durumu 10'ar yıllık periyotlar halinde incelendiğinde 1970 yılında 57,84 ej, 1980 yılında 72,51 ej, 1990 yılında 90,4 ej, 2000 yılında 88,2 ej, 2010 yılında 89,5 ej, 2020 yılında 79,16 ej birincil enerji tüketiminin gerçekleştiği görülmektedir. Tüketimdeki en hızlı artış 1984-1990 yılları arasında yaşanmıştır.

Son yıllara bakıldığında ise 2021 yılında 83,01 ej, 2022 yılında 79,6 ej ve 2023 yılında ise 77,85 ej değerinde birincil enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Enerji tüketim verileri genel olarak değerlendirildiğinde, bazı dönemlerde düşüş yaşanmış olsa da bu düşüşün uzun dönem sürmediği görülmektedir. Tüketimdeki en belirgin artış 2005-2007 döneminde yaşanmıştır. Bu dönemde sırasıyla 92,07 ej, 92,75 ej ve 92,03 ej değerinde tüketim gerçekleşmiştir. Günümüze yaklaştıkça tüketimdeki en belirgin düşüş 2020 yılında yaşanmıştır. Ardından 2021 yılında yeniden artan tüketim, 2022 ve 2023 yıllarında tekrar azalmıştır.

Enerji tüketiminde lider konumda olan AB, enerji ihtiyacının karşılanmasında yeterli kaynağa sahip olmadığından dolayı kaynak ihtiyacını ithalat yoluyla gidermektedir. Şekil 2.4.'te AB'nin enerji ithalatına bağımlılık durumu gösterilmektedir:

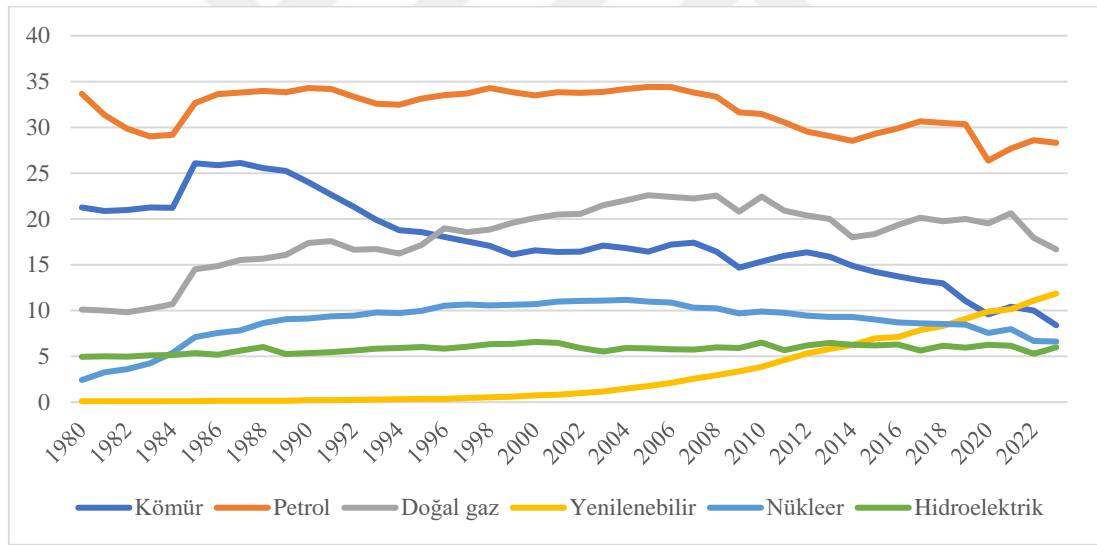


Şekil 2.4. AB enerji ithalatına bağımlılık durumu (%).

Kaynak: (Eurostat)

AB'nin 1990-2022 yılları arasında enerji ithalatına bağımlılık durumunun incelendiği Şekil 2.3.'te enerji ithalatının günümüze yaklaştıkça artarak devam ettiği görülmektedir. Ayrıca, 1990 yılında AB'nin enerji ithalatına bağımlılık oranı %50 iken 2000 yılında %56,28'e, 2010 yılında %55,74'e, 2020 yılında %57,46'ya ve 2022 yılında %62,5'e yükselmiştir. İncelenen dönem aralığında enerji ithalatına bağımlılığın en yüksek olduğu dönem ise 2022 yılıdır.

Fosil enerji kaynakları, AB'nin sıkı enerji politikalarına rağmen hala bütün dünyada olduğu gibi AB'de de önemli bir konuma sahiptir (Perdana vd., 2022: 1). Enerji tüketiminin yaklaşık 5'te 1'ini temsil eden en önemli üç kaynak, fosil enerji kaynakları olarak nitelendirilen petrol, doğal gaz ve kömürdür (Mitroussi, 2006: 53). Şekil 2.5.'te 1980 yılından günümüze kadar kaynak bazında enerji kaynaklarının tüketim durumu ej değeri ile gösterilmektedir:



Şekil 2.5. 1980-2023 dönemi AB enerji kaynaklarının dağılımı (%).

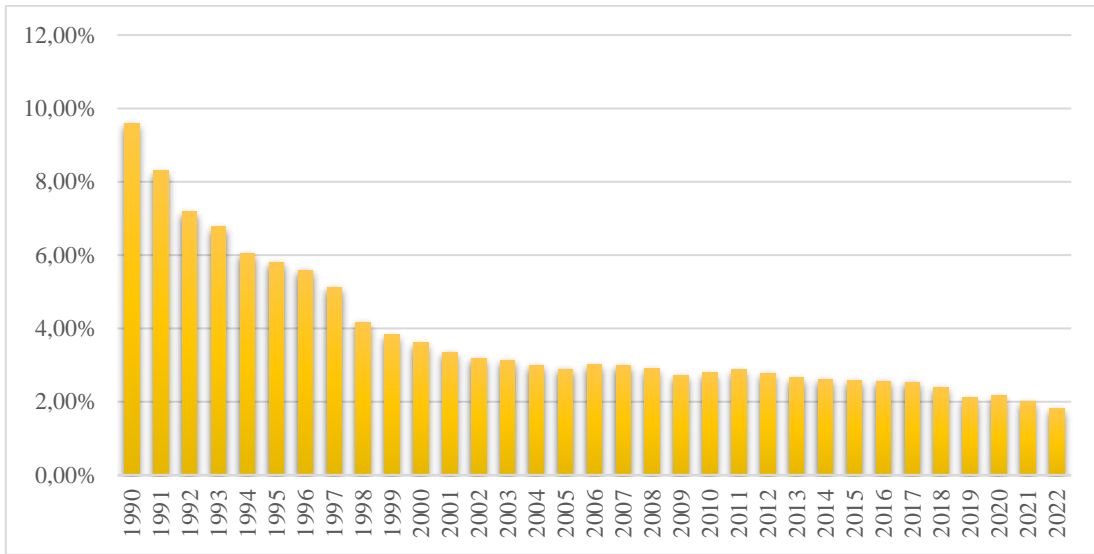
Kaynak: (Enerji Enstitüsü, 2023)

Şekil 2.5.'te 1980-2023 yılları arasında AB'de tüketilen enerjinin kaynak bazındaki dağılımı gösterilmektedir. Enerji kaynaklarının tüketim durumunda kaynakların kullanım seyri incelendiğinde en fazla kullanılan kaynağın petrol olduğu görülmektedir. İkinci sırada doğal gaz, üçüncü sırada ise kömür yer almaktadır. Fosil enerji kaynakları olarak adlandırılan petrol, kömür ve doğal gazın kullanım oranı günümüze yaklaştıkça azalırken yenilenebilir enerjinin payı özellikle 2000'li yıllardan

sonra artış göstermiştir. 2023 yılında 8,39 ej kömür, 28,33 ej petrol, 16,68 ej doğal gaz, 11,86 ej yenilenebilir enerji, 6,6 ej nükleer enerji ve 5,97 ej hidroelektrik tüketimi gerçekleşmiştir. Dolayısıyla son yıl verilerine göre kullanım payı en fazla olan kaynak petrol iken ikinci sırada doğal gaz, üçüncü sırada yenilenebilir enerji, dördüncü sırada kömür, beşinci sırada nükleer ve altıncı sırada hidroelektriğin yer aldığı görülmektedir.

Diğer taraftan Avrupa'nın gaz ithalatı ağırlıklı olarak Rusya, Norveç, Cezayir ve Libya'dan boru hatları aracılığıyla gerçekleşmektedir. İthalatlar, uzun vadeli sözleşmelere tabi olmakla birlikte Norveç ve Rusya, arzlarını alternatif tedarikçilere karşı rekabetçi bir şekilde korumak için revize talep etmektedir. Bu ülkeler, tedarik kapasitesini genişletme konusunda yüksek potansiyele sahip olsa da bu alanlar Rusya'nın "zor bölgelerinde" ve Norveç açıklarında yer aldığından dolayı yüksek üretim ve nakliye işleminden kaynaklı olarak yüksek yatırım gerektirmektedir (Correljé, 2016: 32). Avrupa'da 2025 yılından itibaren her yıl 250 milyar m³ LNG kapasitesinin devreye girmesi planlanmaktadır. Kapasitenin çoğunun ABD ve Katar'dan sağlanması ve mevcut LNG kapasitesinin %45'ine karşılık gelmesi beklenmektedir. Bu gelişmelerle birlikte gaz tedarikindeki endişelerin azalacağı, fiyatların düşeceği, Rusya Federasyonu'nun müşterilerinin azalacağı ve gaz ticaretindeki 2021 yılında %30 olan payın 2030 yılına kadar düşeceği öngörülmektedir (Alkin, 2023: 2).

Şekil 2.4.'te yer alan veriler incelendiğinde bahsi geçen kaynakların tüketiminin her dönem benzer şekilde ilerlemediğini söylemek mümkündür. AB'nin belirlediği hedefler göz önünde bulundurulduğunda ise fosil yakıt kullanım oranının günümüze yaklaşıkça düşmesi gerekirken, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam tüketim içindeki payının artması gerekmektedir. Şekil 2.6.'da katı fosil yakıtların yıllar itibarıyla kullanım oranındaki değişim durumu gösterilmektedir:

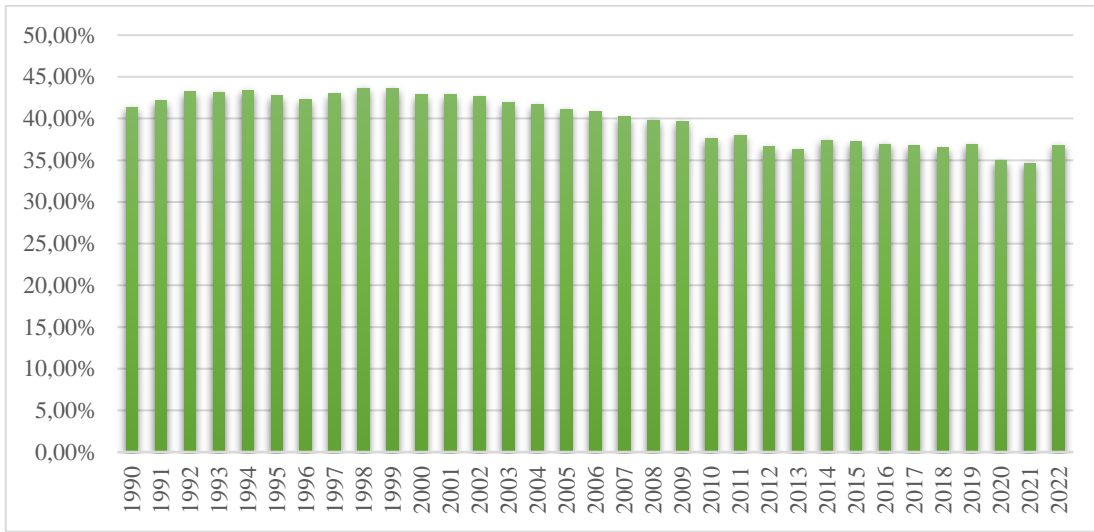


Şekil 2.6. 1990-2022 dönemi AB katı fosil yakıt kullanım oranı (%)

Kaynak: (Eurostat)

AB'nin 1990-2022 yılları arasında katı fosil yakıt kullanım oranının yer aldığı Şekil 2.5.'te katı fosil yakıtların kullanım oranının günümüze yaklaştıkça düştüğünü söylemek mümkündür. Nihai enerji tüketimi içinde katı fosil yakıtların payı 10'ar yıllık periyotlarla incelendiğinde 1990 yılında %9,59 oranında tüketim gerçekleşirken bu oran 2000 yılında %3,61'e, 2010 yılında %2,79'a, 2020 yılında %2,16'ya düştüğü görülmektedir. 2022 yılında ise katı fosil yakıtların payının toplam tüketimdeki payı %1,81'e düşmüştür. Katı fosil yakıtların kullanım oranının sürekli düşmesi AB'de çevresel hassasiyetin oluştuğunu ve genel bir değerlendirme yapıldığında bu konuda belirlenen hedeflere ulaşma yolunda ilerlendiğini ispatlar niteliktedir.

Diğer taraftan enerji tüketiminde lider ve enerji ithalatçısı konumunda olan AB'nin katı fosil yakıt kullanımını azalsa da diğer fosil kaynaklarının kullanım oranının da dikkate alınması gerekmektedir. Çünkü enerji ithalatına bağımlılık durumunun giderek artış göstermesi petrol ve doğal gaz kullanım oranındaki artışın da bir göstergesi olarak bu kaynakların kullanımının azalmadığını işaret etmektedir. Petrolün yıllar itibariyle kullanım oranındaki değişim durumu Şekil 2.7.'de gösterilmektedir:

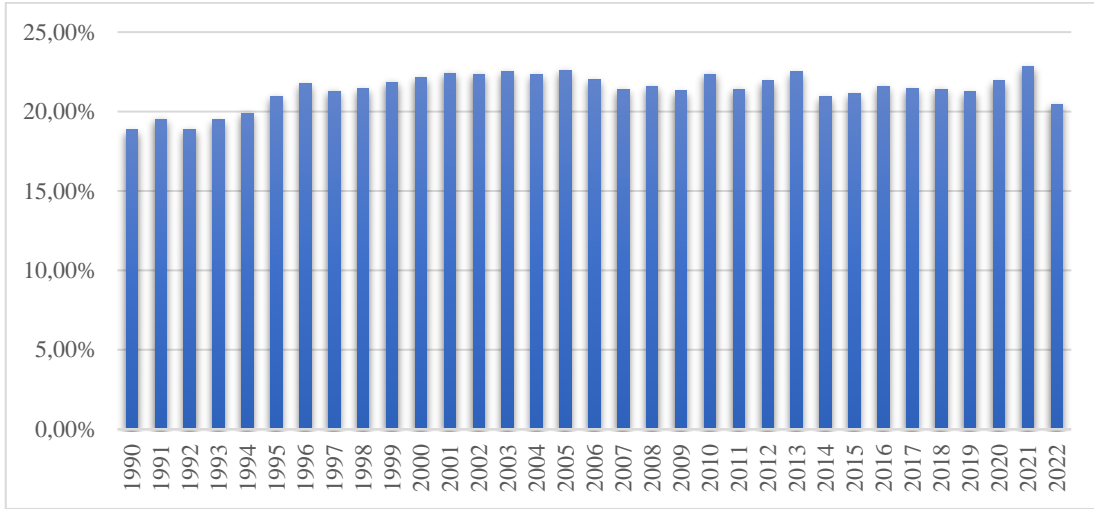


Şekil 2.7. 1990-2022 yılları AB petrol kullanım oranı (%)

Kaynak: (Eurostat)

Şekil 2.7.'de yer alan verilere göre 1990-2022 yıllarında AB'de nihai enerji tüketiminde petrolün payı incelendiğinde dalgalı bir değişimin yaşandığını söylemek mümkündür. Nihai enerji tüketiminde petrolün payı 10'ar yıllık periyotlar halinde değerlendirildiğinde 1990 yılında bu oranın %41,32 iken 2000 yılında %42,87, 2010 yılında %37,63, 2020 yılında ise %34,98 olduğu görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde tüketimde petrolün payı 1990 yılından 2008 yılına kadar %40-44 dolaylarında iken 2008-2022 yılları arasında bu oranın %40-35 civarlarında olduğu görülmektedir. İncelenen dönem aralığında petrolün payının en az olduğu yıllar ise 2020 ve 2021 yıllarıdır. Bu yıllarda sırasıyla petrolün tüketimdeki payı %34,98 ve %34,63 olmuştur. 2022 yılında ise yeniden artış yaşanmış olup petrolün kullanım oranı %36,78'e yükselmiştir. Dolayısıyla fosil yakıt kullanım oranını azaltmayı hedefleyen AB'nin katı fosil yakıtlarda olduğu gibi petrol kullanımını da günümüze yaklaştıkça azalttığını söylemek mümkündür.

Fosil yakıtlar arasında çevreye en az zararı olduğu bilinen kaynak ise doğal gazdır. Bu sebeple en fazla kullanım oranına sahip olması gereken fosil kaynağın doğal gaz olması gerektiğini söylemek mümkündür. AB'nin yıllar itibariyle doğal gaz kullanım oranındaki değişim durumu Şekil 2.8.'de gösterilmektedir:



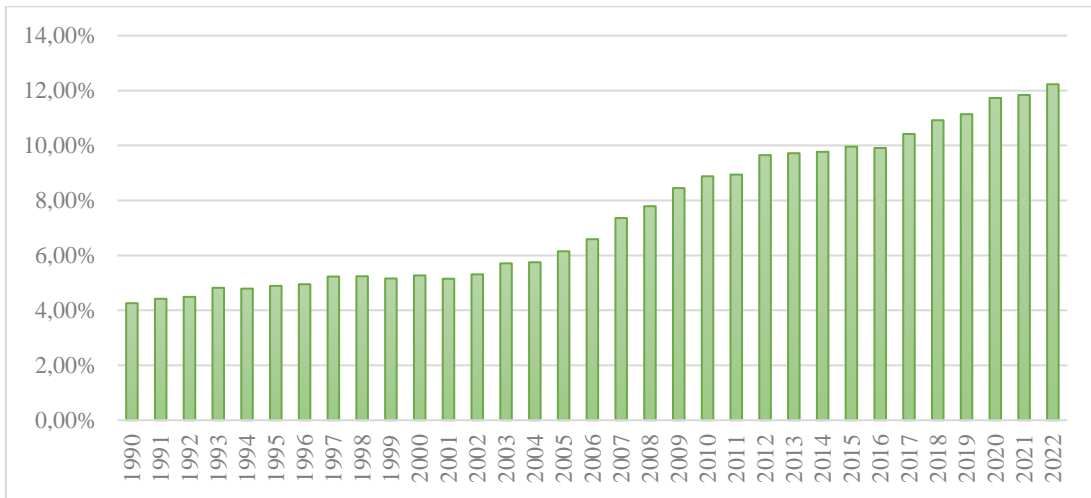
Şekil 2.8. 1990-2022 yılları AB doğal gaz kullanım oranı (%).

Kaynak: (Eurostat)

Şekil 2.8.'de AB'nin 1990-2022 yılları arasında nihai enerji tüketiminde doğal gaz kullanım oranı gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre 1990-2022 yılları arasında doğal gazın tüketim oranının dalgalı bir seyir izlese de %18 ile %23 oranında değişim gösterdiğini söylemek mümkündür. 10'ar yıllık periyotlarla incelendiğinde nihai enerji tüketiminde doğal gazın payının 1990 yılında %18,84 iken 2000 yılında %22,15, 2010 yılında %22,35, 2020 yılında %21,94 olduğu görülmektedir. Doğal gazın tüketim payı 2021 yılında zirveyi görmüş ve %22,81'e ulaşmıştır. 2022 yılında ise bu oran %20,47'ye düşmüştür. Bu oranlar doğal gazın tüketim payının son 20 yılda %20'den aşağıya düşmediğini, 5'te 1'lik bir paya sahip olduğunu göstermektedir.

Diğer taraftan enerji ithalatına olan bağımlılığı sürekli artan AB'nin enerji ihtiyacının karşılanmasında Rusya önemli bir tedarikçi konumundadır. Doğal gaz tedarikinin %40'ı, petrol tedarikinin ise %25'i Rusya'ya bağımlıdır ve Rusya'nın bu emtialarda yapacağı bir fiyat değişikliğinin tüm dünyayı ekonomik zarar uğratacağı açıktır (Wıseman & McHugh, 2022: 2). Bu kapsamda, Rusya'nın Ukrayna'yı işgalinin ardından yaşanan küresel zorluklara yönelik olarak 2022 yılında Avrupa Komisyonu tarafından REPowerEU planı oluşturulmuştur (EU, 2022). Avrupa ülkeleri oluşturdukları bu planla birlikte hem Rus gazına bağımlılığı azaltmayı hem de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimini artırmayı hedeflemektedirler (Kartal, vd., 2024: 16). Bu hedef doğrultusunda 2025 yılına kadar gaz tüketiminin 134

milyar m³ azaltılması ve bunun 51 milyar m³'nün elektrik üretimi sektöründen, 21 milyar m³'nün enerji yoğun endüstrilerden, 31 milyar m³'nün konut sektöründen ve 31 milyar m³'nün ise diğer sektörlerden olması planlanmaktadır (Perdana, Vielle, & Schenckery, 2022: 7). Enerji, çevre ve ekonomi üçgeninde yenilenebilir enerjinin kullanım oranının artırılmasının vazgeçilmez bir alternatif olduğu kabul edilirken, AB'nde yenilenebilir enerji kaynaklarının yıllar itibariyle kullanımındaki değişim durumu Şekil 2.9.'da gösterilmektedir:



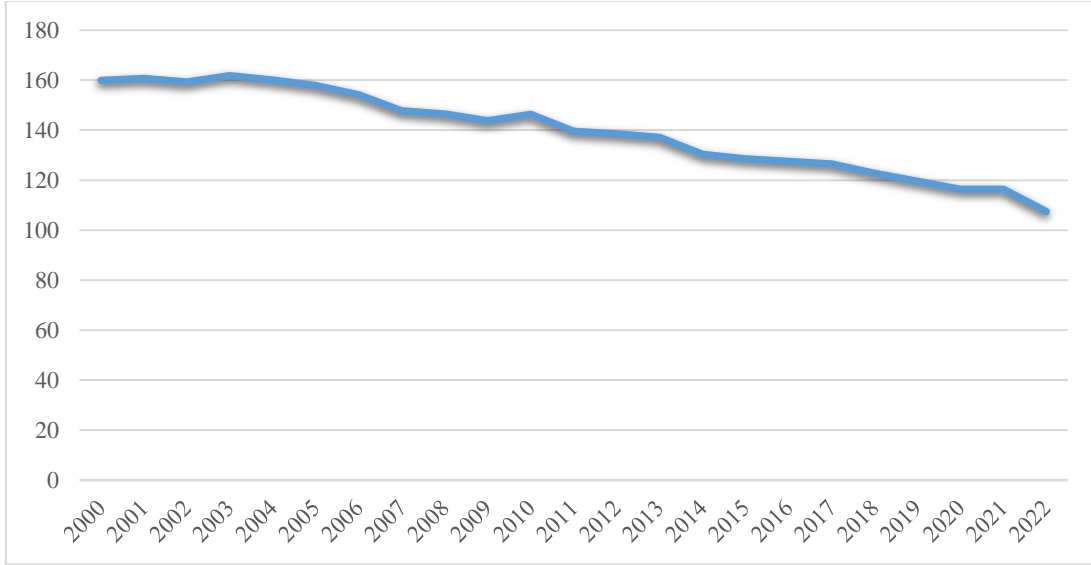
Şekil 2.9. 1990-2022 dönemi AB yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı (%)

Kaynak: (Eurostat)

Şekil 2.9.'da 1990-2022 yılları arasında AB'nin nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketim oranının artan seyirde devam ettiği gözlemlenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketim payı 10'ar yıllık periyotlar halinde değerlendirildiğinde 1990 yılında %4,26 iken 2000 yılında %5,27, 2010 yılında %8,88, 2020 yılında ise %11,73'e yükseldiği görülmektedir. 2022 yılında ise nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının %12,23 olması fosil enerji kaynaklarının aksine yenilenebilir enerji kaynaklarının günümüze yaklaştıkça daha fazla kullanım oranına sahip olduğunu göstermektedir.

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine 2030 yılına kadar ulaşılabilmesi için enerji kaynaklarının kullanım durumunda yapılması gereken yeniliklerin yanında küresel enerji yoğunluğunun ise yıllık %2,9 oranında azaltılması gerekmektedir. Devam eden süreçte de 2050 yılına kadar iklim nötr bir hale gelmeyi hedefleyen AB, önemli oranda

enerji yoğunluğunu azaltmalıdır (Gyamfi vd., 2022: 802). Enerji yoğunluğu, birim çıktı ya da bir faaliyet için ihtiyaç duyulan enerji miktarı olup, bir birim ürün üretmek için daha az miktarda enerji kullanılması enerji yoğunluğunu azaltmaktadır (EERE). Bu çerçevede AB'nin enerji yoğunluğunun yıllara göre değişiminin incelenmesi amacıyla Şekil 2.10. oluşturulmuştur:

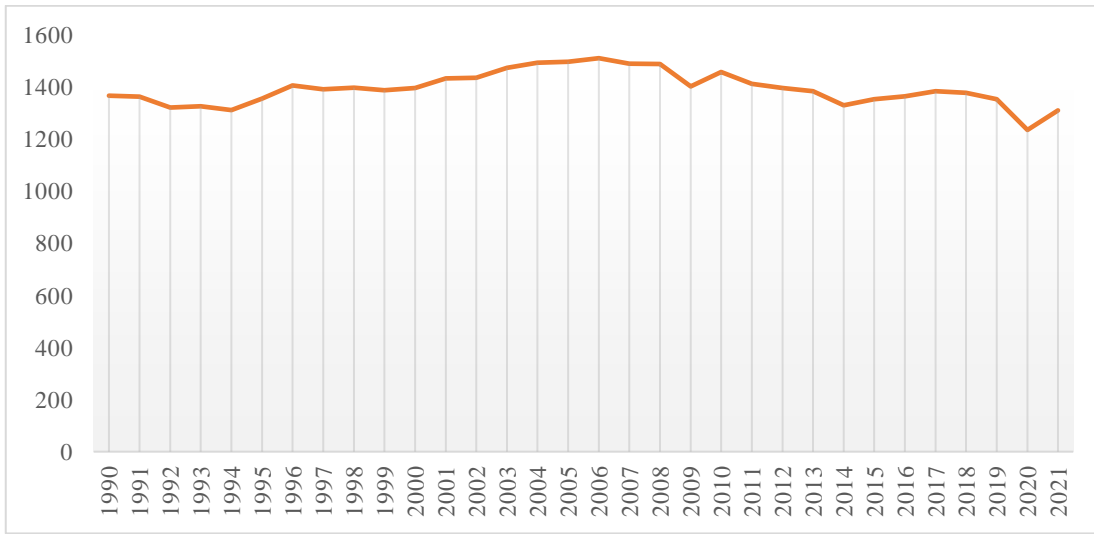


Şekil 2.10. 2000-2022 dönemi AB enerji yoğunluğu (kgoe).

Kaynak: (Eurostat)

Şekil 2.10.'da AB'nin 2000-2022 yılları arasındaki enerji yoğunluk durumu gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre birliğin günümüze yaklaştıkça enerji yoğunluğunu düşürme eğiliminde ilerlediğini söylemek mümkündür. Şöyle ki; 2000 yılında 159,97 kgoe değerinde enerji yoğunluğuna sahip olan birliğin 2022 yılında 107,42 kgoe değerinde enerji yoğunluğuna sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun AB'nin 2050 yılı hedeflerine uygun bir şekilde ilerlediğini gösterir nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Diğer taraftan enerji yoğunluğunun azalması, enerji verimliliğinin de arttığını ifade eden bir göstergedir. Bu kapsamda AB'nin enerji verimliliğindeki durumunun incelenmesi amacıyla oluşturulan Şekil 2.11.'de 1990-2021 yılları arasında AB'nin enerji verimlilik verileri gösterilmektedir:

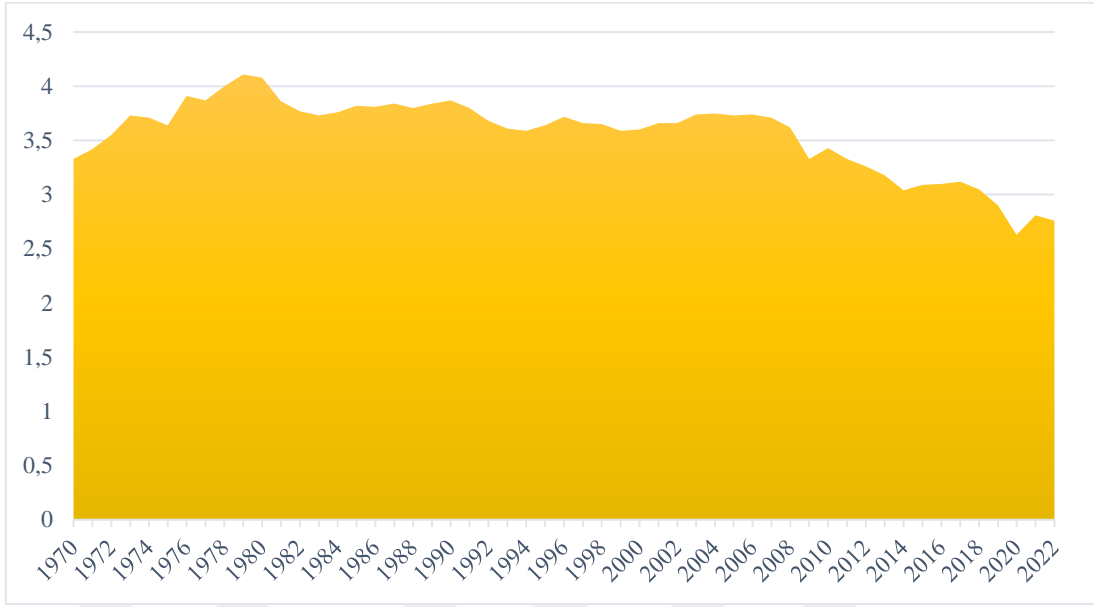


Şekil 2.11. 1990-2021 dönemi AB enerji verimliliği (mtep)

Kaynak: (Eurostat, 2023)

Şekil 2.11.'de AB'nin 1990-2021 yılları arasında enerji verimliliğindeki değişim durumu gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre incelenen dönem aralığında 27 AB üye ülkesini kapsayan şekilde enerji verimliliğinde ilerleme kaydedilmediği gözlemlenmektedir. Buna ek olarak, 1990 yılında 1367,72 mtep enerji verimliliğine sahip olan AB'nin 2021 yılında da 1311,19 mtep enerji verimlilik değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sebeple 2021 yılında 1990 yılına göre daha az enerji verimliliğine sahip olduğunu söylemek mümkündür.

Enerji yoğunluğuna ek olarak AB hedeflerine göre 1990 yılına kıyasla sera gazı emisyonlarının %40 oranında azaltılması, enerji karışımında yenilenebilir enerjinin payının en az %32 olması ve enerji tasarrufunun ise en az %32,5 olması gerekmektedir (Bertoldi vd., 2020: 2). AB'nde enerji tüketimi ve enerji talebindeki artışın azaltılması gerektiğine dair bir farkındalık varken yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artırılması gerektiğine dair artan bir farkındalık vardır (Meyer, 2003: 666). Bu kapsamda enerji politikalarında, enerji üretim tesislerinin sebep olduğu CO₂ emisyonlarının seviyesini minimuma indirmeye odaklanma söz konusudur (Poullikkas vd., 2012: 553). Şekil 2.12.'de AB'nin fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki değişim durumu gösterilmektedir:



Şekil 2.12. AB fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO₂ emisyonları (milyar ton)

Kaynak: (Verilerle Dünyamız, 2024)

1970-2022 yılları arasında AB ülkelerinin CO₂ emisyonlarındaki değişim durumunun incelendiği Şekil 2.12.'de günümüze yaklaştıkça emisyon seviyesinin azaldığı görülmektedir. İncelenen dönemde CO₂ emisyonları 1979 yılında (4,11 milyar ton) zirve seviyeye ulaşmıştır. 2011 yılından itibaren 1970 yılından (3,33 milyar ton) daha az emisyon açığa çıkmıştır. Bu da artan nüfus da göz önüne alındığında çevresel sorunların önüne geçilmesi amacıyla AB'nin emisyon azaltım politikalarında ilerleme kaydettiğini göstermektedir. Sürecin bu şekilde olumlu ilerlemeye devam etmesi için bölgede politika yapıcıların ve çevre yöneticilerinin CO₂ emisyonunu azaltmaya yönelik alternatifleri teşvik etmeleri gerekmektedir (Bekun vd., 2019: 1027).

Yenilenebilir enerji kullanımının daha yaygın hale getirilmesine yönelik olarak hayata geçirilen Avrupa Yeşil Anlaşması kapsamında 2030 yılına kadar toplam enerji kullanımında yenilenebilir enerji kaynaklarının payının %45'e ulaşması hedeflenmiştir. Bunun yanında yenilenebilir enerjinin aktif hale getirilmesi ve enerji bağımsızlığının kazanılması yolunda 2030 yılına kadar sera gazlarının %55 azaltılması gerektiği vurgulanmıştır (EU, 2023).

AB'nin belirgin iklim hedefleri olsa da Polonya ve yurt içinde üretilen kömüre bağımlılığı olan Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri, birlik tarafından belirlenen iklim hedeflerine destek vermemektedirler. Enerji güvenliğine daha çok önem vermekte olan bu ülkeler siyasi baskı ve mali destekler aracılığıyla iklim hedeflerine karşı uyumlu davranmaktadırlar (Andresen vd., 2016: 190)

AB üye ülkelerinin yenilenebilir enerji kullanımı ve çevresel hassasiyetine karşılık gözlemlenen dinamik ortam henüz üyeliğe aday devletlerde gözlemlenmemektedir. Bu durum Kyoto Protokolü'nün yasal bir düzenlemeye sahip olmaması, farkındalığın ve sosyal kabulün daha az olması, mali kaynakların yetersizliği ve önceliklerin farklı olması gibi bir dizi unsurdan kaynaklanmaktadır (Patlitzianas vd., 2007: 890).

Dünya genelinde enerji ithalatında lider konumda ve ABD'den sonra en büyük ikinci enerji tüketicisi (Aytüre, 2013: 35; Bayraç & Çildir, 2017: 204) olan birliğin küresel ölçekte en büyük enerji tüketicileri arasında yer alması ve enerji ihtiyacını ithalat yoluyla karşılıyor olmasından kaynaklı olarak enerji, çevre ve ekonomi üçgeninde dengeyi sağlamak adına enerji ihtiyacı için arz güvenliğini sağlamaya, kaynakları çeşitlendirmeye, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına ve çevreyi korumaya yönelik olarak politikaların oluşturulmasına odaklanması gerekmektedir.

2.1.2. Türkiye'de Ekonomi, Enerji ve Çevre İlişkisi

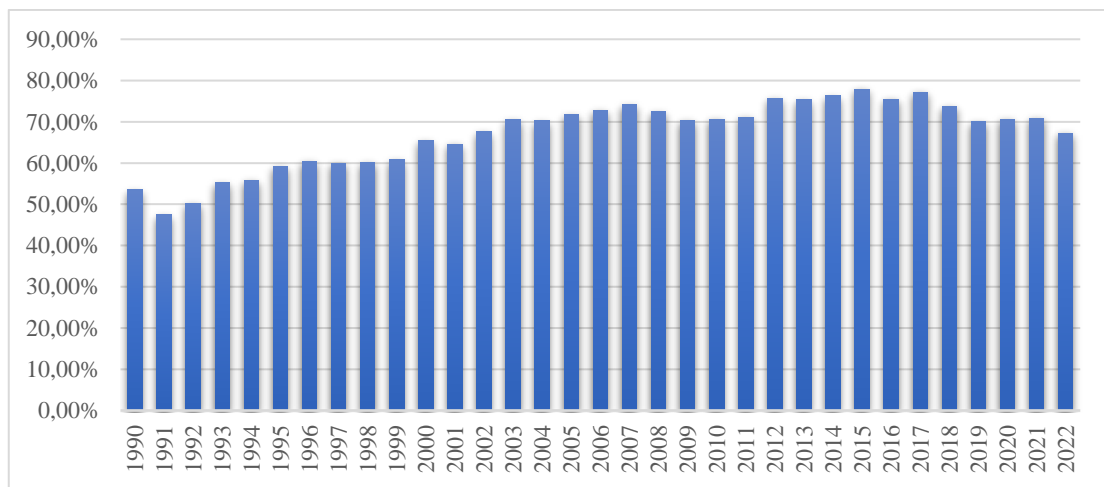
Türkiye, kuruluş tarihinden beri uluslararası gelişmeleri yakından takip eden ve OECD ve NATO gibi kuruluşların aktif üyesi bir ülke olarak 31 Temmuz 1959 yılında Avrupa Ekonomik Topluluğu'na ortaklık için başvuru yaparak Avrupa'ya ilk adımını atan bir ülkedir (Republic of Türkiye Ministry of Foreign Affairs Directorate for EU Affairs, 2023).

Hızlı nüfus artışına sahip olan Türkiye'nin ekonomisi de hızlı bir büyüme sürecindedir (Demirbaş, 2001: 1239). Buna karşılık sanayi ekonomisini geliştirmeye ihtiyacı olmakla birlikte enerji kaynaklarının rezervleri ve enerji talebini karşılama konusunda yetersiz olduğu için ithalatçı ülke konumundadır (Ediger vd., 2006: 3845).

Fosil yakıt arz ve talep arasındaki ilişkiden yola çıkarak ithalata olan bağımlılığı giderek artan Türkiye'nin, fosil kaynak açığını kapatmak için değerlendirmesi gereken alternatifleri Ediger vd. (2006) tarafından şöyle belirtilmiştir (Ediger vd., 2006: 3845):

- Talep tarafında enerji tasarrufu programlarına ek olarak ağır sanayiden hafif sanayiye, hizmet sektörüne geçiş yapması gibi programlarının kararlılık içinde uygulanması gerekmektedir.
- Arz tarafında ise rezerv tahminleri doğru yapılmalı, doğruluğu daha yüksek teknikler ve keşifler ile yerli fosil yakıt üretiminin artırılması gerekmektedir.

Türkiye'nin ihtiyacı olan enerji ve enerji kaynakları, enerji ticaretinin temel yapıtaşlarını belirlemektedir. Ülkenin enerji ticareti, Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ)'nin yönetmekte olduğu enerji borsasında gerçekleşmektedir (Energy Exporter, 2024). Türkiye'de artan enerji talebini rasyonel hale getirmek, enerji maliyetlerini azaltmak ve ithalatın artan hızını yavaşlatmak amacıyla enerji sistemi yeniden yapılandırılmaktadır. Bu düzenlemeler modernizasyon, liberalizasyon ve yerli üretimin artırılmasını kapsayan hedeflerden oluşmaktadır (IEA, 2024). Bu kapsamda enerji ithalatına olan bağımlılığı azaltmak için yürütülen faaliyetler sonucunda 2023 yılında elektrik ithalatı 2022 yılına kıyasla %9,2 oranında (5,82 TWh) azaltılmıştır (EPDK, 2023). Enerji ithalatına olan bağımlılığın azaltılması gerekse de Türkiye'de bu durumun 1990-2022 yılları arasındaki seyri Şekil 2.13.'te gösterilmektedir:

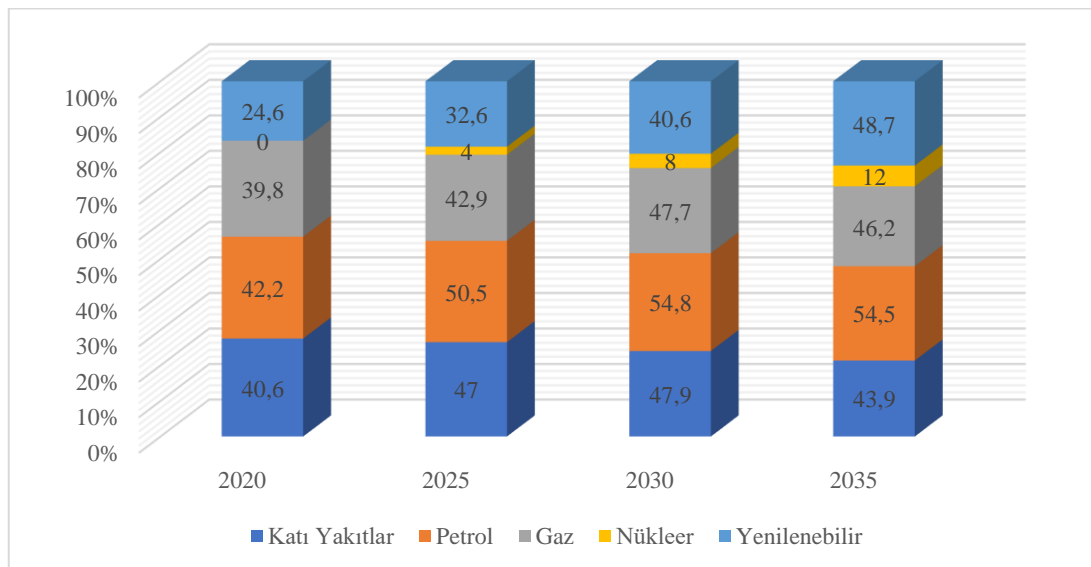


Şekil 2.13. Türkiye'nin enerji ithalatına bağımlılık durumu (%)

Kaynak. (Eurostat)

Şekil 2.13.'te Türkiye'nin 1990-2022 yılları arasında enerji ithalatına bağımlılık durumu gösterilmektedir. Buna göre, günümüze yaklaştıkça Türkiye'nin yaklaşık %70 oranında enerji ithalatına bağımlı olduğu görülmektedir. Bu oran bazı yıllarda azalsa da incelenen dönem aralığında 1991 yılı haricinde enerji ithalatına bağımlılık oranı %50'nin altına düşmemiştir. Bu sebeple Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılama konusunda yeterli kaynağa sahip olmadığını ve yüksek oranda enerji ithalatına bağımlı bir ülke olduğunu söylemek mümkündür.

Kaynak bazındaki durumu değerlendirildiğinde ise Türkiye, petrol ve doğal gaz açısından diğer ülkelerin kaynaklarına ihtiyacı olan bir ülke iken linyit/alt-bitümlü kömür açısından zengindir. Bunun yanında yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, biyokütle, jeotermal, rüzgâr ve hidrolik açısından zengin potansiyele sahiptir ve bu kaynaklardan yararlanma oranı da artış göstermektedir (Altınay, 2019: 194). Son yıllarda enerji karışımında çeşitlendirmeye giden Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimini üç katına çıkarmıştır ve nükleer enerji tesisinin de işletmeye alınması ile yakıt karışımının artırılması planlanmaktadır. Bu hedef kapsamında 2020-2035 yılları arasında Türkiye'de gerçekleşen ve gerçekleşmesi hedeflenen birincil enerji tüketim durumu Şekil 2.14.'te gösterilmektedir:



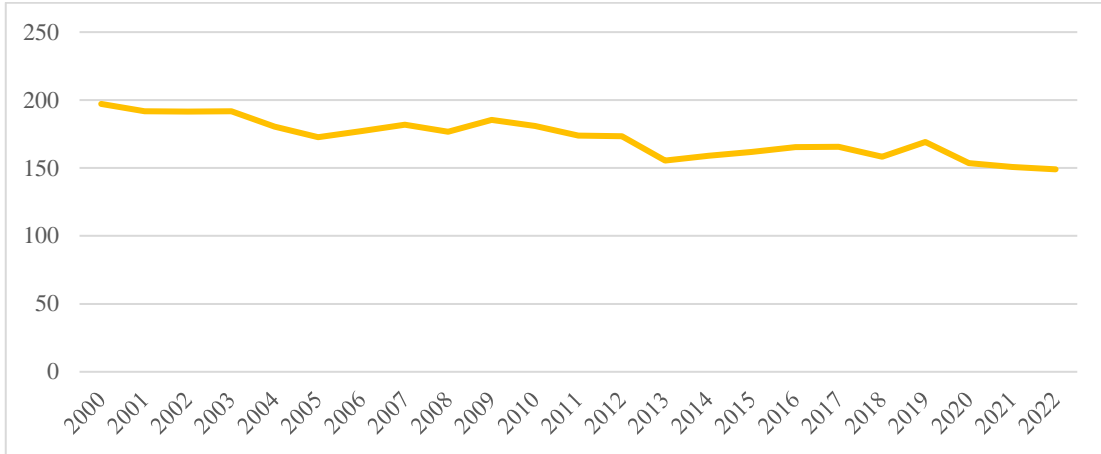
Şekil 2.14. Türkiye'de gerçekleşen ve gerçekleşmesi hedeflenen birincil enerji tüketimi (mtep)

Kaynak. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022: 19)

Türkiye'nin 2020 yılında gerçekleşen ve 2025,2030 ve 2035 yıllarında beşer yıllık periyotlarda gerçekleşmesi hedeflenen birincil enerji tüketiminin değişim durumu Şekil 2.14.'te yer almaktadır. Şekilde yer alan verilere göre 2020 yılında 147,2 mtep olan toplam enerji tüketiminin 2025 yılında 177 mtep, 2030 yılında 199 mtep ve 2035 yılında 205,3 mtep olacağı öngörülmektedir. Tüketim durumu kaynak bazında incelendiğinde ise 2035 yılına kadar özellikle nükleer ve yenilenebilir enerjinin birincil enerji tüketimi içindeki payının artması beklenmektedir. 2035 yılı birincil enerji tüketim hedeflerine göre yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım payı 48,7 mtep'e ulaşarak petrolden sonra en fazla paya sahip kaynak olacaktır. Katı yakıtların ise 15 yılı kapsayan dönem içinde 2030 yılında tüketimde zirveyi görmesi beklenmektedir.

Birincil enerji tüketim hedeflerinde yönelik olarak 2022 yılında yayınlanan Ulusal Enerji Planı'nda yer alan verilere göre 2035 yılında birincil enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payının %23,7, petrolün payının %26,5, doğal gazın payının %22,5 olması beklenmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022: 19-20). Bu da en fazla tüketilen üç kaynak arasında kömürün olmayacağını ve her geçen yıl katı yakıt kullanım oranının düşeceğini göstermektedir. Bunun yanında nükleer enerjinin payının da 2030 yılına kadar %5,9'a ulaşacağı tahmin edilmektedir.

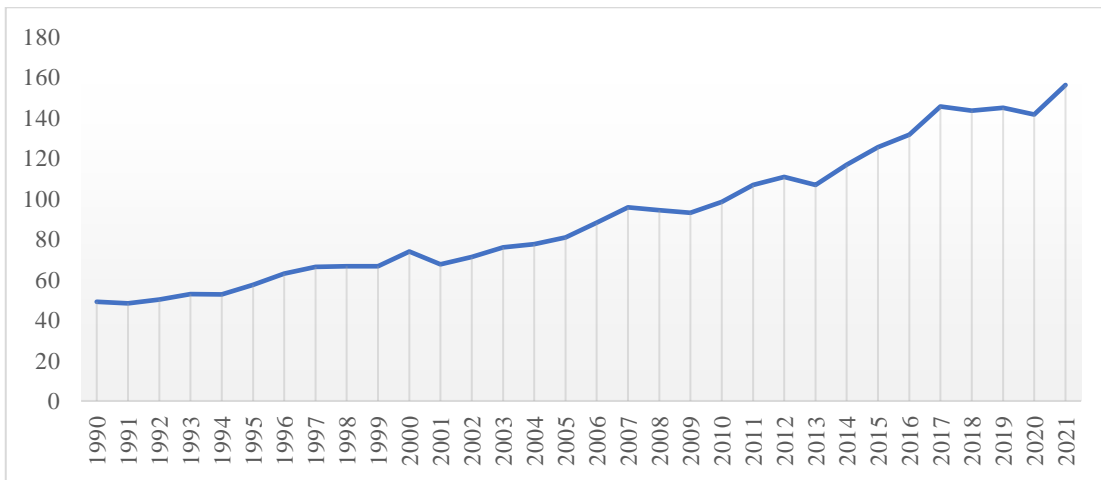
Ülkelerin enerjiye olan taleplerinin artması gelişmişlik seviyesinin de arttığına göstergesi olarak kabul edilmektedir. Fakat bu süreçte aynı zamanda enerji verimliliğinin artırılması, enerji tasarrufunun artırılması ve enerji yoğunluğunun azaltılması gerekmektedir. Ülkelerin ekonomik seviyesi arttıkça bu faktörlerde ilerleme kaydedilmesi beklenmekte ve gerekmektedir. Bu sebeple Türkiye'nin günümüze yaklaştıkça enerji yoğunluğundaki seyrinin incelenmesi amacıyla oluşturulan Şekil 2.15.'te Türkiye'nin 2000 ve 2022 yılları arasındaki enerji yoğunluk verileri gösterilmektedir:



Şekil 2.15. 2000-2022 dönemi Türkiye'nin enerji yoğunluğu (kgoe)

Kaynak. (Eurostat)

2000-2022 yılları arasında Türkiye'nin enerji yoğunluğu verileri ile oluşturulan Şekil 2.15.'te incelenen dönem aralığında enerji yoğunluğunun azalan seyirde ilerlediği gözlemlenmektedir. 2000 yılında 197,15 kgoe değerinde enerji yoğunluğuna sahip olan ülkenin 2022 yılında enerji yoğunluğunun 149,01 kgoe değerinde olduğu görülmektedir. Tüketilen enerji miktarının da sürekli arttığı dönemde enerji yoğunluğu bazı dönemlerde artsa da genel itibarıyla azalma eğilimindedir. Dolayısıyla günümüze yaklaştıkça Türkiye'nin enerji verimliliğini yükselttiğini söylemek mümkündür. Bu durumu doğrulamak amacıyla oluşturulan Şekil 2.16.'da Türkiye'nin enerji verimlilik durumu gösterilmektedir:



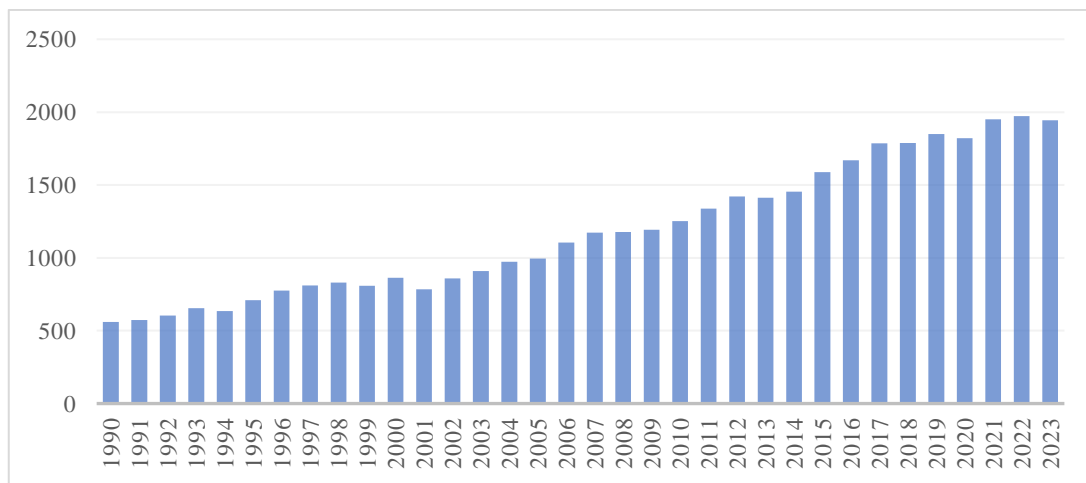
Şekil 2.16. Türkiye'nin enerji verimliliği (mtep)

Kaynak. (Eurostat, 2023)

Şekil 2.16’da Türkiye’nin 1990-2020 yılları arasındaki enerji verimliliğindeki değişim durumu gösterilmektedir. Elde edilen verilerle oluşturulan grafiğe göre enerji verimliliğinin günümüze yaklaştıkça arttığı görülmektedir. 10’ar yıllık periyotlarda değerlendirildiğinde 1990 yılında 48,96 mtep enerji verimliliğine sahip olan Türkiye, 2000 yılında 73,75 mtep, 2010 yılında 98,27 mtep ve 2020 yılında ise 141,55 mtep enerji verimliliğine ulaşmıştır. 2020 yılında önceki yıllara göre enerji verimliliğinde azalma olmasına rağmen 2021 yılında yeniden yükselen enerji verimliliği 156,1 mtep değerine ulaşmıştır. Bu kapsamda incelenen dönem aralığında bazı dönemlerde yaşanan kırılmalar haricinde enerji verimliliğinin günümüze yaklaştıkça yükseldiğini söylemek mümkündür.

Türkiye’nin enerji verimliliği hedeflerine yönelik hazırlanan ve 2018 yılında yürürlüğe giren ilk enerji verimliliği planı, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı’dır. Bu plan ile 55 eylem planının hayata geçirilmesi ve 2023 yılına kadar birincil enerji tüketiminde %14 azalmaya karşılık gelen enerji tasarrufunun 23,9 mtep olması hedeflenmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).

Günümüze yaklaştıkça enerji yoğunluğunu azaltıp enerji verimliliğini artırma hedeflerine uyumlu bir süreç geçirmekte olan Türkiye’de enerji tüketiminin seyrinin incelenebilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 2.17.’de Türkiye’nin 1990-2023 yılları arasında gerçekleşen birincil enerji tüketim verileri gösterilmektedir:

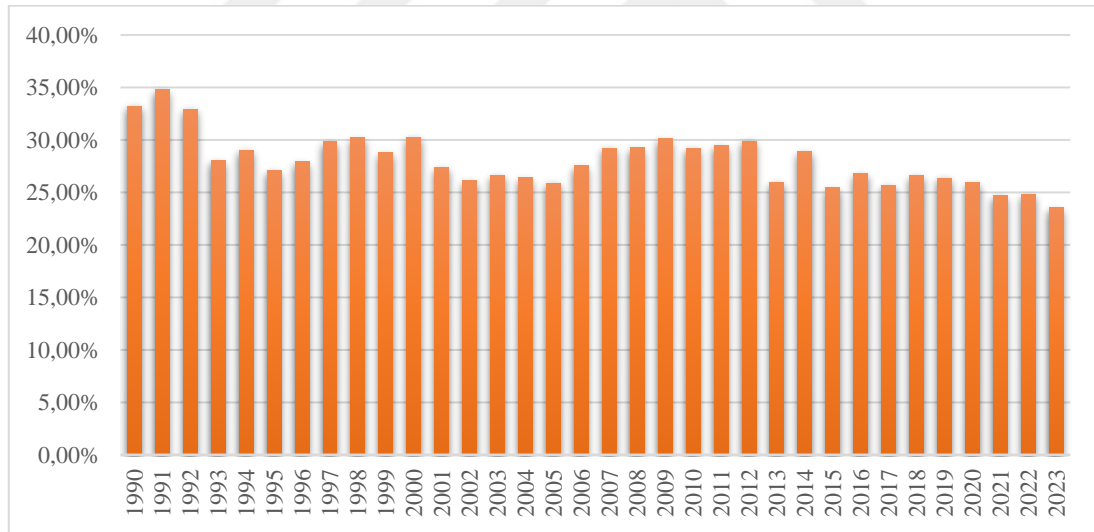


Şekil 2.17. 1990-2023 dönemi Türkiye’nin birincil enerji tüketimi (twh)

Kaynak. (Verilerle Dünyamız)

Şekil 2.17.'de Türkiye'nin 1990-2023 yılları arasındaki birincil enerji tüketim verileri gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre bu dönem aralığında tüketimin arttığı gözlemlenmektedir. Tüketim 10'ar yıllık periyotlarla değerlendirildiğinde 1990 yılında 561 twh değerinde, 2000 yılında 864 twh değerinde, 2010 yılında 1253 twh değerinde ve 2020 yılında ise 1822 twh değerinde birincil enerji tüketiminin gerçekleştiği görülmektedir. 2023 yılında da benzer şekilde tüketimde artış devam ederek 1945 twh değerinde birincil enerji tüketimi gerçekleşmiştir.

Enerji tüketimi sürekli artarken enerji ithalatını azaltması ve enerji kaynaklarının çeşitliliğini artırması gereken Türkiye'nin birincil enerji tüketimi içinde kullanmakta olduğu kaynakların dağılımlarının incelenebilmesi amacıyla kömürün, doğal gazın, petrolün ve yenilenebilir enerji kaynakların kullanımındaki değişim durumunun oran bazında yer aldığı çizelgeler oluşturulmuştur. Şekil 2.18.'de Türkiye'nin birincil enerji tüketimi içinde kömür kullanım durumu gösterilmektedir:



Şekil 2.18. 1990-2023 dönemi Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde kömür kullanım oranı (%)

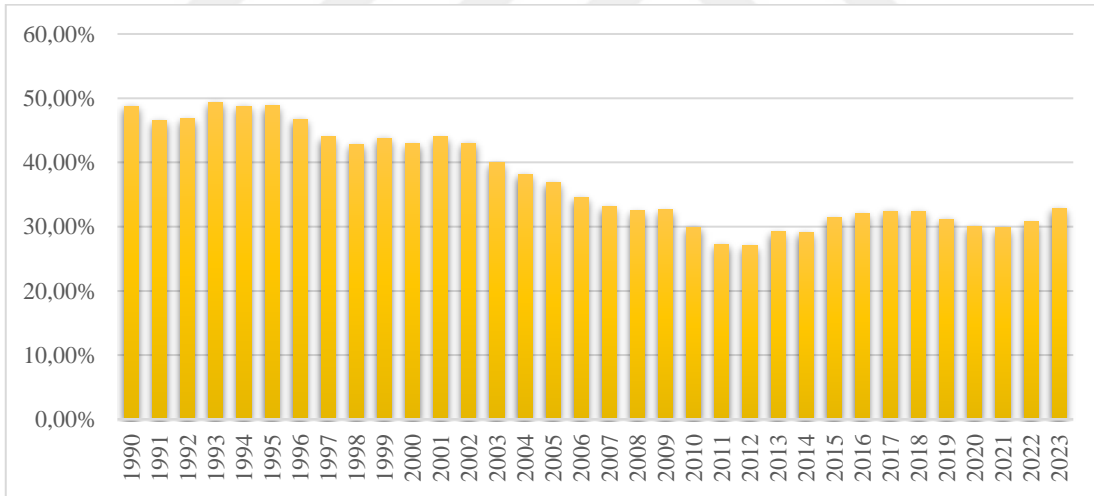
Kaynak. (Verilerle Dünyamız, 2024)

Verilerle Dünyamı (Our World in Data) veri tabanında yer alan verilerle oluşturulan Şekil 2.18.'de 1990-2023 yılları arasında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde kömürün payındaki değişim durumu yer almaktadır. Elde edilen verilere göre kömür tüketim oranı bazı yıllarda artış gösterse de günümüze yaklaştıkça bu oranın azaldığı gözlemlenmektedir. Şöyle ki; 1990 yılında %33,23 oranında kömür

tüketilirken, 2000 yılında %30,25 oranında, 2010 yılında %29,18 oranında, 2020 yılında ise %25,93 oranında kömür tüketimi gerçekleşmiştir. 2023 yılında ise bu oranın %23,55'e düştüğü görülmektedir. Bu durum, toplam enerji tüketimi artarken toplam tüketim içinde kömürün payının azaldığını göstermektedir.

Çevresel sorunların önüne geçilmesi durumunun artan önemi sebebiyle küresel ölçekte çevreyi en fazla zarara uğrattığı bilinen fosil enerji kaynağı kömür olduğundan dolayı, bu kaynağın kullanım oranının azaltılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu zorunlulukla birlikte Türkiye'nin enerji tüketiminin arttığı düşünülürse, diğer enerji kaynağı alternatiflerine yöneldiği ve diğer kaynakların kullanım oranı artarken kömürün kullanım oranını azalttığını söylemek mümkündür.

Fosil enerji kaynakları grubunda yer alan diğer bir kaynak olan petrolün Türkiye'deki kullanım oranının yıllar itibariyle değişim durumu Şekil 2.19.'da gösterilmektedir:



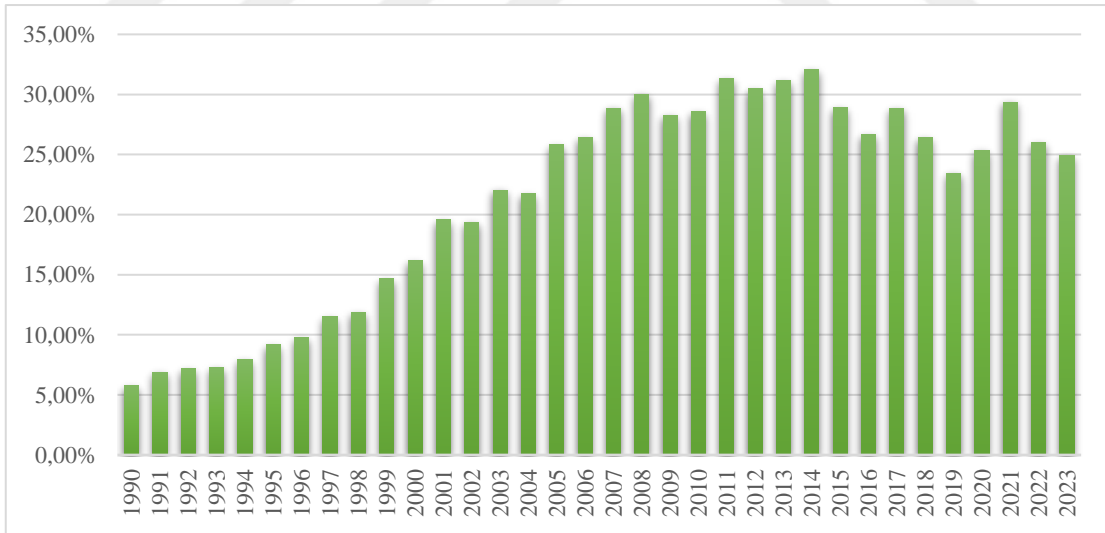
Şekil 2.19. 1990-2023 dönemi Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde petrol kullanım oranı (%)

Kaynak. (Verilerle Dünyamız, 2024)

Şekil 2.19.'da 1990-2023 yılları arasında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde petrolün kullanım oranı verileri yer almaktadır. İncelenen dönem aralığında toplam tüketimde petrolün kullanım oranı dalgalı bir seyir izlese de günümüze yaklaştıkça 1990'lı yıllara göre bir azalma eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür. Tüketim verileri 10'ar yıllık periyotlarda incelendiğinde 1990 yılında

%48,78 oranında petrol kullanılırken, 2000 yılında %42,93 oranında, 2010 yılında %29,89 oranında ve 2020 yılında ise %30,75 oranında petrol kullanımı gerçekleşmiştir. 2023 yılında ise birincil enerji tüketimi içinde petrol %32,85 oranında tüketilmiştir. Enerji tüketimi artarken kömürde olduğu gibi petrolde de kullanım oranının 1990'lı yıllara göre belirgin bir şekilde düşmesi Türkiye'nin fosil enerji kaynaklarının toplam tüketimdeki payını azaltmaya çalıştığını gösterir niteliktedir.

Fosil enerji kaynak kullanımının azaltılması gerekse de en fazla çevresel tahribata sebep olan enerji kaynakları sırasıyla kömür, petrol ve doğal gazdır. Dolayısıyla toplam tüketim içinde sırasıyla kömürün, ardından petrolün ve son olarak doğal gazın kullanımına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu noktada fosil enerji kaynaklarının tamamen terk edilip yenilenebilir enerji kaynakları ile ikame edilmesinin mümkün olmadığı günümüz teknolojisinde doğal gaz kullanım oranının artması beklenmektedir. Bu kapsamda Şekil 2.20.'de Türkiye'de birincil enerji tüketimi içinde doğal gaz kullanım oranının 1990-2023 yılları arasındaki değişimi gösterilmektedir:



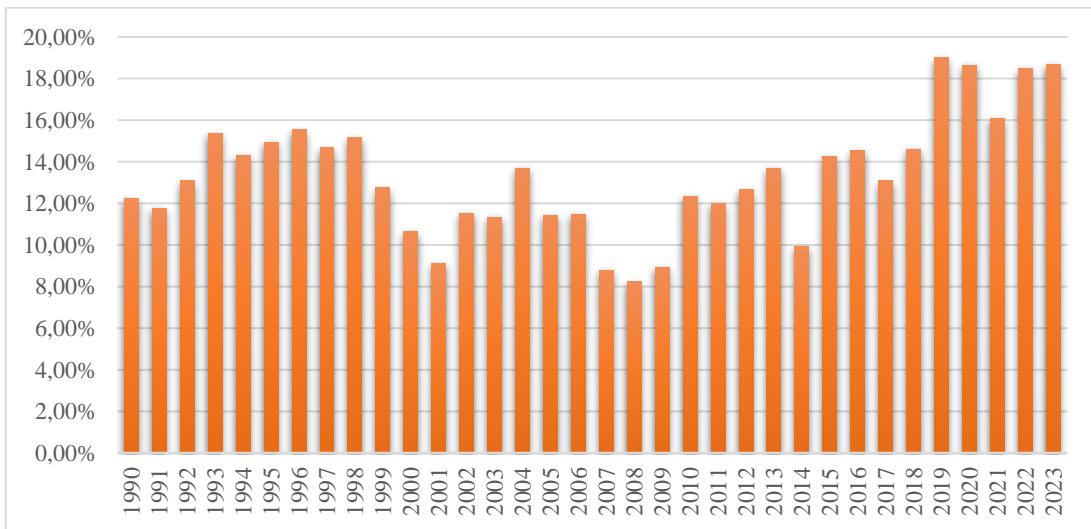
Şekil 2.20. 1990-2023 dönemi Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde doğal gaz kullanım oranı (%)

Kaynak. (Verilerle Dünyamız, 2024)

Şekil 2.20.'de 1990-2023 yılları arasında Türkiye'de birincil enerji tüketiminde doğal gazın kullanım oranı gösterilmektedir. İncelenen dönem aralığında yer alan

verilere göre 1990 yılından günümüze yaklaştıkça doğal gazın kullanım oranının arttığını söylemek mümkündür. Birincil enerji tüketiminde doğal gazın payı 10'ar yıllık periyotlarla incelendiğinde 1990 yılında %5,75 oranında kullanım oranına sahip olan doğal gazın 2000 yılında %16,15 oranında, 2010 yılında %28,58 oranında kullanıldığı ve 2020 yılında ise %25,37 oranında kullanıldığı görülmektedir. Son olarak 2023 yılında ise %24,90 oranında doğal gaz kullanımını gerçekleştirmiştir. Bu kapsamda bazı dönemlerde kullanım oranı azalsa da doğal gaz tüketim oranının artan bir eğilimde gerçekleştiğini söylemek mümkündür.

Şekil 2.18., 2.19. ve 2.20.'de yer alan veriler genel olarak değerlendirildiğinde birincil enerji tüketiminde fosil enerji kaynaklarının payının günümüze yaklaştıkça düşme eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir. Bu doğrultuda 2023 yılı verilerine göre en fazla tüketim oranına sahip olan kaynağın petrol olduğu görülmektedir. Ardından ikinci sırada doğal gaz ve üçüncü sırada kömür yer almaktadır. Fosil enerji kaynaklarının kullanımı oranı düşerken yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının artırılarak fosil enerji kaynakları yerine kullanılabilirliğinin artırılması gerekirken bu durumun Türkiye'deki seyirinin incelenebilmesi amacıyla oluşturulan Şekil 2.21.'de 1990-2023 yılları arasında birincil enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı gösterilmektedir:

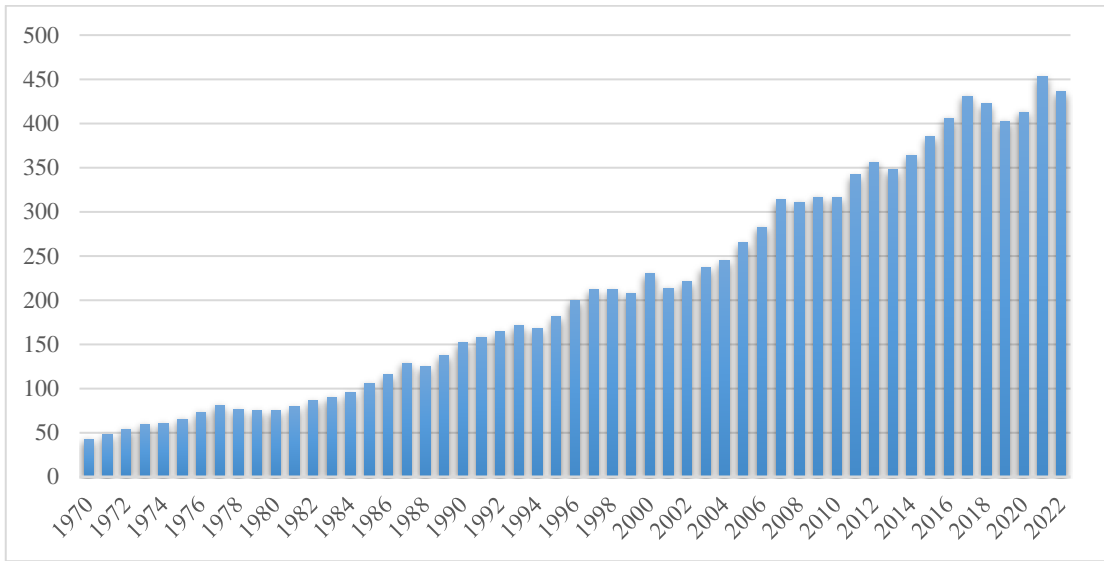


Şekil 2.21. 1990-2023 dönemi Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı (%)

Kaynak. (Verilerle Dünyamız, 2024)

Türkiye’de birincil enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının incelenmesi amacıyla oluşturulan Şekil 2.21.’de yer alan verilere göre yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının bazı yıllarda azalsa da günümüze yaklaştıkça bu oranın arttığını söylemek mümkündür. 10’ar yıllık periyotlarla değerlendirildiğinde 1990 yılında %12,23 kullanım oranına sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarının 2000 yılında %10,67 oranında, 2010 yılında %12,35 oranında ve 2020 yılında ise %18,65 oranında kullanıldığı görülmektedir. 2023 yılında da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım payı artmaya devam ederek %18,70 oranında kullanılmıştır.

Özetlemek gerekirse enerji ithalatına bağımlılığı %70 civarlarında olan Türkiye’nin enerji verimliliğini artırması, enerji yoğunluğunu azaltması, enerji tasarruf oranını artırması, fosil enerji kaynaklarının kullanım oranını azaltması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranını artırması gerekmektedir. Fosil enerji kaynaklarının kullanım oranının azaltılması gerekliliği hem ekonomik hem de çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır. Çünkü gelişmekte olan ekonomiye sahip olan ülkelerde, enerji tüketimi artarken CO₂ emisyonunda da artış yaşanmaktadır (Ahmad vd., 2016: 131-132). Şöyle ki; ekonomik açıdan büyüme evresinde artan enerji ihtiyacının fosil enerji kaynaklarından karşılanması emisyonları artırmaktadır. Bu sorunun Türkiye’deki seyrinin incelenmesi amacıyla 1970-2022 yılları arasında fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki değişim durumu Şekil 2.22.’de gösterilmektedir:



Şekil 2.22. Türkiye’de fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan CO₂ emisyonları (milyon ton)

Kaynak. (Verilerle Dünyamız, 2024)

1970-2022 yılları arasında Türkiye’de fosil yakıt kullanımı sanayiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki değişim durumunun incelendiği Şekil 2.22.’de emisyonların genel itibariyle artan seyirde ilerlediğini söylemek mümkündür. 1970 yılında 42,58 milyon ton değerinde olan CO₂ emisyonları 2021 yılında 452,7 milyon ton ile zirve seviyeye ulaşmıştır. 2022 yılında ise CO₂ emisyonu 435,68 milyon tona düşmüştür. Emisyon miktarındaki en büyük azalmalar 1978 yılında (76,71 milyon ton), 1988 yılında (124,73 milyon ton), 1994 yılında (167,57 milyon ton), 1999 yılında (207,93 milyon ton), 2008 yılında (310,62 milyon ton), 2010 yılında (316,19 milyon ton), 2013 yılında (347,33 milyon ton), 2019 yılında (402,69 milyon ton) yaşanmıştır.

Türkiye özelinde oluşturulan enerji ile ilgili göstergeler genel olarak değerlendirildiğinde enerji tüketimi sürekli artarken enerji verimliliğinin artırıldığı, enerji yoğunluğunun azaltıldığı görülmektedir. Buna karşılık fosil yakıt kullanımı ve sanayiden kaynaklanan emisyon seviyesinde azalma eğiliminde ilerleme kaydedilmemiştir. Bu sebeple çevresel ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurulduğunda Türkiye’de fosil enerji kaynaklarının tüketimi azaltılırken yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının artırılması durumunda çevresel sorunlarını ve

emisyonlarını azaltması beklenen Türkiye'nin aynı zamanda enerji ithalatına olan bağımlılığının da azalması ile enerjinin ekonomik açıdan katlanılması gereken maliyetlerinde azalma sağlaması beklenmektedir. Enerji ihtiyacının karşılanması açısından yeterli kaynağa sahip olmayan Türkiye ve AB bu ihtiyaçlarını enerji ithalatı yoluyla giderdiklerinden dolayı bu ülkelerin enerji faturaları ekonomik açıdan da ülkeleri zor duruma sürüklemektedir.

Diğer taraftan yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin potansiyele sahip olan Türkiye, dünyada ispatlanmış gaz ve petrol rezerv bölgelerinin çoğunluğuna da yakın bir konuma sahiptir. Hazar Bölgesi, Orta Asya ve Orta Doğu gibi enerji rezervlerine sahip bölgeler ile Avrupa arasında geçit ülke konumundadır ve AB'nin enerji çeşitliliğini sağlayabilmesi için enerji köprüsü görevi gören Türkiye'nin konumundan destek alması gerekmektedir (Demirbaş, 2001: 1239). Bu durumun enerjide arz güvenliği sağlanması açısından AB'ye, AB üyeliği açısından ise Türkiye'ye avantaj sağladığı düşünülmektedir.

2.2. Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) Hipotezi

Ekonomik büyüme ile çevresel hasar arasındaki ilişki 1970'li yıllardan itibaren tartışılmaktadır. Bu konuda genel bir görüş birliği olmamakla birlikte büyümenin çevreye olan etkisi üzerinde iki görüş şöyledir:

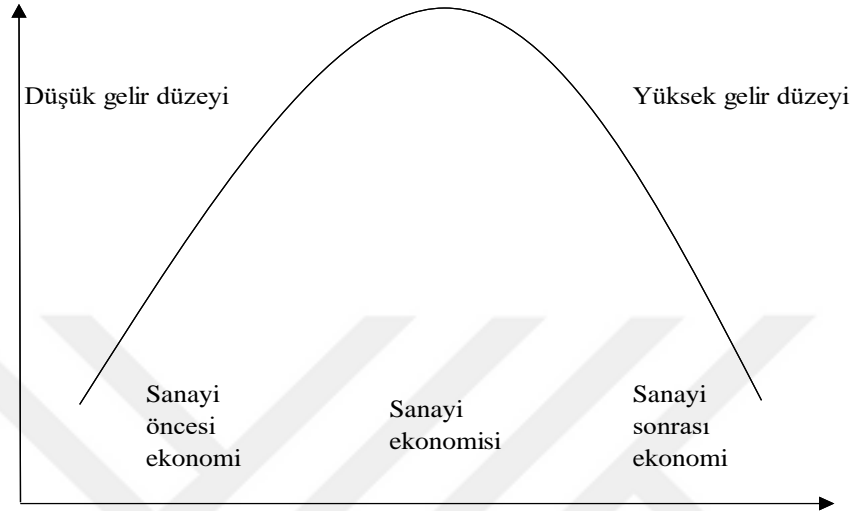
- I. İlk görüşe göre çevreye verilen zarar sebebiyle büyümenin sınırsız bir şekilde devam etmesi mümkün değildir. "Sınırsız" kaynaklar, dünya sisteminde büyümeyi sürdürmenin anahtarı değildir. Görünüşe göre, dünya sisteminin çökmesinin önüne geçmek isteniyorsa, bu tür kaynak mevcudiyetinin sağladığı ekonomik itici güce kirliliğin sınırlandırılması anlayışının eşlik etmesi gerekmektedir (Meadows vd., 1972: 132).
- II. İkinci yaklaşıma göre büyüme arttıkça çevreye zarar veren mal ve hizmetlere yönelik talep azalacak, daha az zarar veren mal ve hizmet üretimine yönelik talepte artış gözlemlenecektir. Refah seviyesi arttıkça hayat tarzının ekonomik olmayan yönlerinde farklılaşma talep edilecektir (Grossman & Krueger, 1995: 372).

Gelir eşitsizliğine dayanan ters U şeklindeki ikinci hipotez 1955 yılında Kuznets tarafından literatüre dahil edilmiştir ve “ekonomik büyüme ile gelir dağılımı arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı” belirtilerek ve bu ilişki “Kuznets Eğrisi” olarak tanımlanmıştır (Dogan vd., 2020: 2). Kuznets Eğrisi hipotezine göre kişi başına düşen gelir arttıkça ilk aşamada gelir eşitsizliği artmakta ve bir dönüm noktasından sonra azalmaya başlamaktadır. Bu süreçte kişi başına düşen gelir ile gelir eşitsizliği arasında çan şeklinde bir ilişki ortaya çıkmaktadır (Dinda, 2004: 433).

Kuznets Eğrisi esas alınarak geliştirilen Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) ise ekonomik büyüme ile çevresel hasar arasındaki ilişkinin ülkelerin gelir seviyelerine göre değişen seyir izlediğini belirten bir hipotezdir. Bu ilişkiye göre büyümenin ilk aşamasında çevresel sorunlarda artış yaşanması fakat gelirin belli bir seviyeye erişmesinin ardından çevresel kalitede artış yaşanması beklenmektedir (Ahmed & Qazi, 2014: 507; Salahuddin & Gow, 2014: 45). Grossman ve Krueger tarafından 1991 yılında literatüre kazandırılan bu hipoteze göre ekonomik büyüme ile çevre arasında ters U şeklinde bir ilişki açığa çıkmaktadır (Agras & Chapman, 1999: 267; Ang, 2007; Acaravcı & Ozturk, 2010: 5412; Ahmed & Qazi, 2014: 1525; Apergis & Öztürk, 2015: 16; Javid & Sharif, 2016: 407; Zhang & Zhao, 2024: 2-3). Fakat hipotezde geçirilen süreçle ilgili herhangi bir zaman atfı bulunmamaktadır ve uzun vadeli bir süreç olduğunu söylemek mümkündür (Dinda, 2004: 434).

Hipoteze göre düşük kalkınma seviyesinde sebep olunan çevresel bozulmanın yoğunluğu, geçimlik ekonomik faaliyetlerin kaynaklar üzerindeki etkileri ve biyolojik olarak parçalanabilen atıkların sınırlı miktarları ile kısıtlıdır. Buna karşılık ekonomik kalkınma hızlandıkça kaynakların tükenme oranları, yenilenme oranlarını aşmaya başlamaktadır ve atık üretimi hem miktar hem de toksisite açısından artış göstermektedir (Panayotou, 1993: 1). Daha yüksek kalkınma seviyesine ulaşıldığında ise bilgi yoğun endüstrilere ve hizmetlere yönelik olarak yapısal bir değişim sürecine girilmektedir. Bu süreçte artan çevre bilinci, çevresel düzenlemelerin uygulanması, daha iyi teknoloji ve yüksek çevresel harcamalar ile birleştiğinde, çevresel bozulmanın dengelenmesi ve kademeli olarak azalması beklenmektedir (Panayotou, 1993: 1).

EKC hipotezi; ölçek-kompozisyon-teknik etki olmak üzere üç faktörden etkilenmektedir. Şekil 2.23.'te gelir seviyesine dayanan ölçek-kompozisyon ve teknik etki faktörleri gösterilmektedir:



Şekil 2.23. Ters U şekilli EKC hipotezinin şeması.

Kaynak. (Sarkodie & Strezov, 2018: 99)

Şekil 2.23.'te gösterilen Grossman ve Krueger tarafından 1991 yılında ortaya koyulan ters U şeklindeki EKC hipotezi şemasında düşük gelir seviyesinde ölçek etkisinin hâkim olduğu ve gelir seviyesinin artmasıyla kompozisyon ve teknik etkiye geçişin söz konusu olduğu görülmektedir. Ölçek etkisinde sanayi öncesi ekonominin, endüstriyel ekonomi döneminde orta gelir seviyesinin, sanayi sonrası ekonomiye doğru ilerleme sürecinde ise yüksek gelir seviyesi ile kompozisyon ve teknolojik etkinin olduğu gözlemlenmektedir.

Ölçek etkisinde, sanayi öncesi ekonomilerde gelir seviyesi düşük iken ekonomik büyümedeki artışın çevreye daha fazla zarar verdiği düşüncesi hakimdir (Grossman & Krueger, 1991: 3). Teknolojik ilerlemeden kaynaklı olarak ekonomik büyüme sürecinin başlangıcında ülkeler daha fazla kaynak ve girdi kullanılmaktadır. Bu sebeple hem daha fazla enerji tüketilmekte hem de üretim sürecinde daha fazla atık ve emisyon açığa çıkarak çevre kalitesini azalmaktadır (Bilgili vd., 2016: 839). Bu sürece bağlı olarak ülkeler ekonomik olarak büyürken enerjiye olan talepleri de artmaktadır. Fakat talep edilen enerji halihazırdaki geleneksel yöntemlerle

üretildiğinde ekonomik çıktıdaki artış ile birlikte zararlı kirleticilerin de üretimi artmaktadır (Grossman & Krueger, 1991: 3). Orta gelirli ülkelerde çevresel bozulmayı artıran ölçek etkisi, zaman etkisinin önünü kesmektedir. Zengin ülkelerde ise büyüme yavaş olup çevresel sorunları engelleme çabası, ölçek etkisinin önüne geçebilmektedir (Stern, 2004: 1420).

Kompozisyon etkisi ise ekonomik büyümenin ikinci evresine, endüstriyel ekonomi dönemine denk gelmektedir. İlk süreçte ekonomik yapı tarımdan kaynak yoğun ağır imalat endüstrisine dönüşürken kirlilikte artış yaşanması beklenmektedir. Sonraki aşamalarda büyüme devam ettikçe yani mevcut yapı hizmetlere ve hafif imalat endüstrisine dönüştükçe kirlilikte azalma gözlemlenecektir. Bu sebeple kompozisyon etkisi, üretim yapısında gözlemlenen değişiklikten kaynaklı olarak çevredeki zararlı etkilerin azaldığı dönemdir (Akbostancı vd., 2009: 862).

Son aşamada enerji yoğunluğu, enerji bileşimi, enerji karışımı ve diğer tekniklerin etkilerine göre ayrıma tabi tutulan teknik etki, verimli bir rejim değişikliğine doğru geçiş sürecini kapsamaktadır (Sarkodie & Strezov, 2018: 99); (Selden vd., 1999: 1). Bu süreçte üretim tekniklerinde (teknik etki) sağlanacak iyileştirme ile üretim birimi başına düşen emisyon miktarının azaltılması beklenmektedir (Ang, 2007: 4773). Bu durum yüksek gelirli endüstriyel ekonomilerde yaşanmaktadır. Ekonomik büyümeyi desteklerken geleneksel teknolojilerden ziyade çevre kalitesini destekleyen modern teknolojiye doğru bir geçiş, teknik etki sürecinde görülmektedir. Bu süreçte çevresel bozulmalar üzerinde endişesi artan yüksek gelirli ülkeler, yüksek yaşam standartları ve zenginliklerinin göstergesi olarak sahip oldukları temiz çevreyi görmektedirler. Ekonomik refah seviyesi arttıkça çevre politikaları sıkılaşmakta ve daha sıkı yönetmelikler uygulanmaktadır. Bu durum çevresel bozulmayı aşamalı olarak azaltmaktadır (Sarkodie & Strezov, 2018: 99).

Ölçek-teknik ve kompozisyon etkisinin geçirdiği evreler değerlendirildiğinde EKC'nin, bir ekonominin zaman içinde farklı süreçler geçirdiği kalkınma yörüngesi olduğunu söylemek mümkündür. Bu yörüngenin emisyon düzeylerine karşılık gelen farklı gelir gruplarındaki ülkeleri temsil ettiği ve ülkelerin bir EKC'yi takip ettiği varsayımı altında, bazı ülkeler EKC'nin başlangıç aşamasındaki yoksul ülkeler,

bazıları zirveye yaklaşan veya düşüş evresine geçen gelişmekte olan ülkeler ve diğerleri de düşüş evresindeki zengin ülkelerdir (Dinda, 2004: 434). Hipoteze göre emisyonlar, gelirin bir fonksiyonudur (Acaravcı & Öztürk, 2010: 5412).

Çevre kalitesinin gelir esnekliği faktörüne göre, gelir seviyesi yükselen toplumlar daha yüksek yaşam standardının oluşturulması sürecinde daha temiz bir çevrenin oluşturulması için yüksek ödemelerin yapılmasına istekli hale gelmektedirler (Al-Mulali & Öztürk, 2016: 1625; Sarkodie & Strezov, 2019: 130). Dolayısıyla ekonomilerin büyümesinin ve teknolojiye yaşanan gelişmelerin çevre kalitesi üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu söylemek mümkündür. Bu sebeple çevresel bozulma düzeyinin ekonomik büyümenin aşamasına göre farklılık gösterdiği hipotezinden yola çıkarak çevresel kalitenin iyileştirilmesi için ekonomik büyümenin desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir (Charfeddine, 2017: 356-357).

2.2.1. EKC Hipotezinin Analiz Edildiği Çalışmalarda Kullanılan Göstergeler

EKC Hipotezi literatürüne göre çevresel tahribatın en büyük sebebi ekonomik faaliyetlerdir. Ekonomik büyüme ise enerji kaynaklarının kullanımı ile sağlanmaktadır. Fakat günümüzde fosil enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha fazla kullanıldığından dolayı enerji tüketimi çevresel tahribatı artırmaktadır. Bu sebeple EKC hipotezinde enerji kullanımı çevresel kaliteyi bozan bir faktör olarak kabul edilmektedir (Mohammed Saud vd., 2019: 2). Diğer taraftan ticaret açıklığı, finansal gelişme ve kentleşme de çevresel kaliteyi bozan sosyo-ekonomik faktörler arasındadır (Charfeddine, 2017: 357-358).

EKC Hipotezini konu alan literatür incelendiğinde, hipotezin geçerliliğinin incelendiği çalışmalarda ekonomik büyümenin, enerji kullanımının ve çevresel faktörlerin farklı unsurlarının ampirik analizlere dahil edildiği görülmektedir. Bu sebeple geçerlilik ile ilgili henüz bir fikir birliğinin oluşmadığını söylemek mümkündür. Bu çalışmalarda çevresel bozulmanın göstergesi olarak ise CO2 emisyonu veya ekolojik ayak izi kullanılmaktadır.

2.2.1.1. Ekolojik ayak izi

Ekolojik ayak izi; ekonominin ya da toplumun atık asimilasyonu ve kaynak tüketimi ihtiyaçlarını üretken arazi alanı cinsinden tahmini sağlayan bir araçtır (Wackernagel & Rees). Bu gösterge, bir ülke tarafından tüketilen kaynakların üretimi için ihtiyaç duyulan toplam biyolojik kapasite ve insan faaliyetlerinin sebep olduğu kirlilik emilimini kapsamı açısından çevresel tahribatın temel ölçüsü kabul edilmektedir (Aydın & Turan, 2020: 43236).

Ekolojik ayak izi, “bir toplumun hava, toprak ve su açısından çevre üzerindeki etkisini ortaya koyan” bir göstergedir ve gelire göre ülkelerin ekolojik ayak izi değişmektedir (Al-mulali, vd., 2015: 316). Bu gösterge ile bir nüfus tarafından tüketilen kaynakların tamamını üretmek ve açığa çıkan atıkları da absorbe edebilmek için gereksinim duyulan biyolojik açıdan verimli arazi ve su alanlarının miktarı analiz edilebilmektedir (Wackernagel vd., 2004: 271; Tillaguango vd., 2021: 59772).

Ekolojik ayak izinin çevresel tahribatı gösteren temel ölçü olarak kabul edilmesi, bu göstergenin ekonomik büyüme için gereksinim duyulan doğal alanları da hesaba katan çevresel kalite ölçüsü olmasından kaynaklanmaktadır (Alola vd., 2019: 704). Çevrenin ne kadarının insanlar tarafından kullanıldığını ifade eden ekolojik ayak izi, bireylerin üretim ve tüketim faaliyetlerinde biyolojik kapasitenin ne kadarını talep ettiklerini göstermektedir (Wackernagel, 2002; Kitzes & Wackernagel, 2009). İçinde bulunduğumuz dönemde de ekolojik varlıklara olan talep, biyolojik kapasiteyi aşmıştır ve hatta kaynakların kullanımı yenilenme süresinden çok daha yüksektir (Ahmed vd., 2020: 1). Bu sebeple ekolojik ayak izi ile biyolojik kapasite arasındaki fark açılarak iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilikte azalma gibi sorunlarla karşı karşıya kalınmaktadır (Rashid vd., 2018: 362-363).

Çevre ve ekonomi arasındaki sistematik ilişkinin incelendiği Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi’nde kalkınmanın ilk aşamalarında biyolojik kapasitenin azaldığı ve ekolojik ayak izinin arttığı ileri sürülmektedir (Sarkodie & Strezov, 2019: 130). Ekolojik ayak izi, üretim ve hizmet döneminde insan faaliyetlerinin dolaylı ve doğrudan sebep olduğu sera gazı emisyonlarını ve ticareti yapılan mal ve hizmetlerden

kaynaklanan CO₂ emisyonlarını da kapsayan bir göstergedir (Charfeddine, 2017: 360). Çevreye olan antropojenik baskının kapsamlı bir ölçüsü olarak nitelendirilen bu gösterge, sürdürülebilirlik durumunu değerlendirebilmek için dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Solarin vd., 2019: 2).

2.2.1.2. CO₂ Emisyonları

İklim değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü ve bunu izleyen iklim değişikliği müzakerelerinden de anlaşılabilceği gibi küresel ısınma sorunu ile ilişkili olarak CO₂ emisyonlarının sebep olduğu çevresel sorunlar hakkında dünya genelinde artan bir endişe söz konusudur (Apergis & Payne, 2017: 365). Ekosistem üzerinde oluşturduğu baskı ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle CO₂ emisyonları önemli bir politika aracı olarak kabul edilmektedir (Shabani vd., 2021: 2).

Günümüzde dünya genelinde CO₂ emisyonlarından kaynaklanan küresel ısınma tedirgin edici bir sorun halini aldığından dolayı pek çok ülke emisyonları azaltmanın yollarını aramaktadır. CO₂ emisyonlarındaki artışı, enerji tüketimindeki ve ekonomik büyümedeki artışı tetiklemektedir (Wang vd., 2011: 4875). Ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları arasındaki bu ilişki literatürde EKC hipotezi ile açıklanmaktadır (Salahuddin & Gow, 2014: 45). Buna ek olarak, ekonomiler büyürken fosil enerji kaynaklarına olan talep sürekli olarak artmakta ve bu da çevresel hasarlara neden olmaktadır. Çevresel sorunların en büyük sebebi ise yenilenemeyen enerji kaynaklarının yoğun kullanımına bağlı olarak CO₂ emisyonunun da artmasından kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda başta küresel ısınma olmak üzere çevresel sorunların önüne geçilebilmesi ve çevre kalitesinin artırılabilmesi için yenilenebilir enerji tüketiminin artırılması ve emisyonları azaltması gereken toplumların çevreyi korumaya teşvik edilmesi gerekmektedir (Bilgili vd., 2016: 843; Yan vd., 2024: 1). Yenilenebilir ve diğer alternatif enerji kaynaklarının kullanımının artması, enerji verimliliğinin yükseltilmesi, enerjide tasarrufunun sağlanması ve finansal açıdan iyileşmelerin sağlanması ile gelir kalitesinde iyileşmenin sağlanması ve CO₂ emisyonlarının azaltılması muhtemeldir (Al-mulali, vd., 2015: 919).

Sonuç olarak geliri artan ülke halkının daha kaliteli çevreye olan talebinin artması beklendiğinden dolayı, hükümet enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjinin rolünü artıracak teknolojilere erişimi destekleyecektir. Böylelikle ülkelerin gelir ile çevreye verdikleri zarar arasında ters U şeklindeki ilişki ortaya çıkacak ve EKC hipotezinin varlığı ortaya koyulacaktır (Al-Mulali vd., 2015: 123-126).

2.2.1.3. EKC Hipotezinin Literatürdeki Yeri

EKC hipotezinin doğrulanmasına yönelik çalışmalar farklı pek çok alanda farklı yöntemler ile analiz edilmektedir. Elde edilen sonuçların bazılarında EKC hipotezinin varlığı doğrulanırken bazılarında reddedilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde EKC hipotezinin geçerliliğinin CO₂ emisyonları ve ekolojik ayak izi göstergeleriyle analiz edildiği çalışmalar incelenmiştir.

Literatürde CO₂ emisyonlarının yalnızca gelir düzeyine bağlı olmadığı; enerji tüketimi, ticaret açıklığı ve finansal gelişme gibi faktörlerin de CO₂ emisyonlarını etkileyebileceği düşünülmektedir (Öztürk & Acaravcı, 2013: 262). Bu sebeple analizlere söz konusu faktörlerin de dahil edildiği çalışmalara rastlanmaktadır. Jalil ve Feridun (2011) finansal gelişme, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi Çin özelinde incelemiş ve 1953-2006 döneminde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Gültekin (2023), 1980-2020 yılları arasında finansal gelişme, ekonomik büyüme ve inovasyon ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi Türkiye özelinde ele almış ve değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bunun yanında ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin emisyonları artırdığını, inovasyonun ise emisyonları azalttığını vurgulamıştır. Pata vd. (2024), 1974-2019 yılları arasında önde gelen AB ülkelerinde EKC hipotezinin geçerliliğini CO₂ emisyonları, GSYİH, insan sermayesi ve çevre teknoloji patentleri çerçevesinde incelemiştir. Sonuç olarak hipotezin geçerli olduğu tespit edilmiştir. Wang vd. (2011), Çin'de ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonları arasında bir dönüm noktasına kadar ters U şeklindeki bir eğrinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Jain vd. (2023), ekonomik büyüme ile enerjiden kaynaklanan emisyonları seçili Asya ülkeleri özelinde incelediklerinde EKC hipotezinin geçerli olmadığını belirtmiştir. Katırcıoğlu ve Taşpınar (2017), Türkiye'de finansal gelişme

ile EKC arasında uzun vadeli bir denge ilişkisi olduğu sonucuna ulaşırken, finansal gelişmenin CO₂ emisyonlarını kısa vadede negatif, uzun vadede ise pozitif yönde etkilediğini tespit etmiştir. Ayrıca Türkiye’de finansal sektör gelişiminin karbon emisyonları ve enerji tüketimi üzerinde büyük bir etkisi olmadığını belirtmiştir. Akbostancı vd. (2009), Türkiye özelinde CO₂ emisyonları ile gelir arasındaki ilişkiyi incelemiş, çevresel bozulma ile gelir arasındaki ilişkinin ters U şeklinde değil N şeklinde olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Javid ve Sharif (2016) tarafından, 1972-2013 döneminde Pakistan’da kişi başına düşen CO₂ emisyonları üzerinde kişi başına düşen reel gelirin, kişi başına düşen reel gelirin karesinin, finansal gelişmenin, kişi başına düşen enerji tüketiminin ve açıklığın etkisi incelenmiş ve EKC hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir. Bekun vd (2021), AB’de 1990-2017 yılları arasında enerji yoğunluğu, gelir ve karbon emisyonları arasındaki ilişki incelenmiş ve EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Lin vd., (2016), Afrika’da ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi EKC kapsamında incelemiştir. Sonuç olarak, hipotezin geçerli olmadığını, enerji yoğunluğu ve yapısının emisyonların itici gücü olduğunu tespit edilmiştir. Bunun yanında nüfus artışı ile kentleşmenin CO₂ emisyonları ile negatif yönde ilişkili olduğu vurgulanmıştır.

Shabani vd., (2021), 2003-2017 döneminde İran’ın 28 ili özelinde tarım sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonlarının etkisini incelemek amacıyla EKC hipotezinin geçerliliğini analiz etmiştir. Analiz sonuçları, ekonomik büyüme ile emisyonlar arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını göstermiştir. Bekun vd., (2019), 16 AB ülkesi için ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Analiz sonuçları ilişkinin ters U şeklinde değil N şeklinde olduğunu göstermiştir. (Zhang & Zhao, 2024), 2001-2017 yılları arasındaki dönemde Çin’de yeşil finans, çevre kirliliği ve ekonomik kalkınma arasındaki ilişkiyi incelediğinde EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Apergis ve Öztürk (2015), CO₂ emisyonları, nüfus yoğunluğu, kişi başına düşen GSYİH ve GSYİH içindeki sanayi payları ve kurumların kalitesini ölçen dört gösterge ile Asya ülkelerinde gelir ve politikaların gelir ve çevre ilişkisini ele almıştır. Buna göre, 1990-2011 yılları

arasındaki dönemde EKC hipotezinin Asya ülkelerinde geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Heidari vd., (2015), Endonezya, Malezya, Filipinler, Tayland ve Singapur'dan oluşan 5 ASEAN ülkesinde ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ ilişkisini EKC kapsamında ele almış ve EKC hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca çevresel tahribatın ekonomik büyüme ile arttığını ve enerji tüketiminin de CO₂ emisyonlarını arttırdığını vurgulamıştır. Özokcu ve Özdemir (2017), 26 OECD ülkesinde 1980-2010 döneminde kişi başına düşen gelir, CO₂ emisyonları ve kişi başına düşen enerji kullanımı arasındaki ilişkiyi EKC kapsamında değerlendirmiş ve hipotezin geçerli olmadığını sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca çevresel sorunların yalnızca ekonomik büyüme ile çözülemeyeceğini iddia etmiştir. Baležentis vd. (2019) tarafından AB'de gelir, CO₂ emisyonları ve yenilenebilir enerji kaynakları ile EKC hipotezinin geçerli olduğu ve hipotezin kısmen geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Öztürk ve Acaravcı (2010), Türkiye'de 1968-2005 döneminde ekonomik büyüme, enerji tüketimi, istihdam oranı ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve EKC hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmiştir. Bunun yanında emisyonların ve enerji tüketiminin GSYİH'ye neden olmadığı fakat istihdam oranının GSYİH'ye neden olduğunu tespit etmiştir. Mohammed vd. (2024), AB'de 1990-2019 yılları arasında enerji tüketiminin, nüfusun, ekonomi ve politikaların çevre ile olan ilişkisini değerlendirmiş ve hipotezin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Sapkota ve Bastola (2017), 1980-2010 döneminde 14 Latin Amerika ülkesinde enerji tüketiminin, beşerî ve fiziksel sermayenin, nüfus yoğunluğunun, işsizlik oranının, gelirin ve doğrudan yabancı yatırımların CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini analiz etmiş ve hipotezin geçerli olduğunu saptamıştır. Bölük ve Mert (2015), 1961-2010 yılları arasında Türkiye'de CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerjinin kullanılmasıyla elde edilen elektrik ve GSYİH arasındaki ilişkiyi EKC hipotezi çerçevesinde incelediklerinde hipotezin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Doğan ve Öztürk (2014), 1980-2014 döneminde ABD'de GSYİH, yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenemeyen enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini EKC özelinde incelemiş ve hipotezin geçerli olmadığını tespit etmiştir. Jahanger vd., (2023) 1990-2017 döneminde en çok termonükleer enerji üretimi yapan 9 ülke kapsamında CO₂ emisyonları ile kişi başına

düşen GSYİH, nükleer enerji kullanımı ve teknolojik yenilik endeksi arasındaki ilişkiyi ele almış ve EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bunun yanında teknolojik inovasyon ile nükleer enerjinin emisyonları azalttığını vurgulamıştır. Li ve Haneklaus (2021), tarafından 1990-2020 döneminde Çin’de CO₂ emisyonları ile yenilenebilir enerji, fosil yakıt tüketimi, ekonomik büyüme ve kentleşme arasındaki ilişki irdelenmiş ve EKC hipotezinin geçerli olduğunu ortaya konulmuştur. Bilgili vd., (2016), 1977-2010 döneminde OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesine etkisini incelediğinde EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Voumik vd., (2022) tarafından, enerji yoğunluğu, Ar-Ge, GSYİH, enerji kullanımı ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki araştırılmış ve EKC hipotezinin geçerli olmadığı tespit edilmiştir. Balsalobre-Lorente vd. (2021) tarafından 1990-2015 döneminde 5 AB ülkesinde uluslararası turizmin, teknolojik yeniliğin, yenilenebilir enerji tanıtımının ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonları ile ilişkisi araştırılmış, EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Adedoyin vd. (2021), AB özelinde 1995-2018 yılları arasında turizm, kişi başına düşen gelir, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi test etmiş ve EKC hipotezinin geçerli olduğunu sonucuna varılmıştır.

Zafar vd., (2013), 1980-2011 yılları arasında Pakistan’da hava ve su kirliliği göstergeleri ile yolsuzluk ve ticari serbestliğin çevresel tahribat üzerindeki etkilerini analiz etmiş ve EKC hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Roca vd., (2001) tarafında, gelir düzeyi ile emisyonlar arasındaki ilişkiyi farklı kirleticiler ile EKC kapsamında analiz edilmiş ve SO₂ dışında EKC hipotezinin geçerliliğini destekleyen bir bulguya ulaşılmamıştır. Hove ve Tursoy (2019), 2000-2017 yılları arasında gelişmekte olan 24 ülke özelinde EKC hipotezinin geçerliliğini farklı kirleticiler özelinde incelemiş, CO₂ emisyonu için EKC hipotezinin geçerli olmadığını, azot oksit emisyonları için EKC hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir.

Hanif (2017), Latin Amerika ve Karayipler’in gelişmekte olan ekonomilerinde elektrik enerjisi tüketimi, petrol ithalatı, kentleşme ve fosil yakıt tüketiminin çevresel tahribat üzerindeki etkisi EKC kapsamında incelemiş, CO₂ emisyonları ile kişi başına

düşen büyüme arasında hipotezin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca petrol ithalatı, kentleşme ve fosil yakıt tüketiminin çevresel bozulmayı artıracığını belirtmiştir.

Al-Mulali vd., (2015), 1981-2011 yılları arasında Vietnam'da EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığını vurgularken ithalatın kirliliği artırdığını fakat ihracatın kirlilik üzerinde etkisinin olmadığını belirtmiştir. Bunun yanında fosil enerji kaynaklarının tüketilmesinin kirliliği artırırken yenilenebilir enerji tüketiminin kirlilik üzerinde önemli bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Literatürde EKC hipotezinin ekolojik ayak izi ile geçerliliği de CO₂ emisyonlarında olduğu gibi farklı göstergeler aracılığıyla analiz edilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır: Aydın ve Turan (2020) tarafından, 1996-2016 döneminde BRICS ülkelerinde ekonomik büyüme, finansal açıklık, ticaret açıklığı ve enerji yoğunluğunun ekolojik ayak izi üzerindeki etkileri EKC Hipotezi kapsamında incenmiş ve hipotezin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Kekül (2024), 1980-2021 döneminde Türkiye'de kentleşme, ekonomik büyüme, dış ticaret açığı ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelediğinde, göstergeler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu ve EKC hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Destek ve Sarkodie (2019) tarafından, 11 sanayileşmiş ülkede ekolojik ayak izi ile ekonomik büyüme, enerji tüketimi, finansal gelişme arasındaki ilişkiyi test etmiş ve EKC hipotezinin geçerli olduğu bulunmuştur. Ayrıca ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında ters U şeklinde bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Charfeddine (2017), Katar'da ekonomik büyümenin, enerji tüketiminin, ticaret açıklığının, finansal gelişmenin ve kentleşmenin CO₂ emisyonları, ekolojik karbon ayak izi ve ekolojik ayak izine olan etkisini EKC hipotezi çerçevesinde analiz etmiştir. Sonuçlar EKC hipotezinin geçerli olduğunu göstermiştir. Bunun yanında ticaret açıklığı ve kentleşmenin ekolojik ayak izini olumsuz etkilediği, elektrik tüketimi ve finansal gelişme ile ekolojik ayak izinin pozitif, ekolojik karbon ayak izi ve CO₂ emisyonları ile negatif ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Alola vd., (2019), 1997-2014 yılları arasında 16 AB ülkesinde GSYİH, ticaret açıklığı, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ve doğurganlık oranı ile ekolojik ayak izi arasındaki

ilişkiyi EKC kapsamında incelemiş ve EKC hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kaliteyi iyileştirdiği vurgulanmıştır.

Öztürk vd. (2024) tarafından, Güney Asya ülkelerinde ekonomik performans, enerji kullanımı, finansal gelişme, doğrudan yabancı yatırım ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişki EKC ve Kirlilik Cenneti Hipotezi özelinde incelenmiş ve hipotezlerin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca finansal gelişmenin çevresel kaliteyi artırırken enerji kullanımının çevresel kaliteyi bozduğu sonucuna varılmıştır.

Shokoohi vd. (2022) 1971-2015 yılları arasında İran, Irak ve Türkiye’de ekonomik büyüme ve enerji yoğunluğunun çevre kalitesi üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla EKC Hipotezi’nin geçerliliğini ekolojik ayak izi ve CO₂ göstergelerini karşılaştırarak analiz etmiş ve her iki gösterge ile de Türkiye’de kişi başına düşen gelir ile çevresel bozulma arasında ters U şeklinde bir bağlantının olduğu sonucuna ulaşmıştır. Doğan vd. (2020) tarafından, 1980-2014 yılları arasında Rusya hariç BRICS-T ülkelerinde ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi EKC kapsamında analiz edilmiş ve hipotezin geçerli olmadığı tespit edilmiştir. Bunun yanında ekolojik ayak izini etkileyen faktörlerin enerji yoğunluğu ve enerji yapısı olduğu da ulaşılan sonuçları arasındadır. Mohamed vd (2024), 1985-2020 yılları arasında Malezya’da yenilenebilir elektrik üretiminin, elektrik yoğunluğunun, GSYİH’nin çevre kalitesi üzerindeki etkisini CO₂ emisyonları ve ekolojik ayak izi göstergelerini incelemiş ve EKC hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Bunun yanında ekolojik ayak izinin çevresel bozulma ile yakından ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Zhou vd., (2023), 1990-2021 yılları arasında Çin’de enerji verimliliği, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji kapsamında EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Luo ve Sun (2024), 1990-2021 yılları arasında G20 ülkelerinde enerji verimliliğinin ekolojik ayak izi üzerine etkisini incelemiş ve enerji verimliliğinin ekolojik ayak izini azalttığını ve EKC hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir.

Raghutla vd. (2022), 1990-2018 döneminde N11 ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izine olan etkisini incelediklerinde N şeklinde EKC hipotezinin geçerli olduğu, yenilenebilir enerji tüketiminin kişi başına düşen geliri artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Hakkak vd. (2023) tarafından, 1992-2018 döneminde Rusya özelinde yenilenebilir enerji ve nükleer enerji tüketiminin ekolojik ayak izine olan etkisini EKC ve LLC (yük kapasitesi eğrisi) hipotezi kapsamında analiz edilmiş ve her iki hipotezin de geçerli olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında yenilenebilir enerji ve nükleer enerji tüketiminin çevre kalitesini artırdığı sonucuna varılmıştır.

Farouki ve Aissaoui (2024), 1980-2021 döneminde Fas'ta kişi başına düşen gelir, kentleşme, ticaret açıklığı, yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak iziyle olan ilişkisini sorgulamış ve hipotezin geçerli olduğu ve değişkenler arasında uzun vadeli bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Villanthenkodath (2024), 1980-2022 döneminde Hindistan'da ekonomik büyüme, çevresel tahribat ve teknoloji arasındaki ilişkiyi EKC hipotezi kapsamında incelediğinde uzun vadede hipotezin geçerli olduğu ve teknolojik yeniliğin uzun vadede olumlu etkisinin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Adedoyin vd. (2020) tarafından, 1997-2014 yılları arasında 16 AB ülkesi özelinde Ar-Ge'nin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisine ek olarak enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelenmiştir. Sonuçlar, EKC hipotezinin geçerli olduğunu ve Ar-Ge'nin sürdürülebilirlik üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Qayyum vd., (2024) 1990-2021 yılları arasında MERCOSUR ülkelerinde ekonomik büyüme, kurumsal kalite, bilgi ve iletişim teknolojisi, enerji tüketimi ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki EKC kapsamında incelemiş ve hipotezin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca kurumsal kalite/bilgi ve iletişim teknolojisinin ekolojik ayak izini azalttığını iddia etmiştir. Ulucak ve Bilgili (2018) tarafından, ülkeleri ekonomik gelişmişlik seviyesine göre sınıflandırarak ekolojik ayak izinin varlığı irdelenmiş, ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında ters U şeklinde bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Ahmed ve Wang (2019) tarafından, 1971-2014 yılları arasında Hindistan'da beşerî sermayenin ekolojik ayak izine olan etkisi analiz edilmiştir. Ampirik sonuçlar,

beşerî sermayenin ekolojik ayak izine neden olduğunu, enerji tüketiminin ekolojik ayak izini artırdığını göstermiştir. Diğer taraftan ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Charfeddine ve Mrabet (2017) tarafından, petrol ihraç eden ve etmeyen 15 Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkesi için sosyo-politik faktörlerin ekolojik ayak izine olan etkisi EKC kapsamında ele alınmıştır. Sonuçlar, hipotezin geçerli olduğunu göstermiştir. Bunun yanında enerji kullanımının ekolojik ayak izini artırdığı, kentleşme/doğurganlık vb. sosyo-demografik değişkenlerin ise çevresel kaliteyi artırdığı da ulaşılan sonuçlar arasındadır.

Mrabet ve Alsamara (2017), 1980-2011 yılları arasında Katar'da EKC hipotezinin geçerliliğini incelemek amacıyla ekolojik ayak izi ve CO₂ emisyonları ile reel GSYİH, reel GSYİH'nin karesi, enerji tüketimi, finansal gelişme ve ticaret açıklığı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sonuçlar CO₂ emisyonu için EKC hipotezinin geçerli olmadığını, ekolojik ayak izi için ise EKC hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymuştur.

Bu bağlamda görülmektedir ki; büyüme, enerji ve çevre üçgeninde yaşanan çelişki, birçok araştırmacının makroekonomik göstergeler ile enerji tüketimi ve kirlilik arasındaki ilişkiyi incelemesine sebep olmuştur. Fakat literatürde makroekonomik göstergeler arasında fosil yakıt tüketiminin, yenilenebilir enerji tüketiminin, enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının, gelirin, nüfusun, enerji ithalatına bağımlılık oranının bir arada kullanılarak bu göstergelerin ekolojik ayak izine olan etkisinin analizi ve bu göstergeler ile EKC hipotezinin geçerliliğinin analizi ile ilgili olarak literatürde boşluk olduğu düşünülmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AB ÜYE ÜLKELERİ VE TÜRKİYE İÇİN EKC HİPOTEZİ'NİN GEÇERLİLİĞİNE DAİR BİR PANEL VERİ UYGULAMASI

Bu çalışma nitel bir araştırma olup araştırmanın kapsamında değerlendirilmesi planlanan ikincil veriler ekonometrik yöntem aracılığıyla analiz edilecektir. Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın amacı ve önemine, yöntemi ve veri setine, çalışmanın teorik olarak açıklamasına yer verilecektir. Ardından araştırma sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilecek ve bu bulguların literatürdeki yeri tartışılacaktır.

3.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın ilk aşamasında 2001-2022 döneminde seçili AB üye ülkeleri ve AB'ye aday ve gelişmekte olan ekonomiye sahip bir ülke olan Türkiye'ye ait veriler kullanılarak seçili makro ekonomik göstergelerin ekolojik ayak izi üzerine etkilerinin analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın ikinci amacı ise uygulanan analiz sonucundan elde edilen çıktılarla bu ülkelerde EKC Hipotezi'nin geçerliliğinin incelenmesidir.

EKC Hipotezi'nin geçerliliğinin incelendiği çalışmalar değerlendirildiğinde literatürde bazı boşlukların olduğu düşünülmektedir. Öncelikle hipotezin geçerliliğinin incelendiği çalışmalar, kullanılan göstergeler özelinde değerlendirildiğinde enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonları, nüfus, kişi başına düşen GSYİH, enerji ithalatına bağımlılık oranı, fosil yakıt tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi verilerinin bir arada kullanıldığı çalışmalara rastlanmamıştır. Bu çalışmanın EKC Hipotezi literatürüne bir arada kullanılan göstergeler açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Diğer taraftan seçili makro ekonomik göstergelerin ekolojik ayak izine olan etkisi farklı dönem aralıklarında farklı ülkeler ve farklı veri seti özelinde incelense de bu çalışmada belirlenen dönem aralığında oluşturulan veri setinin kullanıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmada enerjinin çevreyle olan ilişkisini değerlendirme kapsamında oluşturulan veri setinde fosil yakıt tüketiminin ve enerji ithalatına bağımlılık oranının ekolojik ayak izini artırması beklenirken yenilenebilir enerji

tüketiminin ekolojik ayak izini azaltması beklendiğinden dolayı bu göstergenin hem öneminin hem de tüketiminin arttığı döneme dikkat edilerek 2001-2022 yıllarını kapsayacak şekilde veri seti oluşturulmuştur. Bunun yanında enerji ithalatına bağımlılık oranı değişkeninin ekolojik ayak izine etkisinin incelendiği çalışmaya da rastlanılmamıştır. Bu sebeple bu çalışmanın kullanılan farklı göstergeler açısından da literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3.2. Araştırmanın Yöntemi ve Veri Seti

Ekonometrik analizlerde panel veri, zaman serisi verisi ve yatay kesit veri olmak üzere üç çeşit veri kullanılmaktadır. 1950'li yıllar itibariyle gündeme gelip 1990'lı yıllardan sonra literatürde sıkça kullanılan panel veri modelleri, birim ve zaman boyutunun büyüklüğüne ve modelin ortaya atılan varsayımları sağlayıp sağlamama durumuna göre farklı yöntemlerle analiz edilebilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2020:1). Bu veriler zaman serileri ve yatay kesit gözlemlerinin birleştirilmesiyle oluşturulan zenginleştirilmiş veriler, karma veriler ya da havuzlanmış veriler gibi farklı şekillerde isimlendirilebilmektedirler. Bunlar arasında küçük farklılıklar olsa da esas olarak isimlerin tamamı yatay kesit birimlerinin dönem içindeki hareketini tanımlamaktadır (Tarı, 2018: 475).

Panel veri analizinde zaman ve kesit boyutuna göre değerlendirme yapıldığında kesit boyutu zaman boyutundan büyük ($N>T$) olduğu durumlarda mikro (kısa) panel, zaman boyutu kesit boyutundan büyük ($T>N$) olduğu durumlarda ise makro (uzun) panel olarak tanımlama yapılmaktadır. Bunun yanında her bir kesitin tüm zaman birimlerinde gözlemlenmesi durumu dengeli panel, kesitlerin bazı zaman birimlerinde olmaması durumu ise dengesiz panel olarak tanımlanmaktadır (Mere, 2021: 104).

Panel veri analizinin sağladığı avantajlar şöyle özetlenebilmektedir (Tarı, 2018: 475-476):

- ✓ Panel veri analizi birimlerin yani ülke, birey veya firmaların farklılıklarını dikkate alarak bu farklılıkların kontrol edilmesine ve ölçülmesine olanak sağlamaktadır.

- ✓ Yalnızca zaman serisi ya da yatay kesit verileri ile gözlenemeyen etkilerin belirlenmesi ve ölçülmesi daha kolaydır.
- ✓ Panel veri, yatay kesit gözlemleri ile zaman serilerini birleştirdiğinden dolayı değişkenler arasında doğrusal bağlantının daha az olmasını, serbestlik derecesinin daha fazla olmasını, daha aydınlatıcı bilgilerin elde edilmesini ve etkinliğin artmasını sağlamaktadır.
- ✓ Panel veri, tekrar eden yatay kesit gözlemlerini incelediğinden dolayı değişmeyen dinamiklerin analizi için daha avantajlıdır.
- ✓ Zaman serisi ya da yatay kesit verisi modellerine bağlı olarak karmaşık davranış modelleri ile çalışma imkânı sunması açısından daha üstündür.

Zaman serisi verisi; değişkenlere yönelik değerler gün, ay ve yıl gibi zaman boyutlarındaki değişimi ifade ederken yatay kesit verisi; zamanın belli noktalarında farklı birimlerden toplanan verileri ifade etmektedir. Birimlere ait yatay gözlemlerin belli bir dönem için bir araya getirilmesi ile ise panel veri oluşturulmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2021: 1-2). Panel zaman serisi analizinde ise hem panel veri hem de zaman serisine analizlerine ait test ve tahmin yöntemleri kullanılmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 1).

Bu çalışmada belirlenen amaçlar doğrultusunda oluşturulan veri setine panel zaman serisi analizinin uygulanması gerektiğine karar verilmiştir. Panel zaman serisi analizi; panel verilerin durağanlığı, eşbütünleşme analizleri, nedensellik analizleri, vektör otoregresif ve hata düzeltme vb. konuları kapsamaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 3). Bu sebeple ilk olarak, oluşturulan veri setine uygulanacak analizde izlenmesi gereken adımlara karar verebilmek amacıyla değişkenlere birimler arası korelasyon (yatay kesit bağımlılık) testleri uygulanmıştır. Ardından serilerin durağanlığının tespit edilebilmesi için panel birim kök testleri kullanılmıştır. Panel birim kök testleri birimler arası korelasyonun varlığına göre iki ayrıma tabi tutulmakta olup birimler arası korelasyonun olmaması durumunda birinci kuşak panel birim kök testleri uygulanırken birimler arası korelasyonun olması durumunda ikinci kuşak panel birim kök testleri kullanılmaktadır. Bu ayrıma göre çalışmada ikinci kuşak panel birim kök testlerinin kullanılması gerektiğine karar verilmiştir. Ardından eş bütünleşme

testlerinin hangisinin kullanılacağına karar verebilmek için model bazında birimler arası korelasyon testleri homojenlik testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ikinci kuşak eşbütünleşme testlerinin uygulanması gerektiğine karar verilmiştir. Çalışmanın son aşamasında elde edilen çıktılar ile panel eşbütünleşme modelinin tahmini için ikinci kuşak heterojen tahminci olan Ortalama Grup Dinamik En Küçük Kareler (DOLSMG) Tahmincisi ile analiz tamamlanmıştır. Çalışmanın analizi için STATA 18 paket programı kullanılmıştır.

Çalışmada belirlenen amaçlara yönelik olarak kullanılacak bağımlı değişkenin ekolojik ayak izi olmasına, bağımsız değişkenlerin ise kişi başına düşen GSYİH, enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonları, nüfus, enerji ithalatına bağımlılık oranı, fosil enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi olmasına karar verilmiştir. EKC Hipotezi'nin geçerliliğinin incelendiği çalışmalarda bağımlı değişken olarak CO₂ emisyonu ya da ekolojik ayak izi kullanılmaktadır. Fakat CO₂ emisyonu büyük kapsamdaki enerji tüketiminin sebep olduğu çevresel tahribatın yalnızca küçük bir kısmını temsil ederken ekolojik ayak izi, çevre üzerindeki antropojenik baskının büyük bir kısmını temsil etmektedir (Uddin vd., 2017: 166). Bu sebeple çalışmada ekolojik ayak izi, CO₂ emisyonuna göre daha kapsamlı bir gösterge olduğundan dolayı bağımlı değişken olarak seçilmiştir.

Modelde ele alınan değişkenler Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network), Dünya Bankası (World Bank Open Data), Eurostat, Enerji Enstitüsü (Energy Institute) veri tabanlarından elde edilmiştir. 2001-2022 yıllarını kapsayan çalışmada Almanya, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çekya, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, Yunanistan olmak üzere 24 AB üye ülkesi ve Türkiye'ye ait veriler analize dahil edilmiştir. Danimarka, enerji ithalatına bağımlılık oranı değişkeninde negatif değerlere sahip olduğundan dolayı analize dahil edilmemiş olup diğer ülkeler (Kıbrıs ve Malta) ise veri eksikliğinden dolayı analizin dışında tutulmuştur.

Ekolojik ayak izini etkilediği tahmin edilen değişkenlerin ilgili bağımlı değişken ile ilişkilerine yönelik açıklamalar Tablo 3.1.'de gösterilmektedir:

Tablo 3.1. Ekolojik ayak izini etkileyen değişkenler ve bu değişkenlerin ekolojik ayak izi ile beklenen ilişkisi

Değişkenler	Değişkenin Birimi	Değişkenin Kodu	Etki Yönü	Bağımlı Değişken ile Beklenen İlişki	Kaynak
Bağımlı Değişken					
Ekolojik ayak izi	Küresel hektar	eko			Küresel Ayak İzi Ağı
Bağımsız Değişkenler					
Enerjiden kaynaklanan CO ₂ emisyonları	Milyon ton CO ₂	co2en	+	Ekolojik ayak izini yükseltmesi.	Enerji Enstitüsü
Nüfus	Milyon	pop	+	Ekolojik ayak izini yükseltmesi.	Dünya Bankası
Kişi başına düşen GSYİH	Güncel ABD doları	y	+/-	Ekonomik büyümenin ilk aşamalarında ekolojik ayak izini yükseltmesi, büyümenin ilerleyen aşamalarında ekolojik ayak izini düşürmesi beklenmektedir.	Dünya Bankası
Enerji ithalatına bağımlılık oranı	%	enimpadd	+	Ekolojik ayak izini yükseltmesi.	Eurostat
Fosil enerji tüketimi	exajoule	foscon	+	Ekolojik ayak izini yükseltmesi.	Enerji Enstitüsü
Yenilenebilir enerji tüketimi	exajoule	rencon	-	Ekolojik ayak izini düşürmesi.	Enerji Enstitüsü

Tablo 3.1.'de analizde kullanılması planlanan bağımlı değişken ve bağımsız değişkenlerin tanımları, kodları, bağımlı değişkene olan etkilerinin yönü ve bağımlı değişken ile beklenen ilişkileri yer almaktadır. Bu kapsamda bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında beklenen ilişkiler şöyledir:

Kişi başına düşen GSYİH'de gözlemlenen artış, ekonomik açıdan ilerlemenin kaydedildiğini ifade eden bir durumdur. Bu kapsamda kişi başına düşen GSYİH'nin yükseliş sürecinde ekolojik ayak izinin de artması beklenmektedir. EKC Hipotezi'ne göre ise kişi başına düşen GSYİH'nin dönüm noktasına ulaşmasının ardından ekolojik ayak izini azaltması beklenmektedir.

Enerji tüketiminin artmasının, çevresel kaygılara ortam hazırlayan enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarında artış yaşanmasına sebep olması beklenmektedir. Dolayısıyla enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonları ile ekolojik ayak izi arasında pozitif bir ilişkinin olması beklenmektedir.

Diğer taraftan dünya genelinde nüfus arttıkça toplumsal taleplerde de artış yaşanması beklenmektedir. Dolayısıyla artan nüfusun çevre üzerinde baskı oluşturması muhtemeldir. Bu hipotezden yola çıkarak nüfus arttıkça ekolojik ayak izinin de artması ve aralarında pozitif bir ilişkinin ortaya çıkması beklenmektedir.

Enerji ihtiyacı yüksek olan ve bu ihtiyacı karşılama konusunda yeterli kaynağa sahip olmayan ülkelerde enerji ithalatına bağımlılık oranının yüksek olması beklenmektedir. Bu kapsamda bu ülkelerde enerji tüketiminin artmasıyla enerji ithalatına olan bağımlılıkları arttıkça ekolojik ayak izinin de artacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla enerji ithalatına bağımlılık oranının ekolojik ayak izi ile pozitif yönlü bir ilişkide olacağı düşünülmektedir.

Toplumların büyüme sürecinde ihtiyaç duydukları enerji fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Fakat bu kaynakların tüketiminin ekolojik ayak izi üzerinde farklı etkilere sahip olması beklenmektedir. Şöyle ki; fosil enerji tüketiminin artmasıyla ekolojik ayak izinin artması beklenirken yenilenebilir enerji tüketiminin artmasıyla ekolojik ayak izinin düşmesi beklenmektedir. Dolayısıyla fosil enerji kaynaklarının tüketimi ile ekolojik ayak izi arasında pozitif bir ilişki beklenirken yenilenebilir enerji tüketimi ile ekolojik ayak izi arasında negatif bir ilişkinin olması beklenmektedir.

3.3. Çalışmanın Analizine Yönelik Teorik Açıklamalar

Bu çalışmada yatay kesit ve zaman serisi verileri bir arada kullanıldığından dolayı panel veri analizi modeli oluşturulacaktır. Oluşturulan veri seti 25 ülke ve 22 yılı kapsamasından dolayı mikro panel, kesit ve zaman birimlerinin eksiksiz verilerden oluşmasından dolayı ise dengeli paneldir. Panel veri analizi için kullanılan modelin fonksiyonu Denklem 1.'de gösterilmektedir:

Denklem 1. Panel veri analizi modelinin genel fonksiyonel formu

$\gamma_{it} = \alpha + x'_{it}\beta + u_{it}$ olup, $i= 1, \dots, N$ $T= 1, \dots, T$ şeklinde ifade edilmektedir.

Burada γ_{it} bağımlı değişkeni, k adet açıklayıcı değişkenler setini x'_{it} , eğitim katsayısı vektörünü β , sabit kesişim katsayısını α ve $u_{it} = \mu_i + v_{it}$ şeklindeki kalıntılar modeli için gözlenemeyen birey özellikli etkiyi μ_i ifade ederken, kalan bozulmaları v_{it} ifade etmektedir. Bunun yanında i , birimleri tanımlayan yatay kesit boyutunu ifade ederken; t , zaman boyutunu ifade etmektedir (Baltagi, 2005: 11).

Panel zaman serisi analizlerinde panel vektör otoregresif modeller ve panel nedensellik analizleri, panel eşbütünleşme testleri ve panel eşbütünleşme model tahminleri veya uzun ve kısa dönemli ilişkilerin tahminleri (panel hata düzeltme modeli) yapılabilmektedir. Bu çalışmada panel eşbütünleşme testleri ve panel eşbütünleşme model tahmini yapılacağından dolayı bu bölümde kullanılan testlerin detaylı açıklaması yapılacaktır.

3.3.1. Birimler Arası Korelasyon (Yatay Kesit Bağımlılık) Testi

Birimler arası korelasyon, “panel veri modelinin her bir birimi için tahmin edilen modellerden elde edilen kalıntılar arasında korelasyon olduğunu ifade etmektedir” (Yerdelen Tatoğlu, 2021: 9). Birimler arası korelasyon testleri ve testlerin hipotezleri Tablo 3.2.’de gösterilmektedir:

Tablo 3.2. Birimler arası korelasyon testleri ve hipotezleri

Birimler Arası Korelasyon Testleri	Temel (H_0) Hipotez	Alternatif (H_1) Hipotez
Breusch-Pagan (1980) LM Testi	Birimler arası korelasyon yoktur	Birimler arası korelasyon vardır
Pesaran (2004,2015) CD Testi	Zayıf birimler arası korelasyon vardır	Güçlü birimler arası korelasyon vardır
Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) Düzeltilmiş LM Testi	Birimler arası korelasyon yoktur	Birimler arası korelasyon vardır
Juodis ve Reese (2022) CD Testi	Zayıf birimler arası korelasyon vardır	Güçlü birimler arası korelasyon vardır
Pesaran ve Xie (2022) CD* Testi	Zayıf birimler arası korelasyon vardır	Güçlü birimler arası korelasyon vardır

Tablo 3.2.'de gösterilen birimler arası korelasyon testlerinin analizlerde kullanımının birim ve zaman boyutuna göre belirlenmesi gerekmektedir. Şöyle ki; N sabit iken T 'nin sonsuza gittiği durumlarda Breusch-Pagan (1980) LM testi, $N > T$ olduğu durumlarda Pesaran (2004,2015) CD testi, N 'nin büyük ve $T > k+8$ olduğu durumlarda Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) Düzeltilmiş LM Testi, $N \geq T$ olduğu durumlarda Juodis ve Reese (2022) CD testi, gizli ortak faktörlerin gücünden bağımsız bir şekilde sıfır hipotezinde $N(0,1)$ asimptotik dağılımına sahip olan Pesaran ve Xie (2022) CD* testi kullanılabilir.

3.3.2. Durağanlık (Panel Birim Kök) Testi

Durağanlık durumu, seriye ait değerlerin uzun dönemde belli bir değere yaklaşması veya bu değer civarlarında seyretmesi olarak tanımlanmaktadır. Panel veri modellerinin durağan olmaması halinde sahte regresyon durumu ile karşılaşma ihtimali arttığından dolayı öncelikle durağanlığın analiz edilmesi yani serinin birim kök içermesi durumunun tespit edilmesi gerekmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 4-5).

Analizlerde durağanlık durumunun tespiti için panel birim kök testleri uygulanmalıdır. Uygun testin seçimi için ise birimler arası korelasyon testlerinden elde edilen sonuçlar dikkate alınmalıdır. Bu testler birinci kuşak panel birim kök testleri ve ikinci kuşak panel birim kök testleri olmak üzere iki ayrıma tabi tutulmaktadır. Birimler arası korelasyon testinden elde edilen sonuçları dikkate almadan yürütülen testlerin etkinliği sağlanamadığından dolayı uygulanması gereken birim kök testine karar verebilmek için birimler arası korelasyon testlerinden elde edilen sonuçları kritik bir öneme sahiptir.

Yapılan ayrıma göre birimler arası korelasyonun olmaması durumunda birinci kuşak panel birim kök testleri kullanılırken, birimler arası korelasyonun olması durumunda ise ikinci kuşak panel birim kök testleri ile serilerin durağanlığı yani birim kök içermesi durumu analiz edilmektedir. Her iki grupta da uygulanan testler otoregresif parametrenin homojenlik veya heterojenlik durumuna göre ayrıma tabi tutulmaktadır.

Panel birim kök testlerine yönelik yapılan ayrıma göre Tablo 3.3.'te birinci kuşak panel birim kök testleri gösterilmektedir:

Tablo 3.3. Birinci kuşak panel birim kök testleri

Birinci Kuşak Panel Birim Kök Testleri	
Birinci Grup Panel Birim Kök Testleri	İkinci Grup Panel Birim Kök Testleri
Levin, Lin ve Chu (LLC) Panel Birim Kök Testi	Im, Pesaran ve Shin (IPS) Panel Birim Kök Testi
Harris ve Tzavalis (HT) Panel Birim Kök Testi	Fisher Genişletilmiş Dickey Fuller (Fisher ADF) ve Fisher Philips Perron (Fisher PP) Panel Birim Kök Testi
Breitung Panel Birim Kök Testi	
Hadri Panel Birim Kök Testi	

Tablo 3.2.'de birimler arası korelasyonun olmadığı durumlarda kullanılan birinci kuşak panel birim kök testleri yer almaktadır. Bu testlerin Dickey Fuller regresyonu ile oluşturulan istatistiksel formu Denklem 2.'de gösterilmektedir:

Denklem 2. Birinci kuşak panel birim kök testleri istatistiksel formu

$$\Delta Y_{it} = \mu_i + \tau_i t + \rho_i Y_{it-1} + \varepsilon_{it} \text{ iken,}$$

$\Delta Y_{it} = Y_{it} - Y_{it-1}$ ve $\rho_i = \alpha_i - 1$ olup $\rho_i = 0$ hipotezi serinin durağan olmadığını yani birim kök içerdiğini gösterirken alternatif hipoteze göre seri durağandır yani birim kök içermemektedir.

Birinci kuşak panel birim kök testlerine yönelik yapılan ayrıma göre birinci grupta otoregresif parametre ρ 'nun homojen olduğu yani birimden birime değişmediği varsayılırken; ikinci grupta ρ 'nun heterojen olduğu yani birimden birime değiştiği varsayılmaktadır. Bu durumda homojen panelde $H_0: \rho_i = \rho = 0$ iken $H_1: \rho_i = \rho < 0$ olup heterojen panelde ise $H_0: \rho_i = 0$ iken $H_1: \rho_i < 0$ şeklinde kurulmaktadır. Homojen panel birim kök testlerinde ρ birimden birime değişmemekte ve genel olarak birim kök sürecinin olduğu varsayılmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 21-22).

Analizlerde birimler arası korelasyonun olduğunun tespit edilmesi durumunda kullanılması gereken ikinci kuşak panel birim kök testleri Tablo 3.4.'te gösterilmektedir:

Tablo 3.4. İkinci kuşak panel birim kök testleri

İkinci Kuşak Panel Birim Kök Testleri		
Birinci Grup Panel Birim Kök Testleri	İkinci Grup Panel Birim Kök Testleri	Üçüncü Grup Panel Birim Kök Testleri
Levin, Lin ve Chu (LLC) Panel Birim Kök Testi	Çok Değişkenli Genişletilmiş Dickey Fuller (MADF) Panel Birim Kök Testi	Moon ve Perron Panel Birim Kök Testi
Harris ve Tzavalis (HT) Panel Birim Kök Testi	Görünürde İlişkisiz Regresyon Genişletilmiş Dickey Fuller (SURADF) Panel Birim Kök Testi	Yatay Kesit Genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin (CIPS) Panel Birim Kök Testleri
Breitung Panel Birim Kök Testi		Yatay Kesit Genişletilmiş Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (Yatay Kesit Genişletilmiş KPSS) Panel Birim Kök Testi
Hadri Panel Birim Kök Testi		Kalıntı ve Ortak Faktörlerin Durağanlığının Panel Analizi (PANIC)
Im, Pesaran ve Shin (IPS) Panel Birim Kök Testi		Genişletilmiş Sargan ve Bhargava (CSB) Panel Birim Kök Testi
Fisher Genişletilmiş Dickey Fuller (Fisher ADF) ve Fisher Philips Perron (Fisher PP) Panel Birim Kök Testi		PANICCA Panel Birim Kök Testi
Choi Fisher Genişletilmiş Dickey Fuller (Fisher ADF) Panel Birim Kök Testi		

Tablo 3.4.'te birimler arası korelasyon durumunu dikkate alan panel birim kök testleri yer almaktadır. Bu testler kendi aralarında 3 ayrıma tabi tutulmaktadır. Birinci grup testler, birinci kuşak testlerin birimler arası korelasyonu dikkate alacak şekilde dönüştürülmesiyle türetilmiş olsa da güvenilirlikleri diğer testlere göre daha azdır. İkinci grup testlerde ise ilişkisiz regresyon (SUR) tipi sistem tahminlerine dayanan panel birim kök testleri bulunurken üçüncü grupta birimler arası korelasyonu ortak faktörler ile modelleyen testler yer almaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 67).

3.3.3. Nihai Model için Birimler Arası Korelasyon ve Homojenlik Testleri

Eşbütünleşme testi yapılmadan önce uygulanması gereken teste karar verebilmek için model bazında birimler arası korelasyon ve homojenlik testlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada panel veri modelinde birimler arası

korelasyonun sınanması için Breusch ve Pagan LM testi uygulanırken homojenlik durumunun sınanması için Pesaran Yamagata Delta testleri ve Swamy S testi uygulanmıştır.

Statik panel veri modellerinde birimler arası korelasyonun varlığını analiz etmek için kullanılmakta olan Breusch ve Pagan LM testi, birimler için kurulan eş bütünleşme ya da hata düzeltme modelinin kalıntılarında korelasyonun varlığını tespit etmek için de kullanılmaktadır. Bu testin temel hipotezi şöyledir:

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

$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2$ ile hesaplanmakta olup $\hat{\rho}_{ij}^2$: i, j . kalıntının (i . ve j . birimlerdeki) korelasyon katsayısını ifade etmektedir.

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

e_{it} , uygun yöntemler her birimden tahmin edilen kalıntıları ifade etmekte olup Breusch ve Pagan LM testinin istatistiği, $N(N-1)/2$ serbestlik derecesinde χ^2 dağılmaktadır.

Breusch ve Pagan LM testinin temel hipotezi “birimler arası korelasyon yoktur” iken alternatif hipotezi “birimler arası korelasyon vardır” şeklinde kurulmaktadır.

Eşbütünleşme testleri ve tahmin yöntemlerinin seçimi için birimler arası korelasyon durumu incelendikten sonra sabit ve eğim parametrelerinin birim bazında homojenlik durumunun tespit edilmesi gerekmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 246; Ayla, 2022: 2877-2878). Homojenlik durumunun analizi için birim boyutunun zaman boyutundan büyük olduğu durumlarda Swamy S testi uygulanabilirken bu testin geliştirilmiş versiyonu olarak da Pesaran ve Yamagata Delta testi kullanılabilir (Pesaran & Yamagata, 2008: 51). Bu testlerin temel hipotezi “parametreler homojendir” şeklinde iken alternatif hipotezi “parametreler heterojendir” şeklinde kurulmaktadır.

3.3.4. Panel Eşbütünleşme Testi ve Panel Eş bütünleşme Modelinin Tahmini

Panel veriler üzerinde analiz yapılırken değişkenlerin düzeyde durağan olmaması durumunda bu değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı panel eşbütünleşme testleri ile analiz edilmektedir. Panel verilerle yapılan ekonometrik analizlerde birimler arası korelasyon ve homojenlik durumuna göre uzun dönemli ilişkinin analizi için kullanılması gereken testler belirlenmektedir. Bu testler Tablo 3.5.'te gösterilmektedir:

Tablo 3.5. Eşbütünleşme testleri

Birinci Kuşak Panel Eşbütünleşme Testleri	İkinci Kuşak Panel Eşbütünleşme Testleri
Kao Panel Eşbütünleşme Testleri	Westerlund Panel Eşbütünleşme Testleri
Pedroni Panel Eşbütünleşme Testleri	Gengenbach, Urbain ve Westerlund Panel Eşbütünleşme Testleri
McCoskey ve Kao Panel Eşbütünleşme Testleri	
Westerlund Panel Eşbütünleşme Testleri	

Tablo 3.5.'te gösterilen panel eşbütünleşme testleri, birimler arası korelasyonun dikkate alınıp alınmaması durumuna göre iki ayrıma tabi tutulmaktadır. Birimler arası korelasyonun olmaması durumunda birinci kuşak eş bütünleşme testleri uygulanırken birimler arası korelasyonun olması durumunda ikinci kuşak eşbütünleşme testleri uygulanmaktadır. Her iki grupta da yer alan testlerde uzun dönem parametresinin homojen veya heterojen olmasına göre panel (homojen) ve grup (heterojen) test istatistikleri analiz edilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 190). Bu testlerin temel hipotezi “eşbütünleşme yoktur” şeklinde kurulurken alternatif hipotezi “eşbütünleşme vardır” şeklinde kurulmaktadır.

Eşbütünleşme testlerinin ardından uzun dönemli bir ilişkinin varlığının tespit edilmesi durumunda uzun dönemli ilişkinin tahmininin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu aşamada da diğer testlerde olduğu gibi birimler arası korelasyonun varlığına göre

uygulanması gereken tahminçiler farklılık göstermektedir. Tablo 3.6.'da uzun dönemli ilişki tahminçileri gösterilmektedir:

Tablo 3.6. Uzun dönemli ilişki tahminçileri

Birinci Kuşak Tahminçiler		İkinci Kuşak Tahminçiler	
Homojen Tahminçiler	Heterojen Tahminçiler	Homojen Tahminçiler	Heterojen Tahminçiler
Havuzlanmış En Küçük Kareler (POLS) Tahminçisi	Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) Tahminçisi	Panel Dinamik En Küçük Kareler (PDOLS) Tahminçisi	Ortalama Grup Dinamik En Küçük Kareler (DOLSMG) Tahminçisi
Grup İçi Tahminci (WE)	Ortalama Grup (MG) Tahminçisi	Sürekli Yenilenen Tam Değiştirilmiş (CUP-FM) Tahminci	
Sapması Düzeltilmiş En Küçük Kareler Tahminçisi (BA-OLS) ve Sapması Düzeltilmiş Grup İçi Tahminci (BA-WE)	Tesadüfi Katsayılar Modeli (RCM)	Sapması Düzeltilmiş (BA) Tahminci	
Panel Dinamik En Küçük Kareler (PDOLS) Tahminçisi	Ortalama Grup Dinamik En Küçük Kareler (DOLSMG) Tahminçisi		

Tablo 3.6.'da uzun dönemli ilişki tahminçilerine yönelik yapılan ayırım gösterilmektedir. İlk olarak birimler arası korelasyonun olmaması durumunda birinci kuşak tahminçiler kullanılırken birimler arası korelasyonun olması durumunda ise ikinci kuşak tahminçiler kullanılmaktadır. Birinci kuşak tahminçiler de uzun dönem parametresinin homojenlik/heterojenlik durumuna göre iki ayrıma tabi tutulmaktadır. Birimler arası korelasyon yokken uzun dönem parametresinin homojen olması durumunda homojen tahminçiler kullanılırken; uzun dönem parametresinin heterojen olması durumunda heterojen tahminçiler kullanılmaktadır. Diğer taraftan birimler arası korelasyonun olması durumunda ise ikinci kuşak tahminçilerin kullanılması gerekmektedir. Burada da sabit parametrenin birimlere göre heterojen olması ve eğim parametresinin homojen olması durumunda ikinci kuşak homojen tahminçilerin

kullanılması gerekirken; parametrelerin tamamının birimlere göre heterojen olması durumunda ikinci kuşak heterojen tahmincilerin kullanılması gerekmektedir. Bu tahmincilerin kullanılmasıyla eşbütünleşme modelinin uzun dönemli katsayıları tespit edilerek yorumlanabilmektedir.

3.3.5. Araştırma Bulguları ve Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi

Çalışmanın ilk aşamasında değişkenlerin özet istatistikleri incelenmiştir. Tablo 3.7.'de veri setinin özet istatistik bulguları gösterilmektedir:

Tablo 3.7. Değişkenlerin özet istatistik tablosu

Değişken	Gözlem Sayısı (Obs)	Ortalama (Mean)	Standart Sapma (Std. Dev.)	En Az (Min.)	En (Max.)	Çok
eko	550	9.73e+07	1.14e+08	6562190	4.83e+08	
y	550	29599.26	22845.44	1770.907	133590.1	
co2en	550	140.1903	175.7438	6.67	871.6725	
pop	550	2.04e+07	2.45e+07	441525	8.53e.07	
enimpadd	550	56.90765	20.9785	1.208	98.61	
foscon	550	2.077027	2.593508	.1	12.45737	
rencon	550	.1772938	.3450986	0	2.62	

Tablo 3.7.'de yer alan değerler doğrultusunda fosil enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi dışındaki değişkenler geometrik seri olduğundan dolayı bu değişkenlerin logaritması alınmıştır. EKC Hipotezi'nin geçerliliğinin incelenebilmesi amacıyla logaritması alınan kişi başına düşen GSYİH'nin karesi değişkeni de analize dahil edilmiştir. Logaritması alınan değişkenlerin özet istatistik bulguları Tablo 3.8.'de gösterilmektedir:

Tablo 3.8. Logaritması alınan değişkenlerin özet istatistik tablosu

Değişken	Gözlem Sayısı (Obs)	Ortalama (Mean)	Standart Sapma (Std. Dev.)	En Az (Min.)	En (Max.)	Çok
leko	550	17.74661	1.156045	15.69683	19.99451	
ly	550	10.0169	.7811905	7.479247	11.80253	
ly ²	550	100.9474	15.46222	55.93914	139.2998	
lcozen	550	4.230406	1.236803	1.89762	6.770414	
lpop	550	16.09413	1.288279	12.99799	18.26217	
lenimpadd	550	3.943273	.51649	.1889661	4.591173	
foscon	550	2.077027	2.593508	.1	12.45737	
rencon	550	.1772938	.3450986	0	2.62	

Tablo 3.8.'de analizde kullanılan değişkenlerin ekolojik ayak izi, kişi başına düşen GSYİH, kişi başına düşen GSYİH², enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonu, nüfus, enerji ithalatına bağımlılık oranının logaritması alınan sonraki durumu yer almaktadır.

Denklem 3.'te ise bu çalışmaya ait modelin fonksiyonel formu gösterilmektedir:

Denklem 3. Araştırma modelinin fonksiyonel formu

$$leko_{it} = \beta_0 + \beta_1 lco_{2en_{it}} + \beta_2 ly_{it} + \beta_3 lpop_{it} + \beta_4 lenimpadd_{it} + \beta_5 ly^2_{it} + \beta_6 foscon_{it} + \beta_7 rencon_{it} + u_{it}$$

Panel zaman serisi analizinin yapıldığı bu çalışmada birimler arası korelasyonun gücünü sınamak için CD testi uygulanmıştır. Bunun için Pesaran (2004,2015) CD testi, Juodis ve Reese (2022) CD testi, Pesaran ve Xie (2022) CD testleri kullanılmıştır. Uygulanan testler sonucunda birimler arası korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Ardından birimler arası korelasyonun olması durumunda

uygulanması gereken panel birim kök testleri ile serilerin durağanlığı analiz edilmiştir ve serilerin düzeyde durağan olmadığı görülmüştür. Bu sebeple farkı alınan değişkenlerin düzeyde birimler arası korelasyon ve durağanlık durumları analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre değişkenlerin birinci mertebede durağan oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Tablo 3.9.'da değişkenlere farkları alınmadan ve farkları alındıktan sonra uygulanan birimler arası korelasyon testleri ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir:

Tablo 3.9. Birimler arası korelasyon testleri

Değişkenler	Düzye Birimler Arası Korelasyon Testi					Farkı Alınan Değişkenlerin Birimler Arası Korelasyon Testi				
	CD	CD _w	CD _{w+}	CD*	α	CD	CD _w	CD _{w+}	CD*	α
leko	23.35***	-0.81	637.05***	3.85***	.9402	29.30***	0.12	516.12***	1.81*	1.007
ly	73.50***	2.55**	1275.54***	-0.10*	1.007	70.36***	-2.33**	1216.27***	-0.61	1.008
ly2	73.09***	-2.86***	1263.03***	0.20*	1.007	70.02***	-1.94*	1210.87***	-0.07	1.008
lco2en	49.52***	2.31**	1009.70***	-2.71***	1.007	40.89***	-2.05**	700.90***	-1.90*	1.007
lpop	0.35	-2.20**	1116.96***	2.20**	.9511	1.06	-2.28**	418.28***	-1.93*	0.469
lenimpadd	8.82***	2.93***	636.75***	1.23	.9170	13.19***	1.02	304.78***	4.02***	0.928
foscon	45.67***	-2.14**	972.62***	-0.40	.6788	38.31***	0.56	658.94***	2.42**	0.614
rencon	73.30***	-2.02**	1267.61***	-0.79	.6701	41.88***	-1.36	770.05***	-0.73	0.659

*** %1 düzeyinde anlamlı; ** %5 düzeyinde anlamlı; * %10 düzeyinde anlamlı

Tablo 3.9.'de birimler arası korelasyon testi ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Bu testte CD Pesaran (2015, 2021) (Pesaran, 2015); (Pesaran, 2021) CD_w (Juodis & Reese, 2021), CD_{w+} (Fan vd., 2015) ve CD* (Pesaran & Xie, 2021) olmak üzere 4 ayırım söz konusudur. Testler arasından seçim yapabilmek için N ve T'nin büyüklüğüne göre karar verilmesi gerekmektedir.

Fark almadan uygulanan birimler arası korelasyon testinden elde edilen sonuçlara göre ekolojik ayak izi değişkenine ait serilerde CD, CD_{w+} ve CD* testine göre birimler arası korelasyon vardır. Kişi başına düşen GSYİH değişkenine ait serilerde CD, CD_w ve CD_{w+} testine göre birimler arası korelasyon vardır. Kişi başına

düşen GSYİH² değişkenine ait serilerde CD, CD_w ve CD_{w+} testine göre birimler arası korelasyon vardır. Enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonu değişkenine ait serilerde CD, CD_w, CD_{w+} ve CD* testine göre birimler arası korelasyon vardır. Nüfus değişkenine ait serilerde CD_w, CD_{w+} ve CD* testine göre birimler arası korelasyon vardır. Enerji ithalatına bağımlılık değişkenine ait serilerde CD, CD_w ve CD_{w+} testine göre birimler arası korelasyon vardır. Fosil yakıt tüketimi değişkenine ait serilerde CD, CD_w ve CD_{w+} testine göre birimler arası korelasyon vardır. Yenilenebilir enerji tüketimi değişkenine ait serilerde ise CD, CD_w ve CD_{w+} testine göre birimler arası korelasyon vardır.

Bu çalışmada hem N hem de T büyük olduğundan dolayı CD_{w+} testinin sonuçlarının dikkate alınması gerekmektedir. CD_{w+} test istatistiklerine göre ise bütün seriler için %1 düzeyinde birimler arası korelasyon vardır. Diğer taraftan birimler arası korelasyonun kuvvetinin tahmini için α değerlerinin incelenmesi gerekmektedir. $\alpha=0$ ise zayıf birimler arası korelasyon, $0 < \alpha < 0,5$ ise yarı zayıf birimler arası korelasyon, $0,5 \leq \alpha < 1$ ise yarı güçlü birimler arası korelasyon ve $\alpha=1$ ise güçlü birimler arası korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Buna göre ekolojik ayak izi, nüfus, enerjine ithalatına bağımlılık oranı, fosil yakıt tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerinin α değerlerine göre yarı güçlü birimler arası korelasyon; kişi başına düşen GSYİH, kişi başına düşen GSYİH² ve enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonu değişkenlerinin α değerine göre güçlü birimler arası korelasyon olduğu görülmektedir.

Birinci farkı alınan değişkenlere birimler arası korelasyon testinin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlara göre ise ekolojik ayak izi değişkenine ait serilerde CD, CD_{w+} ve CD* testine göre birimler arası korelasyon vardır. Kişi başına düşen GSYİH değişkenine ait serilerde CD, CD_w ve CD_{w+} testine göre birimler arası korelasyon vardır. Kişi başına düşen GSYİH² değişkenine ait serilerde CD, CD_w ve CD_{w+} testine göre birimler arası korelasyon vardır. Enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonu değişkenine ait serilerde CD, CD_w, CD_{w+} ve CD* testine göre birimler arası korelasyon vardır. Nüfus değişkenine ait serilerde CD_w, CD_{w+} ve CD* testine göre birimler arası korelasyon vardır. Enerji ithalatına bağımlılık değişkenine ait serilerde CD, CD_{w+} ve CD* testine göre birimler arası korelasyon vardır. Fosil yakıt tüketimi

değişkenine ait serilerde CD, CD_{w+} ve CD^* testine göre birimler arası korelasyon vardır. Yenilenebilir enerji tüketimi değişkenine ait serilerde ise CD ve CD_{w+} testine göre birimler arası korelasyon vardır.

Diğer taraftan ekolojik ayak izi, kişi başına düşen GSYİH, kişi başına düşen $GSYİH^2$ ve enerjiden kaynaklanan CO_2 emisyonu değişkenlerinin α değerlerine göre güçlü birimler arası korelasyon; enerji ithalatına bağımlılık oranı, fosil yakıt tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerinin α değerlerine göre yarı güçlü birimler arası korelasyon; nüfus değişkeninde ise yarı zayıf birimler arası korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Birimler arası korelasyon testlerinin uygulanmasının ardından serilerin durağanlığının tespit edilmesi için panel birim kök testlerinin uygulanması gerekmektedir. Birimler arası korelasyonun olmaması durumunda birinci kuşak panel birim kök testleri uygulanırken olması durumunda ikinci kuşak panel birim kök testleri uygulanmaktadır. Bu çalışmada incelenen serilerde birimler arası korelasyon olduğundan dolayı serilerin durağanlığının tespit edilebilmesi için ikinci kuşak panel birim kök testi olan Kalıntı ve Ortak Faktörlerin Durağanlığının Panel Analizi (PANIC) testi kullanılmıştır. Bai ve Ng (2004, 2010) tarafından önerilen PANIC testinde kalıntı ve faktörlerin durağanlıklarının ayrı olarak analiz edilmesi önerilmektedir (Bai & Ng, 2004; Bai & Ng, 2010). Testin istatistiksel formu Denklem 4.'te gösterilmektedir (Bai & Ng, 2004):

Denklem 4. PANIC testi istatistiksel formu

$$Y_{it} = D_{it} + \Lambda_i' F_t + \varepsilon_{it} \text{ şeklinde olup,}$$

$$\varepsilon_{it} = \rho_i \varepsilon_{it-1} + e_{it} \quad i=1, \dots, N' \text{ dir.}$$

Uygulanan testin temel hipotezi “seri durağan değildir” şeklinde kurulurken H_1 hipotezi “seri durağandır” şeklinde kurulmaktadır.

Bu doğrultuda öncelikle faktörlerdeki birim kök analiz edilmekte ve birim kök reddedildiği takdirde kalıntıdaki birim kök incelenmektedir. Öncelikli amaç faktörlerin durağanlığını sağlamaktır. Faktörlerin olasılık değerine göre durağanlığın

sağlanamaması durumunda faktör sayısı artırılabilir. Tablo 3.10.'da bu çalışmaya yönelik analizi yapılan serilerin düzeyde ve birinci seviyedeki kalıntı ve ortak faktörlerinin durağanlık durumlarının analiz sonuçları gösterilmektedir:

Tablo 3.10. Kalıntı ve Ortak Faktörlerin Durağanlığının Panel Analizi (PANIC) Sonuçları

Değişkenler	Düzye PANIC testi				Farkı alınan değişkenlerin PANIC testi				
	Faktörler için ADF	Kalıntılar			Değişkenler	Faktörler için ADF	Kalıntılar		
		ADF	P_a	P_b			PMSB	ADF	P_a
leko	-4.665***	0.019	0.018	-0.103	leko	-4.459***	-46.19***	-10.899***	-2.303**
lco2en	MQ_c -19.267***	1.501	1.826	2.086	lco2en	-4.523***	-36.049***	-10.995***	-2.796***
	MQ_f -4.809***				lpop	-4.533***	-3.109***	-1.893**	-1.843**
lpop	MQ_c -14.119***	1.413	1.014	-1.139	ly	-4.119***	-16.662***	-6.644***	-2.476***
	MQ_f -17.782***				ly2	-4.126***	-18.857***	-7.215***	-2.587***
ly	-2.967***	1.611	1.581	0.322	lenimpadd	-4.151***	-39.561***	-10.051***	-2.074**
ly2	-2.851***	1.742	1.639	0.102	foscon	-4.406***	-15.981***	-5.455***	-1.498*
lenimpadd	-3.179***	0.632	0.602	0.045	rencon	-4.091***	-3.687***	-1.149	-1.354*
foscon	-4.690***	1.595	2.438	3.369					
rencon	-4.690***	0.757	1.217	3.166					

*** %1 düzeyinde anlamlı; ** %5 düzeyinde anlamlı; * %10 düzeyinde anlamlı

Tablo 3.10.'da analizde yer alan değişkenlere ait PANIC birim kök testi sonuçları yer almaktadır. Testte gecikme uzunluğu AIC (akaike) bilgi kriterine göre belirlenmiş olup ortak faktörlerin ve kalıntıların durağanlığı ayrı ayrı analiz edilmiştir. Fark alınmamış değişkenlere uygulanan PANIC testinden elde edilen bulgulara göre faktörlerin durağanlığı incelendiğinde serilere ait olasılık değerleri, MQ_c, MQ_f değerleri 0,05'ten küçük olduğundan dolayı faktörlerin durağan olduğu sonucuna ulaşılırken kalıntılara ait P_a, P_b ve PMSB test sonuçları incelendiğinde olasılık

değerleri 0,05'ten büyük olduğundan dolayı serilerin durağan olmadığı yani serilerin birim kök içerdiği görülmektedir. PANIC testinden elde edilen sonuçlara göre seriler durağan değildir. Dolayısıyla H_0 hipotezi reddedilmektedir ve H_1 hipotezi kabul edilmektedir.

Tüm serilerin düzeyde durağan olmadığı tespit edildiğinden dolayı birinci mertebeden durağanlıklarının analiz edilmesi gerekmektedir. Birinci farkı alınan değişkenlere uygulanan PANIC testinden elde edilen sonuçlara göre faktörlerin durağanlığı incelendiğinde serilere ait olasılık değerleri 0,05'ten küçük olduğundan dolayı faktörlerin durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkinci aşamada kalıntılara ait P_a , P_b ve PMSB test sonuçları incelendiğinde de faktör değerlerinde olduğu gibi olasılık değerleri 0,05'ten küçük olduğundan dolayı serilerin durağan olduğu görülmektedir. Buna göre farkları alınmış olan değişkenler için uygulanan PANIC testinde bütün serilerin ortak faktörleri ve kalıntıları birinci mertebeden durağan olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Özetle; bu çalışmada öncelikle birimler arası korelasyon testi uygulanmıştır. Uygulanan testler sonucunda serilerde birimler arası korelasyonun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkinci aşamada ise birimler arası korelasyon olduğundan dolayı ikinci kuşak panel birim kök testleri ile serilerin durağanlığı analiz edilmiştir. Uygulanan testler sonucunda serilerin durağan olmadığı sonucuna ulaşıldığından dolayı serilerin birinci farkı alınarak birimler arası korelasyon ve birinci mertebeden durağanlık durumu analiz edilmiştir. CD_{w+} testi ve α değerlerine göre birimler arası korelasyona sahip olan serilerin PANIC testi sonuçlarına göre de birinci mertebeden durağan oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

Birimler arası korelasyon testlerinin ve panel birim kök testlerinin uygulanmasının ardından durağan olmayan serilerin uzun dönemde ilişkili olabilecekleri varsayımını tespit edebilmek için panel eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Uzun dönem eşbütünleşme modelinin tahmininin uygun yöntemle analiz edilebilmesi için modelin birimler arası korelasyon durumunun ve homojenlik yapısının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple modelin birimler arası korelasyon durumunun tespiti için uygulanan Breusch Pagan LM, Pesaran Ullah Yamagata NLM

ve Pesaran CD testlerinin ve homojenlik durumunun analiz edilmesi için uygulanan Pesaran ve Yamagata'nın Δ ve Δ_{adj} testleri ile Swamy S testlerinin sonuçları Tablo 3.11.'de gösterilmektedir:

Tablo 3.11. Birimler arası korelasyon ve homojenlik test sonuçları

	Uygulanan Testler	Delta Test İstatistik Değerleri
Birimler arası korelasyon testleri	Breusch Pagan LM	468.3***
	Pesaran Ullah Yamagata NLM	4.87***
	Pesaran CD	7.498***
Homojenlik testleri	Pesaran Yamagata Δ	6.382***
	Pesaran Yamagata Δ_{adj}	8.443***
	Swamy S	5832.04***

*** %1 düzeyinde anlamlı; ** %5 düzeyinde anlamlı; * %10 düzeyinde anlamlı

Tablo 3.11.'de birimler arası korelasyon testinin ve homojenlik testlerinin sonuçları gösterilmektedir. Breusch Pagan LM, Pesaran Ullah Yamagata NLM ve Pesaran CD testlerinin H_0 hipotezi "birimler arası korelasyon yoktur" iken alternatif hipotez "birimler arası korelasyon vardır" şeklinde kurulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre H_0 hipotezi reddedilmiştir ve serilerde birimler arası korelasyonun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İkinci aşamada çizelgede modelin homojenlik durumunun analiz edilmesi için uygulanan Pesaran ve Yamagata'nın Δ ve Δ_{adj} testleri ile Swamy S testlerinin sonuçları gösterilmektedir. Pesaran ve Yamagata'nın Δ ve Δ_{adj} testlerinde hesaplanmış olan olasılık değerleri 0,05'ten küçüktür. Buna göre H_0 hipotezi reddedilerek H_1 hipotezi kabul edilmiştir ve parametrelerin heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Swamy S testinde ise hesaplanan test istatistik değeri χ^2 tablo değerinden büyüktür ve olasılık değeri 0,05'ten küçüktür. Bundan dolayı H_0 hipotezi reddedilmiştir ve parametrelerin heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Panel zaman serisi analizlerinde modelde birimler arası korelasyon olması ve parametrelerin heterojen olması sebebiyle ikinci kuşak eş bütünleşme testleri kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple bu çalışmada uzun dönemli ilişki, ikinci kuşak panel eşbütünleşme testlerinden Pedroni eşbütünleşme testi ve Westerlund eşbütünleşme testi ile analiz edilmiştir. Kullanılan testler ile elde edilen sonuçlar Tablo 3.12.'de gösterilmektedir:

Tablo 3.12. Pedroni ve Westerlund eşbütünleşme test sonuçları

Pedroni eş bütünleşme testi	Modified Phillips–Perron t	4.6222***
	Phillips–Perron t	-13.1279***
	Augmented Dickey–Fuller t	-10.5670***
Westerlund eş bütünleşme testi	Varyans oranı	-1.9992**

*** %1 düzeyinde anlamlı; ** %5 düzeyinde anlamlı; * %10 düzeyinde anlamlı

Tablo 3.12.'de Pedroni ve Westerlund eş bütünleşme testleri ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Tüm test sonuçlarına göre %99 güven düzeyinde H_0 hipotezi reddedilmekte ve değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Benzer şekilde Westerlund eş bütünleşme testinden de elde edilen sonuçlara göre %95 güven düzeyinde H_0 hipotezi reddedilmekte ve değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Eşbütünleşme testleri ile değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu tespit edildiği takdirde uzun dönemli ilişkinin tahmini için birimler arası korelasyonun olup olmaması durumuna göre birinci veya ikinci kuşak tahminciler kullanılırken parametrelerin homojenlik durumuna göre homojen ve heterojen tahminciler arasından seçim yapılmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 210).

Bu çalışmada uygulanan analizde birimler arası korelasyon ve heterojenlik olduğundan dolayı ikinci kuşak heterojen tahmincilerin kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple yatay kesit ortalamalarından fark alınan değişkenler ile eşbütünleşme modelinin tahmini için ikinci kuşak heterojen tahminciler arasında yer alan Ortalama Grup Dinamik En Küçük Kareler (DOLSMG) tahmincisi analiz tamamlanmalıdır.

Pedroni (2001) tarafından önerilmiş olan DOLSMG tahmincisinde modelde bulunan kesitlerin tamamı için öncül ve gecikmeleri değerler ile en küçük kareler analizi kullanılmaktadır. Bu analiz ile hesaplanan değerlerin Pesaran ve Smith MG yöntemi bir araya getirilerek katsayı tahmini panelin tamamı için yapılmaktadır (Pedroni, 2001: 728). DOLSMG Tahmincisi'nin kullanılmasıyla elde edilen nihai modelin fonksiyonel formda Denklem 5.'te gösterilmektedir:

Denklem 5. Nihai modelin fonksiyonel formu

$$leko_{it} = 0.5778lco_2en_{it} + 2.276ly_{it} - 0.1069ly_{it}^2 + 0.09659lpop_{it} + 0.3025lenimpadd_{it} + 0.06326foscon_{it} - 0.2851rencon_{it} \text{ olup,}$$

Tablo 3.13.'te DOLSMG tahmincisi ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir:

Tablo 3.13. Ortalama grup dinamik en küçük kareler (DOLSMG) tahmincisi ile elde edilen sonuçlar

	Beta	t-istatistiği
lco2en	.5778	6.364
ly	2.276	3.665
ly2	-.1069	-4.942
lpop	.09659	-4.93
lenimpadd	.3025	9.31
foscon	.06326	-3.005
rencon	-.2851	-8.536

Tablo 3.13.'te enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonu, kişi başına düşen GSYİH, kişi başına düşen GSYİH², nüfus, enerji ithalatına bağımlılık oranı, fosil yakıt tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi ile ekolojik ayak izi arasında uzun dönemli ilişkinin DOLSMG tahmincisi ile elde edilen sonuçları gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre yenilenebilir enerji tüketimi ekolojik ayak izini en fazla etkileyen değişkendir ve katsayı tahmininde elde edilen bulgular şöyledir:

- ✓ Enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki her %1’lik artış, ekolojik ayak izini yaklaşık %0,58 oranında artırmaktadır.
- ✓ Nüfustaki her %1’lik artış, ekolojik ayak izini yaklaşık %0,10 artırmaktadır.
- ✓ Enerji ithalatına bağımlılıktaki her %1’lik artış ekolojik ayak izini %0,30 oranında artırmaktadır.
- ✓ Fosil yakıt tüketimindeki her 1 birimlik artış, ekolojik ayak izini %6,33 oranında artırmaktadır.
- ✓ Yenilenebilir enerji tüketimindeki her 1 birimlik artış, ekolojik ayak izini %28 oranında azaltmaktadır.
- ✓ Kişi başına düşen GSYİH ve karesi ile birlikte değerlendirildiğinde dönüm noktasının 10,64 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Logaritmik kişi başına gelir 10,64 olana kadar ekolojik ayak izi artmakta maksimuma ulaşmakta ve sonra azalmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre seçili AB üye ülkeleri ve Türkiye’yi kapsayan modelde Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi’nin geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 3.14.’te çalışmada analize dahil edilen 25 ülke için hipotezin geçerlilik durumu gösterilmektedir:

Tablo 3.14. Ülkelere göre EKC hipotezinin geçerlilik durumu

Ülke	Hipotezin Geçerlilik Durumu
Almanya	Hipotez geçerlidir.
Avusturya	Hipotez geçerli değildir.
Belçika	Hipotez geçerli değildir.
Bulgaristan	Hipotez geçerlidir.
Çekya	Hipotez geçerlidir.
Estonya	Hipotez geçerli değildir.
Finlandiya	Hipotez geçerlidir.
Fransa	Hipotez geçerli değildir.
Hırvatistan	Hipotez geçerlidir.

Hollanda	Hipotez geçerlidir.
İrlanda	Hipotez geçerlidir.
İspanya	Hipotez geçerlidir.
İsveç	Hipotez geçerlidir.
İtalya	Hipotez geçerli değildir.
Letonya	Hipotez geçerlidir.
Litvanya	Hipotez geçerlidir.
Lüksemburg	Hipotez geçerli değildir.
Macaristan	Hipotez geçerlidir.
Polonya	Hipotez geçerlidir.
Portekiz	Hipotez geçerli değildir.
Romanya	Hipotez geçerlidir.
Slovakya	Hipotez geçerlidir.
Slovenya	Hipotez geçerli değildir.
Yunanistan	Hipotez geçerli değildir.
Türkiye	Hipotez geçerli değildir.

Tablo 3.14.'te gösterilen birim bazında ülkelerde elde edilen ampirik bulgular ile bu hipotezin geçerlilik durumu incelendiğinde Avusturya'da, Belçika'da, Estonya'da, Fransa'da, İtalya'da, Lüksemburg'da, Portekiz'de, Slovenya'da, Yunanistan'da ve Türkiye'de hipotezin geçerli olmadığı görülmektedir. Bunun yanında Almanya'da, Bulgaristan'da, Çekya'da, Finlandiya'da, Hırvatistan'da, Hollanda'da, İrlanda'da, İspanya'da, İsveç'te, Letonya'da, Litvanya'da, Macaristan'da, Polonya'da, Romanya'da ve Slovakya'da hipotezin geçerli olduğu elde edilen bulgular arasındadır.

3.4. Araştırma Bulgularının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada seçili AB ülkeleri ve Türkiye'ye ait 2001-2022 dönemine ait veriler ile panel veri seti oluşturulmuştur. Bu ülkelerde DOLSMG tahmincisi ile ekolojik ayak izine etki eden faktörler incelenmiştir ve EKC Hipotezi'nin geçerliliği analiz edilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde analiz sonucunda elde edilen bulguların literatürde yer alan diğer çalışmalarla olan uyumu özetlenecektir:

Çalışmadan elde edilen bulgular; AB'nde hem yenilenebilir enerji tüketimindeki ve GSYİH'deki artışın çevresel kaliteyi artırması hem de EKC Hipotezi'nin geçerliliğini onaylayan açısından Alola vd. (2019)'nin analiz sonuçları ile uyumlu iken; 19 Avrupa ülkesinde CO₂ emisyonu, ekonomik ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyip Danimarka ve İtalya'da EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu tespit eden Acaravcı ve Öztürk (2010)'ün bulguları ile uyumluluk göstermektedir. AB'nde gelir, CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenemeyen enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelediklerinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşan Doğan ve Şeker (2016)'in bulguları ile; 14 Avrupa ülkesine yönelik EKC Hipotezi'nin geçerliliğini fosil yakıt ve yenilenebilir enerji tüketiminin hem ekolojik ayak izi hem de CO₂ emisyonları ile ilişkisini incelerken; ekolojik ayak izi çevresel gösterge olarak kullanıldığında hipotezin geçerli olduğunu, CO₂ emisyonu çevresel gösterge olarak kullanıldığında hipotezin geçerli olmadığını vurgulayan Altıntaş ve Kassouri (2020)'nin bulgularıyla örtüşmektedir. Gelir ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi AB-27 özelinde irdelediklerinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu ve ekonomideki büyümenin çevresel kaliteyi artırdığını belirten Mohammed vd. (2024)'nin analiz sonuçları ile; AB'de reel gelir, enerji yoğunluğu ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelediklerinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşan Bekun vd. (2021)'nin bulguları ile; AB-27 ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi, gelir, GSYİH'nin yüzdesi olarak ticaret ve karbon emisyonları arasındaki ilişki incelendiğinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu belirten Adedoyin vd. (2021)'nin analiz sonuçları ile; 25 AB üye ülkesinde ekonomik karmaşıklık endeksi, enerji yoğunluğu ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelediğinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşan Neagu (2019)'nun

bulguları ile uyumluluk göstermektedir. Bunun yanında çalışmadan elde edilen ampirik bulgular; 33 Avrupa ülkesinde karbon emisyonları ile ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji (Ar-Ge harcamalarının GSYİH'ye oranı), enerji tüketimi, nüfus, ithalat ve ihracat (kişi başına cari ABD\$ 2010) verileri arasındaki ilişkiyi incelediğinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu belirten Ali vd. (2020)'nin analiz sonuçları ile; AB'de ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonları ile ekonomik faaliyetler arasındaki ilişkiyi incelediklerinde EKC Hipotezi'nin geçerliliğini vurgulayan Petrović vd. (2020)'nin bulguları ile; AB ülkelerinde nükleer enerji üretimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve GSYİH'nin ekolojik ayak izi ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi incelediklerinde her iki çevresel gösterge için de EKC Hipotezi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşan Soto ve Martinez-Cobas (2024)'ın bulguları ile; 26 Avrupa ülkesinde yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, GSYİH, doğrudan yabancı yatırım ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelediklerinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu belirten Mert vd. (2019)'nin analiz sonuçları ile uyumluluk göstermektedir. Çalışmadan elde edilen bulgular AB ülkelerinde reel gelir, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, ticaret açıklığı ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelerken EKC Hipotezi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşan Destek vd. (2018)'in bulguları ile; 24 Avrupa ülkesinde büyükölçekli enerjisi, kişi başına düşen GSYİH, teknolojik yenilik ve kişi başına düşen CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi incelerken emisyonlar ile ekonomik büyüme arasında ters U şeklinde bir ilişkinin olduğunu yani EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu tespit eden Ahmed vd. (2016)'nin analiz sonuçları ile uyumludur.

AB'de doğal kaynaklar, ekonomik karmaşıklık ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişkiyi analiz edip N şeklinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu vurgulayan Saud vd. (2024)'nin sonuçlarıyla ve Avrupa ülkelerinde CO₂ emisyonları ile EKC Hipotezi'nin geçerliliğini analiz eden Doğan ve Inglesi-Lotz (2020)'nin sonuçlarıyla kısmen uyumludur.

Diğer taraftan bu çalışmadan elde edilen bulgular; AB'de enerji tüketimindeki %20 azalmanın emisyonları %20 azaltma hedefinde yeterli olmayacağını ve EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığını vurgulayan Marreoro (2010)'nun çalışmasıyla; 34 AB

ülkesine ait enerji kullanımı, enerji yoğunluğu, Ar-Ge, GSYİH ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelediklerinde kirlilik ile gelir arasında ikinci dereceden bir ilişki olduğu ve EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığı sonucuna ulaşan Voumik vd. (2022)'nin analiz sonuçlarıyla uyum içinde değildir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, 26 AB ülkesinde ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi ile olan ilişkisini analiz ederken ters U şeklinde EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığını tespit eden Aydın vd. (2019)'nin bulgularıyla; 16 AB ülkesinde gelir, fosil ve yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelediklerinde EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığını vurgulayan Bölük ve Mert (2014)'in analiz sonuçları ile çelişmiştir.

Türkiye'de EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığı sonucuna ulaşan bu çalışmada elde edilen bulgular; EKC Hipotezi'nin geçerliliği Türkiye'de CO₂ emisyonu verileri ile analiz edildiğinde hipotezin geçerliliği açısından Öztürk ve Acaravcı (2013)'nin bulguları ile uyumlu değildir. CO₂ emisyonları, kentleşme oranı, finansal gelişme, kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başına düşen hidroelektrik tüketimi, kişi başına düşen alternatif enerji tüketimi ve gelir arasındaki ilişkiyi incelediğinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu belirten Pata (2018)'nin bulguları ile örtüşmemektedir. Çevresel kirlilik ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelerken EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu vurgulayan Saatçi ve Dumrul (2015)'un bulguları ile ve CO₂ emisyonları, gelir ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelerken EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu belirten Özbek ve Oğul (2022)'un analiz sonuçları ile uyumlu değildir. Enerji tüketimi, ticari dışa açıklık, karbon emisyonları, kişi başına düşen reel gelir arasındaki ilişkiyi incelediklerinde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğunu vurgulayan Çetin ve Saygın (2019)'in analiz sonuçları ile ve reel GSYİH, enerji yoğunluğu, kentleşme düzeyi ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelediğinde EKC Hipotezi'nin geçerliliğini vurgulayan Destek (2018)'in analiz sonuçları ile uyumlu değil iken; CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerjinin kullanımıyla üretilen elektrik ve GSYİH arasındaki ilişkiyi incelediklerinde CO₂ emisyonları ile GSYİH arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğu ve EKC Hipotezi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşan Bölük ve Mert (2015)'in bulguları ile birim bazında elde edilen ampirik sonuçlarla uyumlu değildir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular CO₂ emisyonları ile kişi başına GSYİH verileri ile EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığını vurgulayan Aydın ve Esen (2017)'in bulgularıyla uyumludur. Türkiye'de CO₂ emisyonları ile kişi başına düşen gelir arasındaki ilişkiyi ve gelir ile hava kirliliği arasındaki ilişkiyi incelerken EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığını belirten Akbostancı vd. (2009)'nin analiz sonuçları ile; kişi başına düşen CO₂ emisyonu, kişi başına düşen gelir ve kişi başına düşen enerji tüketimi verileriyle EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığını sonucuna ulaşan Ceylan ve Karaağaç (2020)'nin bulgularıyla örtüşmektedir. Türkiye'de karbon emisyonları, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret arasındaki ilişkiyi analiz eden ve EKC Hipotezi'nin geçersiz olduğunu tespit eden Halıcıoğlu (2009)'nun analiz sonuçları ile ve enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkiyi inceleyen ve EKC Hipotezi'nin geçerli olmadığını vurgulayan Lise ve Montfort (2007)'un bulguları ile birim bazında elde edilen ampirik bulgular ile uyumludur.

Bunun yanında bu çalışmadan elde edilen bulgular coğrafi ayrıma bakılmaksızın değişken özelinde değerlendirildiğinde; yenilenebilir enerji tüketimi ile gelirin birbirini etkileyen faktörler olması ve yenilenebilir enerji tüketimindeki ve GSYİH'deki artışın çevresel kaliteyi iyileştirmesi açısından Alola vd. (2019), Apergis ve Payne (2010), Bekun vd. (2019), Bhattacharya vd. (2016), Chang vd. (2015), Destek (2016), Kahia vd. (2016), Sarkodie ve Strezov (2018) ile uyumludur. Yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme ile ilişkili olması açısından Alper ve Oğuz (2016) ile; yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izini azaltması açısından Sharif vd. (2020), Danish vd. (2020), Destek ve Sinha (2020) ile uyumludur. Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının birbiri ile ilişkili faktörler olması açısından Wang vd. (2016) ile; ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izinin birbiri ile ilişkili faktörler olması açısından Ahmad vd. (2021), Baz vd. (2020), Charfeddine ve Mrabet (2017) ile; enerji tüketimi ile kişi başına düşen GSYİH arasında uzun vadeli ilişkinin varlığı açısından Acaravcı ve Öztürk (2010), Tang vd. (2016) ile örtüşmektedir. Enerji tüketimi ve gelirin birbirini etkileyen faktörler olması açısından Cheng ve Lai (1997), Paul ve Bhattacharya (2004), Warr ve Ayres (2010) ile; enerji tüketimi, gelir ve kirlilik faktörlerinin birbiri ile ilişkili olması açısından Ang (2007), Ang (2008), Kasman ve Duman (2015), Mete (2021), Saboori

ve Sulaiman (2013), Yang vd. (2017) ile; fosil yakıt tüketiminin çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkilemesi açısından Altıntaş ve Kassouri (2020) ile; yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izini azaltması ve çevre kalitesini artırması açısından Sharma vd. (2021) ile; yenilenebilir enerjinin emisyonları azalttığı yani çevresel kaliteyi artırması ve yenilenemeyen enerjinin emisyonları artırması yani çevresel kaliteyi azaltması açısından Doğan ve Şeker (2016) ile uyumludur. Ülkelerin geliri arttıkça EKC Hipotezi'nin geçerliliğinin artması açısından Al-mulali vd. (2015) ile; kirlilik ile ekonomik büyümenin birbiri ile ilişkili olması açısından Saatçi ve Dumrul (2015) ile uyumludur.



SONUÇ

Ekonomik büyüme, girdilerdeki büyümenin ve girdilerin üretkenliğindeki artışların sonucudur. Girdilerdeki büyümeyi ve üretkenliği artırması için ihtiyaç duyulan temel girdi ise enerjidir. Ancak, kaynakların aşırı tüketimi çevre üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Artan enerji talebi göz önünde bulundurulduğunda çevre sorunları azaltabilecek çevre politikalarının benimsenmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışması; AB ve birliğe aday ülke konumunda olan Türkiye’de ekonomi, enerji ve çevreye yönelik değişkenleri kullanarak EKC Hipotezi’nin geçerliliğini ve belirlenen değişkenlerin ekolojik ayak izine olan etkilerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda 2001-2022 yıllarını ve 25 ülkeyi kapsayacak şekilde ekolojik ayak izi, enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonları, nüfus, kişi başına düşen GSYİH, enerji ithalatına bağımlılık oranı, fosil yakıt tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi verileri ile veri seti oluşturulmuştur. Kullanılan göstergeler ve belirlenen amaçlar açısından literatüre katkı sağlaması beklenen bu çalışmanın ampirik analizi panel veri analizi ile yürütülmüştür.

Çalışmada öncelikle birimler arası korelasyon testi uygulanmıştır. Uygulanan testler sonucunda serilerde birimler arası korelasyonun olduğu sonucuna ulaşıldığından dolayı ikinci kuşak panel birim kök testleri ile serilerin durağanlığı analiz edilmiştir. Uygulanan testler sonucunda serilerin durağan olmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple serilerin birinci farkı alınarak birimler arası korelasyon ve birinci mertebeden durağanlık durumu analiz edilmiştir. Analiz sonucunda serilerin birinci mertebeden durağan oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

Birimler arası korelasyon testlerinin ve panel birim kök testlerinin uygulanmasının ardından uzun dönem eşbütünleşme modelinin tahmininin uygun yöntemle analiz edilebilmesi için modelin birimler arası korelasyon durumunun analiz edilmesi için Breusch Pagan LM, Pesaran Ullah Yamagata NLM ve Pesaran CD testleri ve homojenlik durumunun analiz edilmesi için Pesaran ve Yamagata’nın Δ ve Δ_{adj} testleri ile Swamy S testleri uygulanmıştır. Uygulanan testler sonucunda modelde

birimler arası korelasyonun olduğu ve parametrelerin heterojen olduğu tespit edilmiştir.

Panel zaman serisi analizlerinde modelde birimler arası korelasyon olması ve parametrelerin heterojen olması sebebiyle ikinci kuşak eş bütünleşme testleri kullanılması gerektiğinden dolayı serilerdeki uzun dönemli ilişki, ikinci kuşak panel eşbütünleşme testlerinden Pedroni eşbütünleşme testi ve Westerlund eşbütünleşme testi ile analiz edilmiştir. Uygulanan testler sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Eşbütünleşme testleri ile değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu tespit edildiğinden dolayı uzun dönemli ilişkinin tahmini için ikinci kuşak heterojen tahminciler arasında yer alan Ortalama Grup Dinamik En Küçük Kareler (DOLSMG) tahmincisi analiz tamamlanmıştır. Analiz sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izini en fazla etkileyen değişken olduğu, enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki, nüfustaki, enerji ithalatına bağımlılık oranındaki ve fosil yakıt tüketimindeki artışların ekolojik ayak izini artırdığı; kişi başına düşen GSYİH ve karesindeki artışın bir noktaya kadar ekolojik ayak izini artırıp sonra azalttığı ve yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın ekolojik ayak izini azalttığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan seçili AB üye ülkeleri ve Türkiye'yi kapsayan modelde EKC Hipotezi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Modern dünyanın en önemli çevre sorunlarından biri olan iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının önüne geçilmesi için alınabilecek önemli tedbirlerden biri enerji tüketiminde oluşturulacak farkındalıktır. Bu çalışmada elde edilen ampirik sonuçlara göre çevresel sorunlar, ekonomik büyüme yönünde fosil yakıtların kullanımıyla artış göstermektedir. Yenilenebilir enerji tüketiminin ise ekolojik ayak izini azaltan bir gösterge olduğu elde edilen bulgular arasındadır. Bu kapsamda fosil yakıt tüketiminin, fosil enerji kaynaklarına bağımlılıktaki artışın ve enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki artışın küresel ölçekte olduğu gibi hem AB'de hem de Türkiye'de çevre sorunlarıyla karşı karşıya bırakacağı açıktır. Yenilenebilir enerji tüketimi ise çevre üzerindeki bu baskıyı azaltacaktır. Diğer taraftan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, aynı zamanda enerjide dışa bağımlılığı yüksek olan AB ve

Türkiye gibi ülkelerde ithal edilen enerji kaynaklarının ikamesi konumundadır. Enerji ihtiyacını karşılama konusunda yeterli kaynağa sahip olmayan bu ülkelerde enerjinin yükselen maliyetleri ekonomiye yansımakta ve enerji arz güvenliğinin önemi de artmaktadır. Bu sebeple sürdürülebilir çevre kalitesine ulaşılması için çevre dostu kaynak kullanımının benimsenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yenilenebilir enerji tüketimi, çevresel sorunları azaltacağından dolayı politika yapıcılar, toplumları çevre dostu kalkınmaya teşvik etmelidirler.

Ekonomi, enerji ve çevre arasındaki bahsedilen ilişki, literatürde EKC hipotezi ile test edilmektedir. Hipoteze göre ekonomik büyümenin ilk aşamasında çevresel bozulma yaşanırken kalkınmanın ikinci aşamasında çevresel kalitede artış yaşanacaktır (Mrabet ve Alsamara, 2017: 1375). Bu süreç, ters U şeklindeki EKC'yi oluşturmaktadır. EKC Hipotezi'ne göre yüksek gelire sahip olan ülkelerin yüksek çevresel kaliteye sahip olmaları, yüksek yeşil teknoloji yatırımlar yapmaları ve kalkınmayı emisyonlardan ayırmaları beklenmektedir (Mohamed vd., 2024: 4).

Ekonomik büyüme ve çevre kalitesi arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla kullanılan EKC Hipotezi, aynı zamanda bu ilişkiyi etkileyen değişkenleri ve bu değişkenlerin etki yönünü tespit etmek için kullanılmaktadır. Bu doğrultuda EKC Hipotezi'nin geçerliliğinin analizinde ekolojik ayak izinin çevresel bozulma göstergesi olarak kullanılması durumunda elde ettiğimiz bulgular AB ve Türkiye'de gelir ile ekolojik ayak izi arasında ters U şeklinde ilişkinin var olduğu yönündedir. Bu durum, oluşturulan örnekleme ekonomik büyüme modelinde çevresel sürdürülebilirliği destekleyecek alternatiflerin teşvik edildiğini göstermektedir.

Fosil enerji kaynaklarının kullanımının sebep olduğu çevresel sorunlar göz önüne alındığında uzun vadede iklim sorunlarının önüne geçilebilmesi için politika yapıcıların karbon yoğunluğunu azaltan enerji politikalarına yönelmeleri gerekmektedir. Ekonomik büyümeyi sağlarken aynı zamanda sürdürülebilir çevreyi sağlayacak koordineli bir kalkınma modeli benimsenmelidir. Çevresel sorunların önüne geçilebilmesine yönelik olarak yenilenebilir enerji tüketimi ile karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlanabileceğini söylemek mümkündür (Gozgor vd., 2018: 31). EKC Hipotezi'nde de ekonomik büyüme sürecinde çevre kalitesinin

iyileştirilebileceği savunulmaktadır. Bu çalışmada model üzerinden elde edilen genel bulgular, oluşturulan örnekleme ekonomik büyüme, enerji ve çevre arasındaki dengenin sağlandığını göstermektedir.

Çevrenin korunması ve ekonomik büyümenin sağlanması için yapısal olarak değişime gidilmelidir (Bekun vd., 2019: 1029). Bu süreçte enerji sektörüne bağımlılık durumu çevresel faktörler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre enerji ithalatına bağımlılık oranındaki artış çevresel kaliteyi azaltmaktadır. Bu sebeple enerji ithalatçısı konumundaki ülkelerde hem enerji arzının bağımsızlığına katkı sağlanması hem de ekonomik kalkınmanın ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için fosil enerji kaynaklarının kullanımı azaltılırken, yenilenebilir enerji potansiyeli geliştirilmelidir. Bu sebeple fosil enerji kaynaklarının kullanımına uygun olan mevcut teknolojinin modern teknolojiye doğru geçişi desteklenmelidir.

Özetlemek gerekirse, EKC Hipotezi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşılan bu çalışmada enerjiden kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki, kişi başına düşen GSYİH'deki, nüfustaki, enerji ithalatına bağımlılık oranındaki ve fosil yakıt tüketimindeki artış çevresel kaliteyi azaltırken yenilenebilir enerji tüketimindeki artış çevresel kaliteyi artırmaktadır. Buna göre ekonomik büyüme sürecinde artan nüfus tarafından enerji ihtiyacının artış gösterdiği günümüzde, çevresel kaliteyi artırmak için enerji politikalarının düzenlenmesi gerekmektedir.

Son olarak bu çalışmada oluşturulan veri seti ile ülke özelinde elde edilen bulgulara göre Almanya'nın, Hollanda'nın ve Polonya'nın henüz dönüm noktasına ulaşamamış olmasının; Fransa'da, İtalya'da ve Türkiye'de hipotezin geçerli olmamasının sebebinin bu ülkelerdeki ekolojik ayak izinin yüksek olmasından kişi başına düşen GSYİH'nin çevresel bozulmaların önüne geçebilecek düzeyde olmadığından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Almanya'da, Bulgaristan'da, Çekya'da, Finlandiya'da, Hırvatistan'da, Hollanda'da, İrlanda'da, İspanya'da, İsveç'te, Letonya'da, Litvanya'da, Macaristan'da, Polonya'da, Romanya'da ve Slovakya'da hipotezin geçerli olmasının; kişi başına düşen gelirin çevresel kaliteyi artıracak potansiyele sahip olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Elde edilen

bu bulgulara göre hipotezin geçerli olmadığı ülkelerde sürdürülebilir büyümeyi sağlayabilmek adına ekonomik açıdan refah seviyesi yükseltilirken çevresel kaliteyi artıracak alternatiflerin politika yapıcılar tarafından desteklenmesi gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Acaravcı, A. ve Öztürk, İ. (2010). On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 35, 5412-5420.
- Adedoyin, F. F., ve diğerleri. (2021). Environmental consequences of economic complexities in the EU amidst a booming tourism industry: Accounting for the role of brexit and other crisis events. *Journal of Cleaner Production*, 305, 1-10.
- Adedoyin, F. F., Alola, A.A. ve Bekun, F. V. (2020). An assessment of environmental sustainability corridor: The role of economic expansion and research and development in EU countries. *Science of the Total Environment*, 713, 1-10.
- Adedoyin, F.F., Alola, A.A. ve Bekun, F.V. (2021). The alternative energy utilization and common regional trade outlook in EU-27: Evidence from common correlated effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 1-7.
- Agnolucci, P. ve Temaj, K. Coal market developments: Falling prices amid record-high output, <https://blogs.worldbank.org/>, (Erişim Tarihi: 10.07.2024)
- Agras, J. ve Chapman, D. (1999). A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Ecological Economics*, 28, 267-277.
- Ahmad, A. ve diğerleri. (2016). Carbon emissions, energy consumption and economic growth: An aggregate and disaggregate analysis of the Indian economy. *Energy Policy*, 96, 131-143.
- Ahmad, M. ve diğerleri. (2021). Modelling the dynamic linkages between eco-innovation, urbanization, economic growth and ecological footprints for G7 countries: Does financial globalization matter? *Sustainable Cities and Society*, 70, 1-13.
- Ahmed, A., Uddin, G.S. ve Sohag, K. (2016). Biomass energy, technological progress and the environmental Kuznets curve: Evidence from selected European countries. *Biomass and Bioenergy*, 90, 202-208.
- Ahmed, K. ve Qazi, A.Q. (2014). Environmental Kuznets curve for CO2 emission in Mongolia: an empirical analysis. *Management of Environmental Quality*, 25(4), 505-516.
- Ahmed, Z. ve Wang, Z. (2019). Investigating the impact of human capital on the ecological footprint in India: An empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 26782–26796.
- Ahmed, Z. ve diğerleri. (2020). Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: An empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, 55, 1-11.
- Aïssa, M. S. B., Jebli, M.B. ve Youssef, S.B. (2014). Output, renewable energy consumption and trade in Africa. *Energ Policy*, 66, 11-18.

- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S. ve Tunç, G. İ. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: Is there an environmental Kuznets curve?. *Energy Policy*, 37(3), 861-867.
- Akdemir, E. (2012). Avrupa Bütünleşmesinin Tarihiçesi. Avrupa Birliği Tarihiçe, Teoriler, Kurumlar ve Politikalar (s. 35-62). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Akorede, M. F., Hizam, H. ve Poursmaeil, E. (2010). Distributed energy resources and benefits to the environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 724-734.
- Ali, M., Ali Raza, S. ve Khamis, B. (2020). Environmental degradation, economic growth, and energy innovation: evidence from European countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 28306–28315.
- Alkathlan, K. ve Javid, M. (2013). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Saudi Arabia: An aggregate and disaggregate analysis. *Energy Policy*, 62, 1525-1532.
- Alkin, K. (2023). Dünya Enerji Görünümü 2023 Raporu. <https://www.imsad.org/> (Erişim Tarihi: 10.11.2024)
- Al-Mulali, U. ve Öztürk, İ. (2016). The investigation of environmental Kuznets curve hypothesis in the advanced economies: The role of energy prices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1622-1631.
- Al-Mulali, U., Saboori, B. ve Öztürk, İ. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy*, (2015), 76, 123-131.
- Al-Mulali, U., Tang, C. F. ve Öztürk, İ. (2015). Estimating the Environment Kuznets Curve hypothesis: Evidence from Latin America and the Caribbean countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 918-924.
- Al-Mulali, U. ve diğerleri. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, 48, 315-323.
- Al-Mulali, U. ve diğerleri. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, 48, 315-323.
- Alola, A. A., Bekun, F.V. ve Sarkodie, S.A. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *Science of the Total Environment*, 685, 702-709.
- Alper, A. ve Oğuz, Ö. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
- Altınay, G. (2019). Enerji Tüketimi, E. T. Karagöl (Dü.) içinde, Enerji Ekonomisi Politika, Piyasa ve Düzenleme (s. 169-196). Ankara: Umuttepe Yayınları.

- Altıntaş, H. ve Kassouri, Y. (2020). Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO2 emissions?. *Ecological Indicators*, 113, 1-14.
- Amine, A. ve diğerleri. (2016). A new method for cost of renewable energy production in Algeria: Integrate all benefits drawn from fossil fuel savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 2016.
- Andresen, S. ve diğerleri. (2016). The Paris Agreement: Consequences for the EU and Carbon Markets., *Politics and Governance*, 3(6), 188-196.
- Ang, J. B. (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35, 4772–4778.
- Ang, J. B. (2008). Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia. *Journal of Policy Modeling*, 30, 271-278.
- Apergis, N. ve Öztürk, İ. (2015). Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16-22.
- Apergis, N. ve Payne, J.E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38, 656-660.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2017). Per capita carbon dioxide emissions across U.S. states by sector and fossil fuel source: Evidence from club convergence tests. *Energy Economics*, 63, 365-372.
- Atik, H. (2017). Avrupa 2020 Stratejisi Hedefleri ve Üye Ülkelerin Performansı, B. Akçay, & A. Ege içinde, Avrupa Birliği Üzerine Yazılar (s. 31-62). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Aydın, C. ve Esen, Ö. (2017). The validity of the environmental kuznets curve hypothesis for CO2 emissions in Turkey: new evidence from smooth transition regression approach. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14, 101-116.
- Aydın, C., Esen, Ö. ve Aydın, R. (2019). Is the ecological footprint related to the Kuznets curve a real process or rationalizing the ecological consequences of the affluence? Evidence from PSTR approach. *Ecological Indicators*, 98, 543-555.
- Aydın, L. (2014). Enerji Ekonomisi ve Politikaları. Ankara: Seçkin Yayıncılık, (2014).
- Aydın, M. ve Turan, Y.E. (2020). The influence of financial openness, trade openness, and energy intensity on ecological footprint: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 43233-43245.
- Ayla, D. (2022). MINT Ülkelerinde CO₂ Emisyonu Üzerine Bir İnceleme: Panel Eşbütünleşme ve DOLSMG Analizi. *Alanya Akademik Bakış Dergisi*, 6(3), 2869-2884.

- Aytüre, S. (2013). Avrupa Birliği'nin Enerji Politikasında Son Gelişmeler ve Türkiye'ye Yansımaları. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3, 35-51.
- Azam, M. ve Khan, A.Q. (2016). Testing the Environmental Kuznets Curve hypothesis: A comparative empirical study for low, lower middle, upper middle and high income countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 556-567.
- Bai, J. ve Ng, S. (2004). A Panic Attack on Unit Roots and Cointegration. *Econometrica*, 72(4), 1127-1177.
- Bai, J. ve Ng, S. (2010). Panel Unit Root Tests with Cross-Section Dependence: A Further Investigation. *Econometric Theory*, 26, 1088-1114.
- Baležentis, T. ve diğerleri. (2019). "The role of bioenergy in greenhouse gas emission reduction in EU countries: An Environmental Kuznets Curve modelling", *Resources, Conservation & Recycling*, (2019), 142, 225-231.
- Balsalobre-Lorente, D. ve diğerleri. (2021). The carbon dioxide neutralizing effect of energy innovation on international tourism in EU-5 countries under the prism of the EKC hypothesis. *Journal of Environmental Management*, 298, 1-9.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, (Third Edition b.). West Sussex: John Wiley & Sons.
- Barış, K. ve Küçükali, S. (2012). Availability of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective. *Energy Policy*, 42, 377-391.
- Bayraç, H. N. (2020). Geleneksel Enerji Piyasaları ve Politikaları. H. N. Bayraç, & F. Çemrek (Dü) içinde, *Enerji Ekonomisi ve Politikaları*, Eskişehir: Ekin Basın Yayın Dağıtım, (s.25-56).
- Bayraç, H. N. ve Çildir, M. (2017). AB Yenilenebilir Enerji Politikalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 201-212.
- Bayraç, H., Çelikay, F. ve Çildir, M. (2018). *Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Enerji Politikaları*, Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Baz, K., ve diğerleri. (2020). Asymmetric impact of energy consumption and economic growth on ecological footprint: Using asymmetric and nonlinear approach. *Science of the Total Environment*, 718, 1-10.
- Bekun, F. V., Alola, A.A. ve Sarkodie, S.A. (2019). Toward a sustainable environment: Nexus between CO2 emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16-EU countries. *Science of the Total Environment*, 657, 1023-1029.
- Bekun, F. V. ve diğerleri. (2021). The relevance of EKC hypothesis in energy intensity real-output trade-off for sustainable environment in EU-27. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 51137-51148.

- Bergougui, B. (2024). Moving toward environmental mitigation in Algeria: Asymmetric impact of fossil fuel energy, renewable energy and technological innovation on CO2 emissions. *Energy Strategy Reviews*, 51, 1-14.
- Bertoldi, P., ve diğerleri; (2020). How to finance energy renovation of residential buildings: Review of current and emerging financing instruments in the EU. *WIREs Energy and Environment*, 1-26.
- Bhattacharya, M., ve diğerleri. (2016). “The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries”, *Applied Energy*, (2016), 162, 733-741.
- Bilgili, F., Koçak E. ve Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO2 emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845.
- Bilgin, A. A. (2012) Çevre Politikası. B. Akçay, & İ. Göçmen (Dü) içinde, Avrupa Birliği Tarihçe, Kurumlar ve Politikalar Seçkin Yayıncılık, (s. 503-524).
- Bloomberg; Küresel elektrik talebinde son 20 yılın en hızlı büyümesi bekleniyor, <https://www.bloomberght.com>, (Erişim Tarihi: 1.08.2024)
- Bölük, G. ve Mert, M. (2014). Fossil & renewable energy consumption, GHGs (greenhouse gases) and economic growth: Evidence from a panel of EU (European Union) countries. *Energy*, 74, 439-446.
- Bölük, G. ve Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: An ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595.
- Bp. (2024). bp Energy Outlook: 2024 edition. <https://www.bp.com> (Erişim Tarihi: 16.08.2024)
- Brundtland Raporu. (1987). Our Common Future. United Nations.
- Bugaje, I.M. (2006). Renewable energy for sustainable development in Africa: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10, 603-612.
- Büyükmihci, M. K. (2003). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Avrupa Birliği Ülkelerindeki Uygulamalar ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Tarafından Hazırlanmakta Olan Kanun Tasarısı Taslağı Çerçevesinde Planlanan Önlemler. *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, (s. 15-22). Kayseri: TMMOB.
- Ceylan, R. ve Karaağaç, G.E. (2020). Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Test Edilmesi: Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Testi ile Hata Düzeltme Modelinden Kanıtlar. *PJESS*, 7(2), 73-85.
- Chang, J., ve diğerleri. (2003). A review on the energy production, consumption, and prospect of renewable energy in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7, 453-468.

- Chang, T., ve diğerleri. (2015). Renewable energy and growth: Evidence from heterogeneous panel of G7 countries using Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1405-1412.
- Charfeddine, L. (2017). The impact of energy consumption and economic development on Ecological Footprint and CO2 emissions: Evidence from a Markov Switching Equilibrium Correction Model. *Energy Economics*, 65, 355-374.
- Charfeddine, L. ve Mrabet, M. (2017). The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 138-154.
- Chedid, R., Kobrosly, M. ve Ghajar, R. (2007). A supply model for crude oil and natural gas in the Middle East. *Energy Policy*, 35(4), 2096–2109.
- Chekouri, S. M., Chibi, A., ve Benbouziane, M. (2020). Examining the driving factors of CO2 emissions using the STIRPAT model: the case of Algeria. *International Journal of Sustainable Energy*, 39(10), 927-940.
- Chen, F. ve diğerleri. (2010). Assessment of renewable energy reserves in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 2511-2528.
- Cheng, S. B. ve Lai, T.W. (1997). An investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan. *Energy Economics*, 19, 435-444.
- Correljé, A. (2016). The European Natural Gas Market. *Curr Sustainable Renewable Energy Rep*, (2016), 3, 28-34.
- Dai, H. ve diğerleri. (2016). Green growth: The economic impacts of large-scale renewable energy development in China. *Applied Energy*, 162, 435-449.
- Danish, R. U. ve Khan, S.U.D. (2020). Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable Cities and Society*, 54, 1-10.
- Demirbaş, A. (2001). Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 42, 1239-1258.
- Demirbaş, A., Şahin-Demirbaş, A. ve Demirbaş, A.H. (2004). Global Energy Sources, Energy Usage, and Future Developments. *Energy Sources*, 26, 191-204.
- Destek, M. A. (2016). Renewable energy consumption and economic growth in newly industrialized countries: Evidence from asymmetric causality test. *Renewable Energy*, 95, 478-484.
- Destek, M. A. ve Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: The role of energy and financial development. *Science of the Total Environment*, 650, 2483-2489.

- Destek, M. A. ve Sinha, A. (2019). Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: Evidence from organisation for economic Co-operation and development countries. *Journal of Cleaner Production*, 242, 1-11.
- Destek, M. A., Ulucak, R. ve Doğan, E. (2018). Analyzing the environmental Kuznets curve for the EU countries: the role of ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29387-29396.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49, 431-455.
- Doğan, E. ve İnglesi-Lotz, R. (2020). The impact of economic structure to the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis: evidence from European countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 12717-12724.
- Doğan, E. ve Öztürk, İ. (2014). The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO2 emissions in the USA: evidence from structural break tests. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 10846-10854.
- Doğan, E. ve Şeker, F. (2016). Determinants of CO2 emissions in the European Union: The role of renewable and non-renewable energy. *Renewable Energy*, 94, 429-439.
- Doğan, E. ve diğerleri. (2020). The use of ecological footprint in estimating the Environmental Kuznets Curve hypothesis for BRICST by considering cross-section dependence and heterogeneity. *Science of the Total Environment*, 723, 1-9.
- Duan, H. B., Fan, Y. ve Zhu, L. (2013). What's the most cost-effective policy of CO2 targeted reduction: An application of aggregated economic technological model with CCS?. *Applied Energy*, 112, 866-875.
- Eberhard, A. (2011). The Future of South African Coal: Market, Investment and Policy Challenges, <https://pesd.fsi.stanford.edu/>, (Erişim Tarihi: 07.06.2024)
- Edenhofer, O. ve diğerleri. (2013). On the economics of renewable energy sources. *Energy Economics*, 40, 12-23.
- Ediger, V. Ş., Akar, S. ve Uğurlu, B. (2006). Forecasting production of fossil fuel sources in Turkey using a comparative regression and ARIMA model. *Energy Policy*, 34(18), 3836-3846.
- EERE. Energy Efficiency vs. Energy Intensity, <https://www.energy.gov/>, (Erişim Tarihi: 21.11.2024)
- EIA. (2023). U.S. Energy Information Administration, <https://www.eia.gov/>, (Erişim Tarihi: 11.07.2024)
- Eikeland, Per Ove. (2011). EU Internal Energy Market Policy: Achievements and Hurdles, Toward a Common European Union Energy Policy, New York.

- Energy Exporter, (2024). Enerji Ticareti Nedir? Enerji Ticareti Nasıl Yapılır?, <https://tr.linkedin.com>, (Erişim Tarihi: 11.07.2024)
- Energy Institute, (2024). 2024 Energy Institute, <https://www.energyinst.org/exploring-energy/topic/climate-change>, (Erişim Tarihi: 27.08.2024)
- Energy Institute, (2023). Statistical Review of World Energy 2023, <https://www.energyinst.org/statistical-review>, (Erişim Tarihi: 10.09.2024)
- Energy Institute, (2023). Statistical Review Country Transition Tracker, <https://www.energyinst.org>, (Erişim Tarihi: 26.07.2024)
- Energy Institute, (2024). 2024 Energy Institute Statistical Review of World Energy, <https://www.energyinst.org/statistical-review>, (Erişim Tarihi: 21.11.2024)
- EPDK, (2023). 2023 Yılı Elektrik Piyasası Gelişim Raporu, <https://www.epdk.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 04.06.2024)
- Erdenir, B. (2014). Avrupa Birliği'nin Geleceği: Türkiye-AB İlişkileri”, B. Akçay (Dü.) içinde, Türkiye-AB İlişkileri Yeni Gündem, Ankara: Seçkin Yayıncılık. (s. 94-108).
- Ünal Eriş, Ö. (2012). Enerji Politikası, B. Akçay, & İ. Göçmen (Dü.) içinde, Avrupa Birliği: Tarihçe, Teoriler, Kurumlar ve Politikalar, Ankara: Seçkin Yayıncılık. (s. 527-545).
- EU, (2022). REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition, European Commission: <https://ec.europa.eu/> (Erişim Tarihi: 10.05.2024)
- EU, (2023). European Green Deal: EU agrees stronger legislation to accelerate the rollout of renewable energy, European Commission: <https://ec.europa.eu/> (Erişim Tarihi: 12.05.2024)
- Eurostat, (2023). <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser> (Erişim Tarihi: 11.11.2024)
- Eurostat. (2024). <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics> (Erişim Tarihi: 10.10.2024)
- Fan, J., Liao, Y. ve Yao, J. (2015). Power Enhancement in High Dimensional Cross-Sectional Tests. *Econometrica*, 83(4), 1497-1541.
- Farouki, E. M. ve Aissaoui, S. (2024). Nexus between economy, renewable energy, population and ecological footprint: empirical evidence using STIRPAT. *Procedia Computer Science*, 236, 67-74.
- Feng, C., Liu, Y.Q ve Yang, J. (2024). Do energy trade patterns affect renewable energy development? The threshold role of digital economy and economic freedom. *Technological Forecasting & Social Change*, 203, 1-13.

- Feng, Y. ve diğeri. (2019). Dynamic Linkages among Economic Development, Energy Consumption, Environment and Health Sustainable in EU and Non-EU Countries. *Healthcare*, 7(138), 1-26.
- Ganguli, S. (2016). Energy Interdependence as a Strategic Factor in the Post-Cold War Context. *Strategic Analysis*, 40(3), 185-198.
- Global Footprint Network. (2003-2024). Ecological Footprint, <https://www.footprintnetwork.org/> (Erişim Tarihi: 15.05.2024)
- González, P. d. R. (2008). Policy implications of potential conflicts between short-term and long-term efficiency in CO2 emissions abatement. *Ecological Economics*, 65(2), 292-303.
- Gozgor, G., Lau, C. K. ve Lau, Z. (2018). Energy consumption and economic growth: New evidence from the OECD countries. *Energy*, 153, 27-34.
- Grossman, G. M. ve Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Grossman, G. M. ve Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Gültekin, H. (2023). Finansal Gelişme, İnovasyon ve CO2 Emisyonları: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Econder Uluslararası Akademik Dergi*, 7(1), 25-39.
- Gyamfi, B. A., Kwakw, P. A. ve Adebayo, T. S. (2022). “Energy intensity among European Union countries: the role of renewable energy, income and trade. *International Journal of Energy Sector Management*, 17(4), 801-819.
- Haftendorn, C., Kemfert, C. ve Holz, F. (2012). What about coal? Interactions between climate policies and the global steam coal market until 2030. *Energy Policy*, 48, 274-283.
- Hanif, İ. (2017). Economics-energy-environment nexus in Latin America and the Caribbean. *Energy*, 141, 170-178.
- Heidari, H., Katircioğlu, S. ve Saeidpour, L. (2015). Economic growth, CO2 emissions, and energy consumption in the five ASEAN countries. *Electrical Power and Energy Systems*, 64, 785-791.
- Hove, S. ve Tursoy, T. (2019). An investigation of the environmental Kuznets curve in emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 236, 1-9.
- Hulshof, D., Maat, J.-P. V. D. ve Mulder, M. (2016). Market fundamentals, competition and natural-gas prices. *Energy Policy*, 94, 480-491.
- IEA, (2023). Energy Statistics Data Browser, <https://www.iea.org> (Erişim Tarihi: 21.08.2024)

- IEA, (2023). National Reliance on Russian Fossil Fuel Imports. <https://www.iea.org/reports/national-reliance-on-russian-fossil-fuel-imports> (Erişim Tarihi: 28.07.2024)
- IEA, (2023). <https://www.iea.org/news> (Erişim Tarihi: 18.08.2024)
- IEA, (2024). Annual and average net renewable capacity additions needed to realise ambitions, by selected country/region, 2022-2030, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/annual-and-average-net-renewable-capacity-additions-needed-to-realise-ambitions-by-selected-country-region-2022-2030> (Erişim Tarihi: 06.09.2024)
- IEA, (2024). Clean Energy Market Monitor – March 2024, <https://www.iea.org/reports> (Erişim Tarihi: 30.07.2024)
- IEA, (2024). Total employment by sector, 2019-2023, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-employment-by-sector-2019-2023> (05.06.2024)
- IEA, Climate Change, <https://www.iea.org/topics/climate-change> (Erişim Tarihi: 09.06.2024)
- IEA, (2023). Energy Statistics Data Browser, <https://www.iea.org> (Erişim Tarihi: 03.07.2024)
- IEA, Global Energy Crisis, <https://www.iea.org/topics/global-energy-crisis> (Erişim Tarihi: 30.07.2024)
- IEA, Global Energy Transitions Stocktake, <https://www.iea.org/topics/global-energy-transitions-stocktake> (Erişim Tarihi: 15.08.2024)
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, 53, 58-63.
- IPCC, (2024). History of the IPCC, <https://www.ipcc.ch/about/history/> (Erişim Tarihi: 05.04.2024)
- IRENA. (2024). <https://www.irena.org> (Erişim Tarihi: 27.05.2024)
- Jahanger, A. ve diğerleri. (2023). Articulating CO2 emissions limiting roles of nuclear energy and ICT under the EKC hypothesis: An application of non-parametric MMQR. *Geoscience Frontiers*, 14, 1-19.
- Jain, V. ve diğerleri. (2023). Do Energy Resources matter for Growth Level? The dynamic effects of diferent strategies of renewable energy, carbon emissions on sustainable economic growth. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25, 771-777.
- Jalil, A. ve Feridun, M. (2011). The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: A cointegration analysis. *Energy Economics*, 33, 284-291.

- Javid, M. ve Sharif, F. (2016). Environmental Kuznets curve and financial development in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 406-414.
- Jebli, M. B., Youssef, S. B. ve Öztürk, İ. (2016). Testing environmental Kuznets curve hypothesis: The role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecological Indicators*, 824-831.
- Jia, L. ve diğerleri. (2024). Impact of carbon emission trading system on green technology innovation of energy enterprises in China. *Journal of Environmental Management*, 360, 1-13.
- Juodis, A. ve Reese, S. (2021). The Incidental Parameters Problem in Testing for Remaining Cross-Section Correlation. *Journal of Business & Economic Statistics*, 40(3), 1191-1203.
- Kahia, M., Aïssa, M.S.B. ve Charfeddine, L. (2016). Impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth: New evidence from the MENA Net Oil Exporting Countries (NOECs). *Energy*, 116, 102-115.
- Kalkan, E. ve Baysal Çiftçi, T. (2018). Kömür Yakıtlı Santrallerden Kaynaklanan Emisyonlar Üzerine Bir Değerlendirme. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. <https://www.dunyaenerji.org.tr> (Erişim Tarihi: 24.06.2024)
- Kartal, M. T., Pata, U. K. ve Alola, A. A. (2024). Renewable electricity generation and carbon emissions in leading European countries: Daily-based disaggregate evidence by nonlinear approaches. *Energy Strategy Reviews*, 51, 1-20.
- Kasman, Adnan ve Duman, Y. S. (2015). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis. *Economic Modelling*, 44, 97-103.
- Katircioğlu, S. T. ve Taşpınar, N. (2017). Testing the moderating role of financial development in an environmental Kuznets curve: Empirical evidence from Turkey. *Renewable and Sustainable Energy*, 68, 572-586.
- Kekül, O. (2024). Kentleşme, Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Dış Ticaret Açığının Türkiye’de Ekolojik Ayak İzi Üzerine Etkisi. *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 8(2), 518-537.
- Khare, Vikas ve Bhatia, M. (2024). Renewable energy trading: Assessment by blockchain. *Cleaner Energy Systems*, 8, 1-10.
- Kitzes, J. ve Wackernagel, M. (2009). Answers to common questions in Ecological Footprint accounting. *Ecological Indicators*, 9, 812-817.
- Köse, İ. (2018). İklim Değişikliği Müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı İmza Süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 55-81.
- Kothari, R., Tyagi, V.V. ve Pathak, A. (2010). Waste-to-energy: A way from renewable energy sources to sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 3164-3170.

- Kyoto Protocol. (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations.
- Li, B. ve Haneklaus, N. (2021). The role of renewable energy, fossil fuel consumption, urbanization and economic growth on CO₂ emissions in China. *Energy Reports*, 7(7), 783-791.
- Lin, B. ve Chen, Y. (2018). Carbon Price in China: A CO₂ Abatement Cost of Wind Power Perspective. *Emerging Markets Finance & Trade*, 54, 1653–1671.
- Lin, B. ve Chen, Y. (2019). Dynamic linkages and spillover effects between CET market, coal market and stock market of new energy companies: A case of Beijing CET market in China. *Energy*, 172, 1198-1210.
- Lin, B. ve diğeri. (2016). Is the environmental Kuznets curve hypothesis a sound basis for environmental policy in Africa. *Journal of Cleaner Production*, 133, 712-724.
- LİQUİDİTY PROVIDER. (2024). Energy Trading: What Is It And How To Get Started? <https://liquidity-provider.com> (Erişim Tarihi: 31.07.2024)
- Lise, W. ve Montfort K. V. (2007). Energy consumption and GDP in Turkey: Is there a co-integration relationship? *Energy Economics*, 29, 1166-1178.
- Luo, Heng ve Sun Y. (2024). The impact of energy efficiency on ecological footprint in the presence of EKC: Evidence from G20 countries. *Energy*, 304, 1-14.
- Mohammed Saud M. A. ve diğeri (2019). Do government expenditure and financial development impede environmental degradation in Venezuela?. *PLOS ONE*, 1-13.
- Macavoy, P. (2000). The Natural Gas Market: Sixty Years of Regulation and Deregulation, <https://academic.oup.com/> (Erişim Tarihi: 15.12.2024)
- Marrero, G. A. (2010). Greenhouse gases emissions, growth and the energy mix in Europe. *Energy Economics*, 32, 1356-1363.
- Meadows, D. H. ve diğeri (1972). The Limits to Growth: A Report for the club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New York: Universe Book.
- Mere, M. (2021). Türkiye'nin Avrupa Birliği ve Şangay İşbirliği Örgütü Üye Ülkeleriyle Ticari İlişkisi: Panel Çekim Modeli Yaklaşımıyla Ampirik Analizi, <https://acikerisim.aku.edu.tr/>, (Erişim Tarihi: 04.04.2024)
- Mert, M., Bölük G. ve Çağlar, A. E. (2019). Interrelationships among foreign direct investments, renewable energy, and CO₂ emissions for different European country groups: a panel ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 21495-21510.
- Metcalf, T. (2019). What are fossil fuels?, <https://www.nbcnews.com> (Erişim Tarihi: 13.07.2024)

- Mete, E. (2021). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: G7 Ülkeleri Örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1481-1495.
- Meyer, N. I. (2003). European schemes for promoting renewables in liberalised markets. *Energy Policy*, 31(7), 665-676.
- Mining Technology. (2020). Countries with the biggest coal reserves, <https://www.mining-technology.com/> (Erişim Tarihi: 11.07.2024)
- Mitroussi, K. (2006). Energy economics and trade for the European Union: The role of seaborne transport. *Journal of International Logistics and Trade*, 4(2), 53-73.
- Mohammed, S. ve diğerleri. (2024). Assessment of the environmental kuznets curve within EU-27: Steps toward environmental sustainability (1990-2019). *Environmental Science and Ecotechnology*, 18, 1-13.
- Mokhatab, S., Poe, W. A. ve Speight, J. G. (2006). Natural gas fundamental. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing, (s. 1-28).
- Mrabet, Z. ve Alsamara, M. (2017). Testing the Kuznets Curve hypothesis for Qatar: A comparison between carbon dioxide and ecological footprint. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1366-1375.
- Musa, S. D. ve diğerleri (2018). China's energy status: A critical look at fossils and renewable options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2281-2290.
- Narin, M. (2019). Doğal Kaynaklar Ekonomisi. M. Narin, & C. Taşdoğan (Dü) içinde, *Doğal Kaynaklar ve Çevre Ekonomisi* (s. 17-60). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Neagu, O. (2019). The Link between Economic Complexity and Carbon Emissions in the European Union Countries: A Model Based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) Approach. *Sustainability*, 11, 1-27.
- Official Journal Of The European Union. (2012). Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the council. Official Journal of the European Union.
- OPEC (2024). OPEC Share of World Crude Oil Reserves. Organization of the Petroleum Exporting Countries, <https://www.opec.org/> (Erişim Tarihi: 01.06.2024)
- our world in data (2024). Annual CO₂ emissions. <https://ourworldindata.org> (Erişim Tarihi: 08.07.2024)
- Our World In Data (2024). Share of primary energy consumption from coal. <https://ourworldindata.org> (Erişim Tarihi: 20.11.2024)
- Our World In Data (2024). Share of primary energy consumption from gas. <https://ourworldindata.org> (Erişim Tarihi: 20.11.2024)

- Our World In Data (2024). Share of primary energy consumption from oil. <https://ourworldindata.org> (Erişim Tarihi: 20.11.2024)
- Our World In Data (2024). Energy Use Per Person. <https://ourworldindata.org/energy> (Erişim Tarihi: 16.12.2024)
- Our World In Data (2024). Primary energy consumption. <https://ourworldindata.org/energy> (Erişim Tarihi: 21.11.2024)
- Özev, M. H. (2017). Küresel Denklemden Türkiye'nin Enerji Güvenliği. İstanbul: SETA Yayınları.
- Özokcu, S. ve Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639-647.
- Öztürk, İ. ve Acaravcı, A. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 3220-3225.
- Öztürk İ. ve Acaravcı, A. (2013). The long-run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Economics*, 36, 262-267.
- Öztürk İ. ve diğerleri (2024). An empirical investigation of financial development and ecological footprint in South Asia: Bridging the EKC and pollution haven hypotheses. *Geoscience Frontiers*, 15, 1-10.
- Panayotou, T. (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. Geneva: World Employment Programme Research.
- Pao, H. T. ve Tsai, C. M. (2010) CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy*, 38, 7850-7860.
- Pata, U. K. (2018). Renewable energy consumption, urbanization, financial development, income and CO2 emissions in Turkey: Testing EKC hypothesis with structural breaks. *Journal of Cleaner Production*, 187, 770-779.
- Pata, U. K., Kartal, M. T. ve Mukhtarov, S. (2024). Technological changes and carbon neutrality targets in European countries: A sustainability approach with Fourier approximations. *Technological Forecasting & Social Change*, 198, 1-9.
- Patlitzianas, K. D., ve diğerleri (2007). Assessing the renewable energy producers' environment in EU accession member states. *Energy Conversion and Management*, 48, 890-897.
- Paul, S. ve Bhattacharya, R. N. (2004). Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results. *Energy Economics*, 26, 977-983.
- Payne, J. E. (2020). The convergence of carbon dioxide emissions: a survey of the empirical literature. *Journal of Economic Studies*, 47(7), 1757-1785.

- Pedroni, P. (2001). Purchasing Power Parity Tests in Cointegrated Panels. *The Review of Economics and Statistics*, 83(4), 727-731.
- Pehlivanoglu, F. ve Narman, Z. (2022). Enerji Ekonomisi ve Yenilenebilir Enerji'nin Rolü, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Perdana, S., Vielle, M. ve Schenckery, M. (2022). European Economic impacts of cutting energy imports from Russia: A computable general equilibrium analysis. *Energy Strategy Reviews*, 44, 1-15
- Pesaran, M. H. (2015). Testing Weak Cross-Sectional Dependence in Large Panels. *Econometric Reviews*, 34(6-10), 1089-1117.
- Pesaran, M. H. (2021). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empirical Economics*, 60(1), 13-50.
- Pesaran, M. H. ve Xie Y. (2021). A Bias-Corrected CD Test for Error Cross-Sectional Dependence in Panel Data Models with Latent Factors. Working Papers in Economics, Cambridge.
- Pesaran, M. H. ve Yamagata T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.
- Petform. (2020). <https://www.petform.org.tr/> (Erişim Tarihi: 05.09.2024)
- Petrović, N. ve diğerleri (2020). A study of the environmental kuznets curve for transport greenhouse gas emissions in the European Union. *Facta Universitatis Series Mechanical Engineering*, 18(3), 513-524.
- Poullikkas, A., Kourtis, G. ve Hadjipaschalis, I. (2012). "An overview of the EU Member States support schemes for the promotion of renewable energy sources", *International Journal of Energy and Environment*, 3(4), 553-566.
- Qayyum, M. ve diğerleri. (2024). Towards environmental sustainability: The role of information and communication technology and institutional quality on ecological footprint in MERCOSUR nations. *Environmental Technology & Innovation*, 34, 1-12.
- Raghutla, C. ve diğerleri. (2022). The effect of renewable energy consumption on ecological footprint in N-11 countries: Evidence from Panel Quantile Regression Approach. *Renewable Energy*, 197, 125-137.
- Rashid, A. ve diğerleri. (2018). Ecological footprint of Rawalpindi; Pakistan's first footprint analysis from urbanization perspective. *Journal of Cleaner Production*, 170, 362-368.
- Republic Of Türkiye Ministry Of Foreign Affairs Directorate For Eu Affairs. (2023). European Green Deal. <https://www.ab.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 09.06.2024)
- Roca, J. ve diğerleri. (2001). Economic growth and atmospheric pollution in Spain: discussing the environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics*, 39, 85-99.

- Rudolph, A. ve Figge, L. (2017). Determinants of Ecological Footprints: What is the role of globalization?. *Ecological Indicators*, 81, 348-361.
- Saatçi, M. ve Dumrul Y. (2011). Çevre Kirliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk Ekonomisi için Yapısal Lirılmalı Eş-Bütünleşme Yöntemiyle Tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 37, 65-86.
- Saboori, B. Ve Sulaiman J. (2013). Environmental degradation, economic growth and energy consumption: Evidence of the environmental Kuznets curve in Malaysia. *Energy Policy*, 60, 892-905.
- Salahuddin, M. ve Gow J. (2014). Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in Gulf Cooperation Council countries. *Energy*, 73, 44-58.
- Salameh, M. G. (2003). Can renewable and unconventional energy sources bridge the global energy gap in the 21st century?. *Applied Energy*, 75(1-2), 33-42.
- Sapkota, P. ve Bastola, U. (2017). Foreign direct investment, income, and environmental pollution in developing countries: Panel data analysis of Latin America. *Energy Economics*, 64, 206-212.
- Sarkodie, S. A. ve Strezov, V. (2018). Assessment of contribution of Australia's energy production to CO2 emissions and environmental degradation using statistical dynamic approach. *Science of the Total Environment*, 639, 888-899.
- Sarkodie, S. A. ve Strezov, V. (2018). Empirical study of the Environmental Kuznets curve and Environmental Sustainability curve hypothesis for Australia, China, Ghana and USA. *Journal of Cleaner Production*, 201, 98-110.
- Sarkodie, S. A. ve Strezov, V. (2019). A review on Environmental Kuznets Curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 649, 128-145.
- Sarkodie, S. A. ve Strezov, V. (2019). Effect of foreign direct investments, economic development and energy consumption on greenhouse gas emissions in developing countries. *Science of the Total Environment*, 646, 862-871.
- Saud, S. ve diğerleri (2024). Moving towards green growth? Harnessing natural resources and economic complexity for sustainable development through the lens of the N-shaped EKC Framework for the European Union. *Resources Policy*, 91, 1-16.
- Selden, T. M., Forrest, A. S. ve Lockhart, J. E. (1999). Analyzing the Reductions in U.S. Air Pollution Emissions: 1970 to 1990. *Land Economics*, 75(1), 1-21.
- Seljom, P. ve Rosenberg, E. (2011). A study of oil and natural gas resources and production. *International Journal of Energy Sector Management*, 5(1), 101-124.
- Sevim, C. (2019). Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik, 4. Baskı, Ankara: Seçkin Yayınevi, Ankara.

- Shabani, E. ve diğerleri. (2021). A novel approach to predict CO2 emission in the agriculture sector of Iran based on Inclusive Multiple Model. *Journal of Cleaner Production*, 279, 1-11.
- Shafiee, S. ve Topal, E. (2009). When will fossil fuel reserves be diminished. *Energy Policy*, 37(1), 181-189.
- Sharif, A. ve diğerleri. (2020). Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: Evidence from Quantile ARDL approach. *Sustainable Cities and Society*, 57, 1-12.
- Sharma, R., Sinha, A. ve Kautish, P. (2021). Does renewable energy consumption reduce ecological footprint? Evidence from eight developing countries of Asia. *Journal of Cleaner Production*, 285, 1-13.
- Shokoohi, Z., Dehbidi, N. K., ve Tarazkar, M. H. (2022). Energy intensity, economic growth and environmental quality in populous Middle East countries. *Energy*, 239, 1-12.
- Sinha, A., Tiwari, S., ve Saha, T. (2024). Modeling the behavior of renewable energy market: Understanding the moderation of climate risk factors. *Energy Economics*, 130, 1-22.
- Solarin, S. A., Tiwari, A., ve Bello, M. (2019). A multi-country convergence analysis of ecological footprint and its components. *Sustainable Cities and Society*, 46, 1-10.
- Soto, G. H. ve Martinez-Cobas, X. (2024). Nuclear energy generation's impact on the CO2 emissions and ecological footprint among European Union countries. *Science of the Total Environment*, 945, 1-10.
- Sribna, Y. ve diğerleri. (2019). The globalization of the world coal market – contradictions and trends. *E3S Web of Conferences*, 123, (s. 1-9), (2019), Ukrainian School of Mining Engineering.
- Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, (2004), 32(8), 1419-1439.
- Student Energy, "What Is Fossil Fuel Energy?" <https://studentenergy.org> (Erişim Tarihi: 10.07.2024)
- Student Energy, "What Is Renewable Energy?", <https://studentenergy.org> (Erişim Tarihi: 10.07.2024)
- Sun, X. ve diğerleri. (2016). Indirect energy flow between industrial sectors in China: A complex network approach. *Energy*, 94, 195-205.
- Suri, R. (2024). Renewable energy trading 101: Definition, market overview, trends, benefits and challenges, <https://www.luxoft.com> (Erişim Tarihi: 31.07.2024)
- Sustainable Energy For All. Sustainable Development Goal 7 (SDG7), <https://www.seforall.org/> (Erişim Tarihi: 22.04.2024)

- T.C. Başbakanlık Avrupa Birliği Genel Sekreterliği, (2011). Avrupa Birliği Antlaşması ve Avrupa Birliği'nin İşleyişi Hakkında Antlaşma, Ankara: Avrupa Birliği Genel Sekreterliği.
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2024). Enerji Verimliliği, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik> Erişim Tarihi: 30.12.2024)
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2022). Türkiye Ulusal Enerji Planı, <https://enerji.gov.tr> (Erişim Tarihi: 02.09.2024)
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2023). Petrol, <https://enerji.gov.tr> (Erişim Tarihi: 01.08.2024)
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2024). Elektrik, <https://enerji.gov.tr> (Erişim Tarihi: 01.08.2024)
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2024). Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2024-2030) <https://enerji.gov.tr> (Erişim Tarihi: 17.08.2024)
- Tang, C. F., Tan, B. W. ve Öztürk İ. (2016). Energy consumption and economic growth in Vietnam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1506-1514.
- Tarı, R. (2018). Ekonometri, Kocaeli: Umuttepe Yayınları, (s. 475-495).
- The World Bank, (2024). <https://data.worldbank.org/> (Erişim Tarihi:18.11.2024)
- Tillaguango, B. ve diğerleri. (2021). Convergence of the ecological footprint in Latin America: the role of the productive structure. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 59771–59783.
- TKİ. (2021). <https://www.tki.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 07.07.2024)
- U.S. Energy Information Administration (EIA). (2016). World energy demand and economic outlook, IEO2016 World Chapter, <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/world.pdf> (Erişim Tarihi:11.07.2024)
- Üçgül, İ. ve Elibüyük, U. (2015). Yenilenebilir ve Alternatif Enerji Kaynakları. A. A. Kocaeren içinde, Çevre Eğitimi ve Enerji, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Uddin, G. A. ve diğerleri. (2017). Ecological footprint and real income: Panel data evidence from the 27 highest emitting countries. *Ecological Indicators*, 77, 166-175.
- Ulucak, R. ve Bilgili, F. (2018). A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries. *Journal of Cleaner Production*, 188, 144-157.
- UNCTAD (2023). Key statistics and trends in international trade 2022, United Nations Publications, <https://unctad.org/> (Erişim Tarihi:27.05.2024)

- UNFCCC (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations.
- Ünlü Menkul (2024). Brent Petrol Nedir?, <https://www.unlumenkul.com/> (Erişim Tarihi: 30.05.2024)
- Uyanık, S. (2021). Tarihsel Olarak İngiliz İmparatorluğu Kömür Üzerinde mi Yükseldi?. *100 Soruda Sürdürülebilir Enerji*, Ankara: Nobel Akademi Yayıncılık, (s. 9-10).
- Uyanık, S. (2021). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Geleneksel enerji Kaynaklarından Temel Farkları Nelerdir?. *100 Soruda Sürdürülebilir Enerji*, Ankara: Nobel Akademi Yayıncılık, (s. 4-68).
- Villanthenkodath, M. A. (2024). Unveiling the three-dimensional ecological footprint dynamics in the era of technological revolution. *Journal of Economy and Technology*, 1-26.
- Villanthenkodath, M. A. ve diğerleri. (2024). Unlocking sustainable development: Evaluating the impact of monetary and fiscal policies on ecological footprint in India. *World Development Sustainability*, 5, 1-11.
- Voumik, L. C., Rahman, M., & Akter, S. (2022). Investigating the EKC hypothesis with renewable energy, nuclear energy, and R&D for EU: fresh panel evidence. *Heliyon*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12447>
- Voumik, L. C., Rahman, M., ve Akter, S. (2022). Investigating the EKC hypothesis with renewable energy, nuclear energy, and R&D for EU: fresh panel evidence. *Heliyon*, 8, 1-10.
- Wackernagel, M. (2002). What We Use and What We Have: Ecological Footprint and Ecological Capacity, Oakland: Redefining Progress. www.RedefiningProgress.org (Erişim Tarihi: 24.12.2024)
- Wackernagel, M. ve Rees, W. E. (1997). Our Ecological Footprint- Reducing Human Impact on the earth. New Society Publishers, <https://escholarship.org> (Erişim Tarihi: 01.01.2025)
- Wackernagel, M. ve diğerleri. (2004). Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. *Land Use Policy*, 21(3), 271-278.
- Wang, J. ve Azam, W. (2024). Natural resource scarcity, fossil fuel energy consumption, and total greenhouse gas emissions in top emitting countries. *Geoscience Frontiers*, 15(2), 1-15.
- Wang, S. ve diğerleri. (2016). The relationship between economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from China. *Science of the Total Environment*, 542, 360-371.
- Wang, S. ve diğerleri. (2011). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in China: A panel data analysis. *Energy Policy*, 39(9), 4870-4875.

- Warr, B ve Ayres, R. U. (2010). Evidence of causality between the quantity and quality of energy consumption and economic growth, *Energy*, 35, 1688-1693.
- Wiseman, P. ve McHugh, D. (2022). Economic dangers from Russia's invasion ripple across globe, The Associated Press, <https://apnews.com>
- World Bank Group, (2024). Energy, <https://www.worldbank.org> (Erişim Tarihi: 09.09.2024)
- World Nuclear Association, (2022). Carbon Dioxide Emissions From Electricity, <https://www.world-nuclear.org/> (Erişim Tarihi: 28.10.2024)
- Wu, K. (2014). China's energy security: Oil and gas. *Energy Policy*, 73, 4-11.
- Yan, X. ve diğerleri. (2024). Does natural resources matter? Nexus among renewable energy policies, technological innovation, environmental protection, and economic growth. *Energy Strategy Reviews*, 51, 1-6.
- Yang, X. ve diğerleri. (2017). Study of the relationship between greenhouse gas emissions and the economic growth of Russia based on the Environmental Kuznets Curve. *Applied Energy*, 193, 162-173.
- Yao, X. ve diğerleri. (2020). Inequalities by energy sources: An assessment of environmental quality. *PLoS ONE*, 15(3), 1-28.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2020). Panel Zaman Serileri-Stata Uygulamalı, 3. Baskı, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2021). Panel Veri Ekonometrisi-Stata Uygulamalı, 6. Baskı, İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Yücel, F. B. (1994). *Enerji Ekonomisi*, 1. Baskı, Ankara: Febel Ltd. Şti.
- Zafar, F. ve diğerleri. (2013). Impact of Trade Liberalization and Corruption on Environmental Degradation in Pakistan. *Journal of Finance and Economics*, 1(4), 84-89.
- Zeb, K. ve diğerleri. (2017). A survey on waste heat recovery: Electric power generation and potential prospects within Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1142-1155.
- Zhang, T. ve Fanzhen, Z. (2024). A study on the relationships among green finance, environmental pollution and economic development. *Energy Strategy Reviews*, 51, 1-10.
- Zhang, Z. ve diğerleri. (2022). From low carbon to carbon neutrality: A bibliometric analysis of the status, evolution and development trend. *Journal of Environmental Management*, 322, 1-18.
- Zhong, W. ve diğerleri. (2017). Global pattern of the international fossil fuel trade: The evolution of communities. *Energy*, 123, 260-270.
- Zhou, P. ve Wang, M. (2016). Carbon dioxide emissions allocation: A review. *Ecological Economics*, 125, 47-59.

Zhou, R. ve diğlerleri. (2023). Energy efficiency and China's carbon emissions: evidence from non-parametric approaches. *Energy Efficiency*, 16(63), 1-15.

