



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE'DE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON EMİSYONU

MUSTAFA KAPLAN

DANIŞMAN

DOÇ. DR. MUSTAFA EMİR YÜCEL

BARTIN-2025



T.C.
BARTIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

TÜRKİYE'DE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON EMİSYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa KAPLAN

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman :
Üye :
Üye :

BARTIN-2025

KABUL VE ONAY

Mustafa KAPLAN tarafından hazırlanan “TÜRKİYE’DE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON EMİSYONU”başlıklı bu çalışma, 28.08.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

Üye :

Üye :

Bu tezin kabulü Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zafer CEYLAN
Enstitü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Mustafa Emir YÜCEL danışmanlığında hazırlamış olduğum “TÜRKİYE’DE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON EMİSYONU” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

11.09.2025

Mustafa KAPLAN



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında entellektüel derinliği, üstün akademik donanımı, yapıcı eleştirileri ve bilimsel titizliği ile ortaya koyduğu çok değerli akademik rehberliğinin yanında tez sürecinin her zorluğunda kurduğunu hissettiğim empatiile destekleyici, teşvik ve motive edici naif ruhsal rehberliğini ve insani yaklaşımını kelimelerle tarif edemeyeceğim çok değerli danışmanım Doç. Dr. Mustafa Emir YÜCEL'e sabrı, ilgisi ve düşünsel dünyama kattığı eşsiz katkıları için en içten şükranlarımı sunarım. Ayrıca akademik yolculuğumun henüz başında iken iyi niyetli, samimi ve destekleyici yaklaşımı ile motivasyonuma ve inancıma çok değerli katkılar sunan Doç. Dr. Ramazan ARSLAN ve Doç. Dr. Devran ŞANLI'ya gönülden teşekkür ederim.

Çalışmama bilgi, zaman ve görüşleriyle katkı sunan saygıdeğer jüri üyelerine şükranlarımı sunarım. Her koşulda bana inanan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen başta annem Emine KAPLAN olmak üzere sevgili aileme ve bu süreçte en büyük destekçim olan can yoldaşım, sevgili eşim Feyzanur KAPLAN'a; sabır, anlayış ve sınırsız destekleriyle beni her zaman güçlü kıldıkları için minnettarım. Hayatımıza neşesi, güler yüzü ve tek başına varlığıyla dahi kattığı eşsiz enerji ve inançla ilham kaynağı olan canım oğlum Hasan Mahir KAPLAN'a ise sevgiyle.

Mustafa KAPLAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE’DE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON EMİSYONU

Mustafa KAPLAN

Bartın Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İktisat Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr.Mustafa Emir YÜCEL

Bartın-2025, sayfa:48

Bu tezde, Türkiye’de kişi başı karbondioksit (CO₂) emisyonları ile yenilenebilir enerji tüketimi, fosil yakıt tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki 1974–2023 dönemi için yıllık veriler kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Our World in Data ve Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri veri tabanlarından elde edilmiştir. Zaman serisi verilerinin durağanlık özellikleri birim kök testleri ile analiz edilmiş ve değişkenlerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olması nedeniyle ARDL (Autoregressive Distributed Lag) eşbütünleşme yöntemi tercih edilmiştir.

Elde edilen ampirik bulgular, Türkiye’nin enerji tüketim yapısının çevresel etkilerini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Uzun dönem tahminlerine göre, fosil yakıt tüketimi CO₂ emisyonlarının en temel belirleyicisi olup güçlü ve pozitif bir etkiye sahiptir. Buna karşılık, yenilenebilir enerji tüketiminin emisyonları istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Kısa dönemde ise ekonomik büyümenin CO₂ emisyonları üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu görülmüş, bu durum çevresel Kuznets eğrisi (EKC) hipotezinin erken aşamalarıyla uyumlu bulunmuştur. Ancak uzun vadede ekonomik büyümenin emisyonlar üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmamış, bu da enerji bileşiminin, teknolojik gelişmelerin ve çevresel düzenlemelerin uzun dönemli belirleyiciliğini işaret etmiştir. Hata düzeltme mekanizmasının katsayısı negatif ve anlamlı

bulunmuş, dolayısıyla modelin her dönemde yaklaşık %74 oranında uzun dönem dengesine dönebildiği ortaya konulmuştur. Ayrıca etki-tepki analizleri de bu bulgularla büyük ölçüde örtüşmüş, fosil enerji tüketimindeki artışların kalıcı bir şekilde emisyonları yükselttiği, yenilenebilir enerji tüketimindeki artışların ise emisyonlar üzerinde azaltıcı bir etki yarattığı belirlenmiştir.

Çalışmanın bulguları, Türkiye'nin enerji politikalarında yapısal bir dönüşüm ihtiyacına işaret etmektedir. Fosil yakıt ağırlıklı enerji üretim ve tüketim yapısı, çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle çelişmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması, düşük karbonlu teknolojilerin teşvik edilmesi ve çevresel regülasyonların güçlendirilmesi kritik önem taşımaktadır. Türkiye'nin enerji arz güvenliğini sağlarken aynı zamanda uluslararası iklim hedefleriyle uyumlu politikalar geliştirmesi, hem ekonomik bağımsızlığın güçlendirilmesi hem de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından stratejik bir zorunluluk olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: ARDL, Karbon Emisyonları, Yenilenebilir Enerji Tüketimi.

Bilim Alanı Kodu: Q42, Q53, C32

ABSTRACT

M.A. Thesis

ENERGY CONSUMPTION AND CARBON EMISSIONS IN TURKEY

Mustafa KAPLAN

Bartın University

Graduate School

Department of Economics

Thesis Advisor: Prof. Dr. Mustafa Emir YÜCEL

Bartın-2025, pp: 48

This thesis investigates the relationship between per capita carbon dioxide (CO₂) emissions, renewable energy consumption, fossil fuel consumption, and economic growth in Turkey over the period 1974–2023 using annual data. The data were obtained from the Our World in Data and World Bank Development Indicators databases. The stationarity properties of the time series were examined through unit root tests, and since the variables were found to have different integration orders, the ARDL (Autoregressive Distributed Lag) cointegration approach was employed.

The empirical findings clearly reveal the environmental implications of Turkey's energy consumption structure. Long-run estimations indicate that fossil fuel consumption is the primary determinant of CO₂ emissions with a strong and positive effect. In contrast, renewable energy consumption was found to have a statistically significant and negative impact on emissions. In the short run, economic growth exerts a positive and significant effect on CO₂ emissions, a result consistent with the early stages of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. However, the long-run impact of economic growth on emissions was found to be statistically insignificant, suggesting that energy composition, technological progress, and environmental regulations play a more decisive role in the long term. The error correction term was found to be negative and statistically significant,

indicating that the system converges back to its long-run equilibrium at a rate of approximately 74% per period. Moreover, impulse–response analyses confirmed these results, showing that positive shocks to fossil fuel consumption lead to persistent increases in CO₂ emissions, while increases in renewable energy consumption generate short-term reductions in emissions.

The findings of the study highlight the necessity of structural transformation in Turkey’s energy policies. The fossil fuel–dependent growth model is shown to be incompatible with environmental sustainability goals. Therefore, scaling up investments in renewable energy, promoting low-carbon technologies, and strengthening environmental regulations are of critical importance. Developing energy policies that ensure supply security while aligning with international climate commitments is a strategic imperative for Turkey, both for enhancing economic resilience and for achieving environmental sustainability.

Keywords: ARDL Bounds Testing, Carbon Emissions, Renewable Energy Consumption,.

Scientific Field Code: Q42, Q53, C32

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	ii
BEYANNAME	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GSYH, ENERJİ VE ÇEVRE.....	3
2.1 Enerji ve Çevre İlişkisi.....	3
2.2. Türkiye’de GSYH Enerji İlişkisi	12
2.3. Türkiye’nin Enerji Yapısı	16
3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	19
4. UYGULAMA	22
4.1. Metodoloji	27
4.1.1. Değişkenlerin Otokorelasyon Yapısı	31
4.1.2. Birim Kök Testleri	33
4.1.3. Eşbütünleşme Analizi	34
4.2. Tahmin Sonuçları.....	35
4.2.1 ARDL Tahmin Sonuçları	36
4.2.2 Etki- Tepki Fonksiyonları	37
5. SONUÇ	39
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
No	No
2.1: Küresel CO2 emisyonu	4
2.2: Küresel birincil enerji tüketimi	5
2.3: Ocak Ayına Ait Küresel Sıcaklık Anomalileri (1940–2025) 1991–2020 ortalamasına göre fark (°C).....	6
2.4: Toplam enerji üretimi içinde yenilenebilir enerji payı.....	8
2.5: AB-27 ülkelerine ait kişi başı ve toplam CO2 emisyonları	9
2.6: Türkiye' nin toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı.....	11
2.7: Türkiye'nin kişi başı ve toplam CO2 emisyonları.....	11
2.8: Türkiye'nin 1965–2023 yılları arasındaki GSYH (2005 sabit dolar) ile birincil enerji tüketimi (TWh) verilerini.....	14
2.9: Türkiye'de birincil enerji kaynaklarının yıllara göre tüketim düzeyleri.....	17
4.1: Türkiye'de kişi başı CO2 emisyonları	26
4.2:Türkiye' de kişi başı gayrisafı yurt içi hasıla.....	26
4.3: Türkiye' de yenilenebilir enerji tüketimi	27
4.4: Türkiye' de fosil enerji tüketimi	27

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
4.2: Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler	25
4.3: Değişkenlerin otokorelasyon yapısı	31
4.4: Birim kök test istatistikleri (Düzey)	33
4.5: Birim kök test istatistikleri (1. Fark)	34
4.6: ARDL bounds test sonuçlar	35
4.7: Kısa ve uzun dönem katsayıları	36



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

CO ₂	Karbondioksit
CH ₄	Metan
N ₂ O	Diazot monoksit
HFC	hidroflorokarbonlar
PFC	perflorokarbonlar
SF ₆	Kükürthegezaflorür
°C	Santigrad Derece

KISALTMALAR

IPCA	Intergovernmental Panel on Climate Change
GSYH	Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
EU ETS	AB Emisyon Ticaret Sistemi
CBAM	Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun dünyamız iklim sistemi üzerindeki etkisi gün geçtikçe daha belirgin bir hal almasının yanı sıra ölçülebilir bir boyut da kazanmaktadır. Sanayileşme sürecinin hız kazanmasıyla birlikte ihtiyaç duyulan enerji, gelişme süreçlerinin başından itibaren fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanılmasını da beraberinde getirmiş ve atmosferdeki sera gazı (GHG) konsantrasyonlarının önemli ölçüde artmasına sebep olmuştur. Sera gazlarının atmosferde yarattığı tahribat, iklim sisteminde geri dönülemez sonuçlar doğurabilecek kırılmaların habercisi olarak değerlendirilmektedir (Kim vd., 2022). Özellikle de son yıllarda gözlemlenen olağanüstü sıcaklık artışları, kuraklık, seller, deniz seviyesindeki yükselme ve diğer aşırı hava olayları, büyük oranda insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarından kaynaklandığı ifade edilmektedir (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014). İklim değişikliği günümüzde çevresel bir sorun olmanın ötesine geçerek, ortaya çıkardığı yıkıcı etkileri, ekonomik, sosyal ve politik boyutlarıyla küresel düzeyde önemli sorunlara yol açmaktadır. Bu durum, başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere dünyayı iktisadi sürdürülebilirlik açısından zorlayıcı koşullarla karşı karşıya bırakmaktadır. Günümüzde bu emisyonların başlıca kaynağını hâlâ enerji üretim süreçleri oluşturmaktadır. Bu çerçevede, iklim değişikliğinin etkilerini olabildiğince azaltmak için başta enerji sistemlerinin yapısal dönüşümü ve düşük karbonlu teknolojilere geçiş sürdürülebilir iktisadi faaliyetlerin olmazsa olmaz bir dönüşümü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dolayısıyla enerji, ülkelerin ekonomik kalkınma süreçlerinde temel bir üretim girdisi olarak değerlendirilmektedir. Gerek ulusal düzeyde gerekse sektörel ölçekte büyüme eğilimleri, enerji talebinde belirgin artışlara yol açmaktadır. Ekonomik gelişme yalnızca enerji kaynaklarına olan ihtiyacı artırmakla kalmamakta, aynı zamanda üretim ve tüketim kalıplarında dönüşümlere neden olarak enerji talebinin yapısında değişiklikler meydana getirmektedir (Medlock ve Soligo, 2001). Buna ek olarak, nüfusun artışı ve hızlı kentleşme süreci, hane halklarının nihai enerji tüketiminde kayda değer bir yükselişe zemin hazırlamaktadır.

İnsanoğlunun beslenme, ısınma ve barınma gibi temel ihtiyaçlar ile başlayan enerji ile ilişkisi bu ilişkinin insanlığın ilk dönemlerine kadar uzandığını göstermektedir. Endüstrileşme ve sanayileşmeyle birlikte enerjinin üretimin her aşamasında yer almaya başlaması bu ilişkiye

ayrı bir boyut kazandırarak enerjinin insan hayatının ve ekonomik faaliyetlerin devamlılığında hayati bir role sahip olduğunun daha da anlaşılmasına katkı sunmuştur. Ekonomik büyüme, kalkınma ve refah artışı için en önemli faktörlerden bir tanesi elektrik üretimi ile endüstriyel olarak kullanım da dahil her türlü enerji tüketimidir (Hou vd. , 2023). Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve teknolojik ilerleme gibi olguların ortaya çıkardığı kitleler için üretim ve sanayileşme ile küreselleşmenin ortaya çıkardığı uluslararası rekabet ortamı her ekonomi için büyümeyi önemli bir öncelik haline getirmiştir. Bu büyüme arzusu ise günümüzde hemen her ekonomik faaliyet için temel bir girdi olarak kabul edilen enerjiye talebi her geçen gün arttırmaktadır.

Türkiye’de enerji talebindeki artış, özellikle nüfusun hızla büyümesi, sanayileşmenin ivme kazanması ve kentleşme sürecinin hızlanmasıyla birlikte daha belirgin hale gelmektedir. Bu artan talebin büyük ölçüde fosil yakıt ithalatına dayanarak karşılanıyor olması, ülkeyi hem dışa bağımlı bir konuma sürüklemekte hem de çevresel sorunları derinleştirmektedir. Kömür ve doğalgazın enerji üretiminde hâlen yüksek paya sahip olması, karbon emisyonlarının kontrol altına alınmasını güçleştirirken, hava kirliliği ve iklim değişikliğine bağlı risklerin artmasına da zemin hazırlamaktadır. Buna karşılık, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında kaydedilen ilerlemeler, sürdürülebilir büyüme ve çevresel dengelerin korunması açısından önemli bir fırsat olarak görülmektedir. Dolayısıyla Türkiye’nin enerji kullanım yapısını çevresel etkileriyle birlikte ele almak, yalnızca iklim değişikliğiyle mücadele politikaları açısından değil, aynı zamanda ekonomik bağımsızlık ve toplumsal refahın geleceği açısından da kritik bir gereklilik haline gelmiştir.

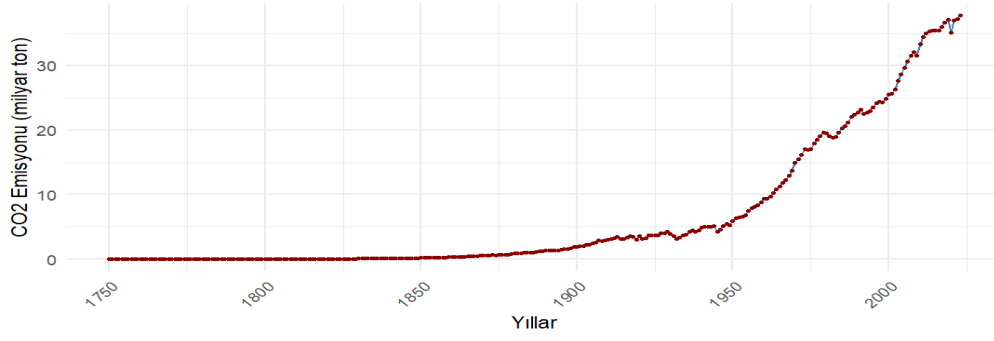
Bu çalışma, Türkiye’nin enerji tüketim yapısının çevresel etkilerini daha iyi anlamak ve özellikle enerji kaynaklarının karbondioksit emisyonları üzerindeki rolünü ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır. Bu doğrultuda 1974–2023 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak kişi başı CO₂ emisyonları ile yenilenebilir enerji, fosil yakıt tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler ekonometrik yöntemlerle incelenmiştir. Çalışmanın temel hedefi, enerji kullanımındaki farklı bileşenlerin çevresel sürdürülebilirlik açısından nasıl sonuçlar doğurduğunu ortaya koymak ve politika yapıcılar için yol gösterici olabilecek bulgular elde etmektir. Böylece hem Türkiye’nin iklim değişikliği ile mücadelesine katkı sağlayacak hem de uzun vadeli enerji politikalarının şekillendirilmesinde dikkate alınabilecek kapsamlı bir analiz sunulmaktadır.

2. GSYH, ENERJİ VE ÇEVRE

Enerji ve çevre arasındaki ilişki, ekonomik büyüme ve kalkınma süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Enerji üretimi ve tüketimi, ekonomik faaliyetlerin temel girdisi olmakla birlikte çevresel bozulmanın da başlıca nedenidir. Özellikle fosil yakıtlara dayalı enerji kullanımı, artan sera gazı emisyonları yoluyla iklim değişikliğini hızlandırmakta ve ekosistemlerin dengesini tehdit etmektedir. Bu nedenle, enerji politikalarının çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu hale getirilmesi, hem ekonomik refahın korunması hem de iklim krizinin etkilerinin sınırlandırılması açısından zorunlu hale gelmiştir.

2.1 Enerji ve Çevre İlişkisi

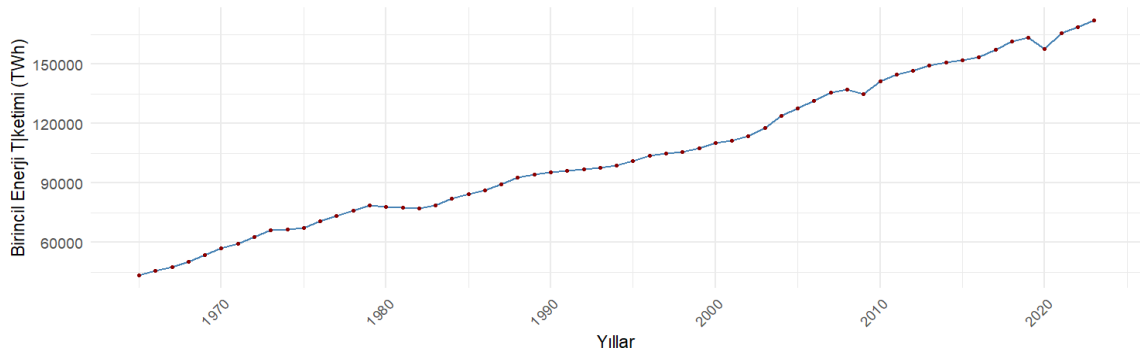
İklim değişikliği, esasen insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarının (karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazot monoksit (N_2O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kükürthegzaflorür (SF_6)) birikmesiyle doğrudan ilişkilidir. Sera gazları içinde en baskın bileşen olan karbondioksit (CO_2), iklim değişikliğinin temel belirleyici hava kirleticisi olarak öne çıkmaktadır. Öyle ki, IPCC'nin Altıncı Değerlendirme Raporu'na göre, 2019 yılı itibarıyla toplam küresel sera gazı emisyonları yaklaşık %65'lik kısmı yalnızca CO_2 kaynaklı emisyonlardan kaynaklanmaktadır. Bu durum özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrası dönemde sanayileşmenin hız kazanması ve üretim için daha fazla fosil yakıtın (kömür, petrol ve doğal gaz) yaygın bir biçimde kullanılmasıyla atmosferdeki CO_2 konsantrasyonlarını çarpıcı biçimde artırmıştır (Friedlingstein vd., 2022). 1950'lerden sonra özellikle gelişmiş ülkelerin öncülüğünde başlayan sanayi temelli kalkınma modeli, yüksek miktarda enerji tüketimini ve dolayısıyla yoğun CO_2 salımını beraberinde getirmiştir. 1950'lerden bu yana küresel CO_2 emisyonları yaklaşık 10 kat artmıştır ve bu artış, yalnızca sanayi değil, ulaşım, tarım ve konut sektörlerinde de fosil yakıt bağımlılığıyla pekişmiştir (Ritchie vd., 2022). Aşağıda yer alan Şekil 2.1, küresel CO_2 emisyonlarının özellikle 1950'lerden itibaren hızlı bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu eğilim, fosil yakıt kullanımına dayalı sanayileşmenin ve tüketim odaklı ekonomik büyümenin iklim değişikliği üzerindeki belirleyici rolünü açıkça yansıtmaktadır.



Şekil 2.1: Küresel CO2 emisyonu

Kaynak: Our World in Data veri setinden elde edilen veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.

Küresel karbondioksit (CO₂) emisyonlarında özellikle 1950’li yıllardan itibaren gözlemlenen hızlı artışın en önemli nedenleri arasında başta günümüz gelişmiş ülkeleri olmak üzere dünya genelinde hızla artan enerji talebi ve ortaya çıkan bu talebin zamanın teknolojisi itibariyle büyük ölçüde fosil yakıtlara dayalı kaynaklardan karşılanması yatmaktadır. Enerji tüketimi, kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) ve dünya nüfusu, 1850–1949 yılları arasında görece yavaş ve istikrarlı bir seyir izlerken, 1950 sonrası dönemde dikkat çekici bir sıçrayış yaşamıştır (Bogmans vd.,2020). Aşağıda yer alan Şekil 2.2’ de görüldüğü üzere bu dönemde sanayileşme, kentleşme ve teknolojik gelişmelere paralel olarak enerji talebi küresel ölçekte hızla artmış; bu artışın doğrudan bir sonucu olarak CO₂emisyonlarında ivme kazanmıştır.Bu eğilimi tetikleyen temel etkenlerden ilki, sanayileşme ile birlikte artan refahın bir sonucu olarak kişi başına düşen enerji tüketimindeki artıştır. Artan refah düzeyi, üretim süreçlerinin enerji yoğunluğunun artması ve sanayi odaklı büyüme stratejileri, kişi başına düşen enerji talebini belirgin bir biçimde yükseltmiştir (Smil,2017). İkinci temel etken ise dünya nüfusunda aynı dönemde yaşanan hızlı artıştır. 1950 sonrası küresel nüfus artışı, toplam enerji talebini yalnızca kişi başı tüketim üzerinden değil, aynı zamanda mutlak anlamda da önemli ölçüde artırmıştır (Ritchie ve Roser, 2020). Bu iki etken birlikte ele alındığında, hem nüfusun çoğalması hem de kişi başına tüketilen enerji miktarındaki yükseliş, enerji arzında fosil yakıtların öncelikli kaynak olarak benimsenmesiyle birleşmiş ve neticede CO₂emisyonlarının yapısal olarak büyümesine neden olmuştur (International Energy Agency, 2022).



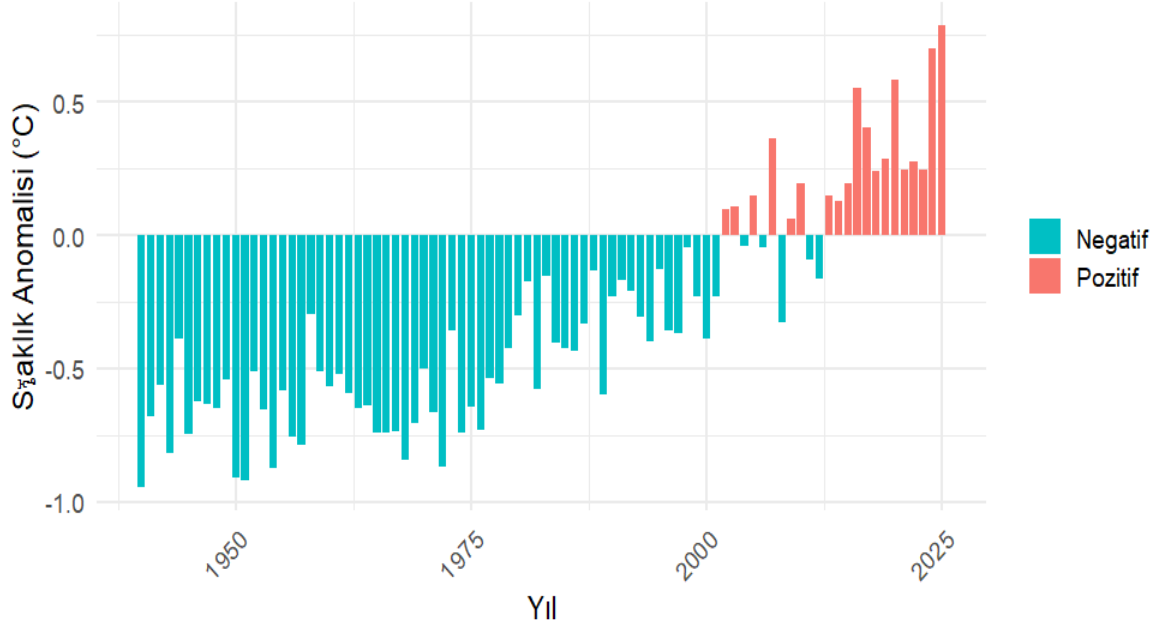
Şekil 2.2:Küresel birincil enerji tüketimi

Kaynak: Our World in Data veri setinden elde edilen veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.

İklim değişikliği, zaman zaman gerçekliği sorgulanan, bazı politikacılar ve şirketler tarafından hayali bir kavram olarak nitelendirilse de, bilimsel veriler bu yaklaşımın geçersizliğini açıkça ortaya koymaktadır. Küresel sıcaklık artışı, buzulların erimesi, deniz seviyesindeki yükselmeler, kuraklık, orman yangınları ve aşırı hava olaylarındaki artış gibi gözlemlenebilir etkiler, iklim değişikliğinin yalnızca geleceğe dair bir tehdit değil, günümüzde yaşanan çok yönlü bir kriz olduğunu göstermektedir (Intergovernmental Panel on ClimateChange, 2022). Nitekim IPCC (2014) raporunda da belirtildiği üzere, iklim değişikliğinin etkileri başlangıçta yavaş ilerleyip zamanla hızlanabilmekte ve bu süreçte geri dönüşü olmayan eşiklerin aşılması mümkün olabilmektedir. Bu durum, özellikle uzun ömürlü sera gazlarının atmosferde birikmesiyle tetiklenen pozitif geri besleme döngüleri ile daha da pekişmektedir (Lenton vd., 2008).

İklim değişikliğinin etkileri günümüzde ölçülebilir, somut ve hızla derinleşen bir çevresel tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 2.3'te, iklim değişikliği ile ilgili en önemli göstergelerden biri olan küresel ortalama yüzey sıcaklıklarının yıllar içindeki seyri yer almaktadır. Şekil, Dünya'nın sıcaklığının zaman içinde sürekli ve istikrarlı bir şekilde arttığını açık biçimde ortaya koymaktadır. Özellikle sanayi devriminden bu yana hızla artan enerji tüketimi, fosil yakıt kullanımına dayalı üretim ve tüketim alışkanlıklarının bu artışın (küresel ısınma) başlıca nedenlerinden biri olduğunu açıkça göstermektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, enerji sektörüne bağlı karbon emisyonları, küresel sera gazı salımlarının yaklaşık %75'ini oluşturmaktadır ve bu oran, enerji sistemlerinin iklim üzerindeki yapısal etkisini ortaya koymaktadır (International Energy Agency, 2023). Ayrıca, kişi başına düşen enerji tüketimindeki artış ve dünya nüfusundaki hızlı büyüme, toplam

enerji talebini dramatik biçimde artırarak fosil kaynaklara olan bağımlılığı daha da derinleştirmiştir (Smil, 2017; Ritchie vd., 2020).



Şekil 2.3: Ocak Ayına Ait Küresel Sıcaklık Anomalileri (1940–2025) 1991–2020 ortalamasına göre fark (°C)

Kaynak: Our World in Data veri setinden elde edilen veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.

İktisadi büyümenin bir sonucu olarak ortaya çıkan yoğun enerji kullanımı ve nüfus artışının çevresel etkileri hakkında bilimsel rapor ilk olarak 1972 tarihli Limits to Growth adlı Roma Raporu, sınırsız ekonomik büyümenin çevresel sınırlar içerisinde sürdürülemeyeceğini öngörerek, iklim krizi gibi ekolojik sorunların erken habercisi olmuştur (Meadows vd., 1972). Roma Raporu, bazı teknik tutarsızlıkları ve varsayımları edeniyle çeşitli eleştirilere maruz kalmış olsa da (Clift vd., 2021), ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliğini irdeleyen ilk çalışma olarak nitelendirilmektedir. Özellikle kaynakların sınırlılığı, nüfus artışı, sanayileşme ve çevresel bozulma arasındaki dinamik ilişkiyi modelleyerek, ekonomik büyümenin çevresel etkilerini tartışmaya açmıştır. Bu çerçevede, iktisadi faaliyetlerin iklim sistemi üzerindeki etkisini Roma Raporu gibi daha erken dönemde bilimsel olarak ortaya koyan bir diğer önemli katkı fosil yakıtların yakılmasıyla atmosfere salınan CO₂'nin Dünya'nın sıcaklığını artırabileceğini ilk defa matematiksel olarak modelleyen (Arrhenius, 1896) tarafında ortaya konmuştur. Bu çalışma, küresel ısınma konusundaki ilk bilimsel uyarı

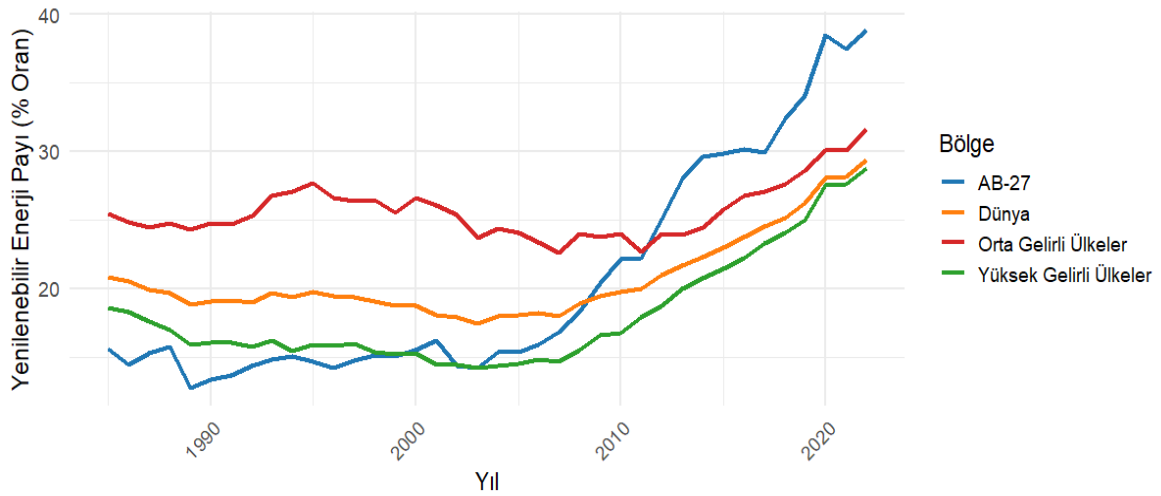
olarak da nitelendirilmektedir.

Bilimsel olarak ortaya konulan bu gerçeklikler küresel düzeyde de zamanla karşılığını bularak uluslararası önlemleri beraberinde getirmiştir. Bu önlemlerden ilki, 1992 yılında imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), iklim değişikliğine neden olan insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını amaçlayan ilk küresel anlaşma olarak kabul edilmektedir. Bu sözleşmeyi takiben 1997 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere sözleşmeye taraf olan ülkelere bağlayıcılığı olan emisyon azaltım hedefleri getirmiştir. Ancak bu hedeflerin etkisi zamanla sınırlı kalmış ve daha kapsayıcı ve geniş yeni sözleşmelerin ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu durum, 2015 Paris Anlaşmasının imzalanmasını sağlamış ve anlaşma sonucunda küresel sıcaklık artışını 2°C'nin oldukça altında, tercihen 1.5°C ile sınırlamayı hedefleyen ve tüm ülkeleri emisyon azaltımına davet eden daha kapsayıcı bir çerçeve sunmuştur.

Uluslararası önlemlerin ülkeler özeline yansımaları sonucunda, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve çevresel bozulmayı sınırlamak için son yıllarda birçok ülke fosil yakıtlara dayalı üretim ve tüketim kalıplarını dönüştürmeye yönelik önemli politika adımları atmıştır. Bu amaçla, karbon fiyatlandırması, çevresel vergiler, emisyon ticaret sistemleri (ETS), yeşil finansman mekanizmaları gibi birçok çevresel politika ülkeler tarafından uygulanmaya başlanmıştır (World Bank, 2023). Bu önlemlerin sürdürülebilir bir döngüyü sağlaması için yalnızca çevresel zararı azaltmamakta aynı zamanda enerji sektöründeki yapısal dönüşümün temel dinamiklerinden biri olarak işlev görmesi gerekmektedir. Çünkü, bu tarz politikaların başarılı olmasının arkasındaki en büyük işlevi üretim ve tüketim kalıplarındaki enerji kullanım yapısını daha düşük karbonlu teknolojilerin ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasını teşvik etmesi olarak nitelendirilmektedir.

Ülkeler tarafından uygulamaya konulan emisyon azaltılmasına yönelik politika araçları, fosil yakıt kullanımının gerçek maliyetini içselleştirerek, rüzgâr, güneş ve biyokütle gibi temiz enerji kaynaklarının göreceli rekabet gücünü artırmaktadır. Uluslararası ölçekte bu dönüşümün merkezinde yer alan Avrupa Birliği, 2005 yılında uygulamaya koyduğu Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS) ile karbon maliyeti yaklaşımını kurumsallaştırmış, aynı zamanda Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal) ve REPowerEU stratejileriyle yenilenebilir enerji yatırımlarını hızlandırmıştır (European Commission, 2022). AB ülkelerinin hem karbon

emisyön ticareti hem de çevresel vergiler vasıtasıyla yaşadığı yenilenebilir enerji dönüşümü, diğer ülkeler tarafından da hızlıca benimsenmeye başladı. Aşağıda yer alan Şekil 2.4 toplam enerji üretimi içinde yenilenebilir enerji payını göstermektedir. Şekle göre, özellikle 2005 sonrası dönemde AB-27 ülkelerinde yenilenebilir enerji üretiminin toplam enerji üretimi içindeki payı belirgin bir şekilde artış göstermektedir. Bu eğilimin AB ülkelerinde daha erken dönemde ve daha keskin olması Avrupa Birliği'nin uygulamaya koyduğu düzenleyici mekanizmaların, enerji arz yapısında yapısal bir dönüşüm yarattığının güçlü bir göstergesidir. AB dışındaki diğer ülke gruplarında ise benzer bir artış eğiliminin, daha geç bir tarihte ve daha düşük bir ivmeyle başladığı görülmektedir. Bu durum, öncü politika uygulayıcılarının piyasa yönlendirme etkisini ortaya koymakta; aynı zamanda karbon fiyatlama ve çevresel maliyet içselleştirme araçlarının, yalnızca emisyon azaltımı değil, enerji kaynak bileşimini değiştirme yönünde de işlevsel olduğunu göstermektedir. Grafik ayrıca, özellikle 2010'lu yıllardan itibaren orta ve yüksek gelirli ülkeler arasında yenilenebilir enerjiye geçiş hızının yakınsadığını da ortaya koymakta, bu da küresel ölçekte politika aktarımının etkisini yansıtmaktadır.

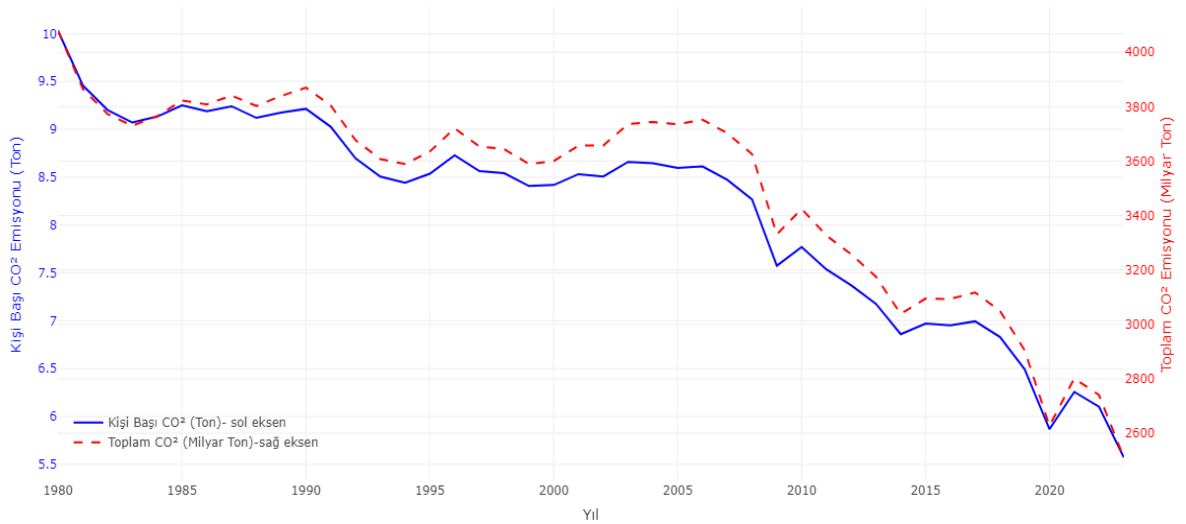


Şekil 2.4: Toplam enerji üretimi içinde yenilenebilir enerji payı

Kaynak: Our World in Data veri setinden elde edilen veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.

Avrupa Birliği'nin çevresel politika araçlarını (emisyön ticareti ve vergilendirme) diğer ülkelere kıyasla daha erken benimsemesi, enerji sektöründe yapısal bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Örneğin, Błażejowska vd. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, AB Emisyön Ticaret Sistemi'nin (EU ETS) uygulanmasının ardından fosil yakıt

kullanımının azaldığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının anlamlı biçimde arttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Avrupa Çevre Ajansı (2011) AB ülkelerinde çevresel vergilendirme reformlarının ekolojik inovasyonu teşvik ettiğini ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimini hızlandırdığını vurgulamaktadır. Bu durum AB ülkelerinin hem toplam hem de kişi başına düşen CO₂ emisyon miktarına önemli etkileri olmuştur. Bu politika araçlarının etkisi, Şekil 2.5'te yer alan AB-27 ülkelerine ait kişi başı ve toplam CO₂ emisyonlarındaki eğilimlerle açıkça gözlemlenmektedir. Grafik incelendiğinde, özellikle 2005 yılından itibaren hem kişi başına düşen CO₂ emisyonlarında hem de toplam emisyon miktarında belirgin bir düşüş eğilimi gözlemlenmektedir. Bu tarih, aynı zamanda AB çapında EU ETS'nin yürürlüğe girdiği döneme karşılık gelmektedir. 2010 sonrası süreçte bu düşüş daha da hızlanarak, çevresel politika uygulamalarının somut çıktılar verdiğini göstermektedir. Özellikle kişi başı CO₂ emisyonlarının 1980'de 10 ton civarındayken 2023 yılına gelindiğinde 5.6 tona kadar gerilemesi, sürdürülebilir enerji dönüşümünün başarısını yansıtmaktadır. Aynı şekilde toplam emisyonlarda da yaklaşık 4 milyar tondan 2.5 milyar ton düzeyine düşüş gözlemlenmektedir. Bu durum, AB'nin iklim politikasındaki öncülüğünün sadece stratejik hedeflerle sınırlı kalmadığını, aynı zamanda somut çevresel çıktılarla desteklendiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 2.5: AB-27 ülkelerine ait kişi başı ve toplam CO₂ emisyonları

Kaynak: Our World in Data veri setinden elde edilen veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.

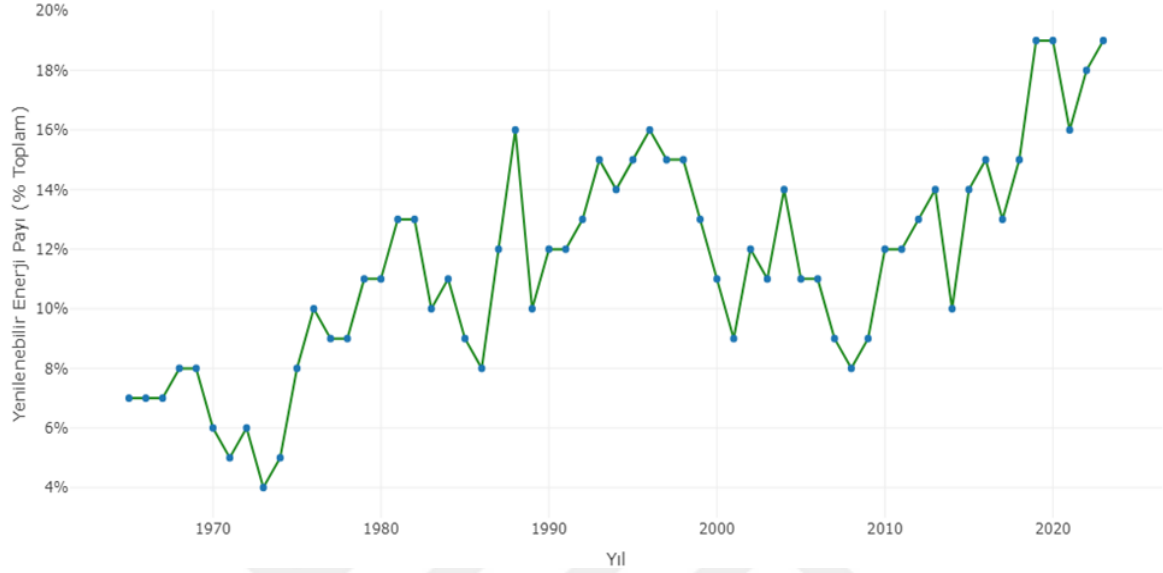
Türkiye özellikle son yıllarda enerji arzında yenilenebilir kaynakların payını arttırma yönünde çok ciddi adımlar atmaktadır. Yenilenebilir enerji yatırımlarındaki bu artış

Türkiye'nin toplam enerji tüketimindeki yenilenebilir kaynaklarının payında bir artışa neden olmaktadır. Şekil 2.6'ya bakıldığında, özellikle 2010 sonrası dönemde rüzgar ve güneş enerjisi yatırımlarının artmasıyla birlikte, toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerji payının istikrarlı bir şekilde yükseldiği dikkat çekmektedir. Şekil 2.7'ye bakıldığında Türkiye'nin kişi başı CO₂ emisyonları ise 1980'lerden itibaren artış göstermiş, ancak 2010'lu yıllardan itibaren artış hızı belirgin biçimde yavaşlamıştır. Bu durum, enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların artan kullanımının emisyonlar üzerindeki baskıyı sınırlamaya başladığını göstermektedir. Nitekim literatürde de yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payının artırılmasının emisyonlar üzerindeki azaltıcı etkisi sıklıkla vurgulanmaktadır (Al-Mulali ve Sab, 2012; Sadorsky, 2014). Türkiye'de emisyon eğiliminde gözlemlenen bu yavaşlama, henüz bir emisyon zirvesine ulaşılmamış olsa da, enerji dönüşümünün olumlu etkilerini göstermeye başlamış olabilir.

Ancak Türkiye'nin mevcut emisyon düzeyi ve enerji yapısı değerlendirildiğinde, fosil yakıtların hâlâ ağırlıklı paya sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, özellikle kömür ve doğalgaz kullanımının enerji üretiminde baskın olmasıyla ilişkilidir. Enerji dönüşüm süreci henüz sistemik düzeyde gerçekleşmemiş, yenilenebilir enerji yatırımları artmakla birlikte toplam arzın karbon yoğun yapısını kökten değiştirecek seviyeye ulaşmamıştır. Türkiye'nin mevcut politikalarında teşvik mekanizmalarının etkinliğine rağmen, yasal bağlayıcılığı yüksek iklim düzenlemelerinin eksikliği dikkat çekmektedir (Kaygusuz ve Kaygusuz, 2002). Bu bağlamda, kişi başı emisyonların artış hızındaki düşüş, iklim hedeflerine ulaşmak açısından umut verici bir gelişme olarak değerlendirilebilse de, daha kapsamlı ve sürdürülebilir politikalarla desteklenmediği sürece kalıcı bir azalma eğilimine dönüşmesi zor görünmektedir.

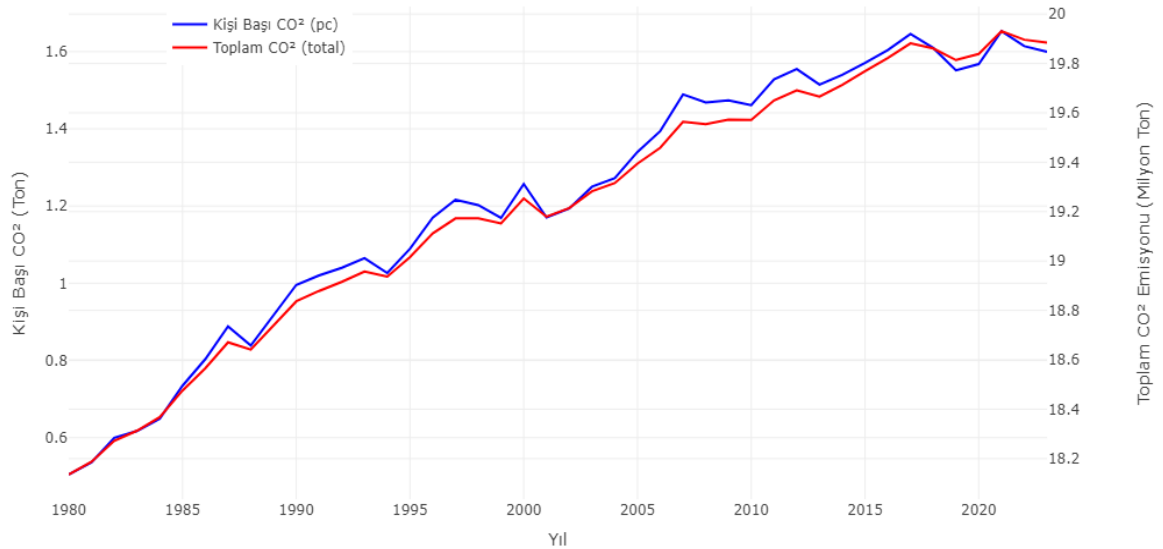
Avrupa Birliği ile karşılaştırıldığında ise, Türkiye'nin emisyon patikasının oldukça farklı bir düzeyde seyrettiği anlaşılmaktadır. AB ülkeleri 2005 sonrası dönemde emisyonlarında gözle görülür bir azalma trendi yakalamışken, Türkiye'de bu süreç artış hızının yavaşlaması şeklinde ortaya çıkmıştır. AB'deki emisyon azaltımı, uzun süredir uygulanan karbon fiyatlandırması, emisyon ticaret sistemleri ve bağlayıcı hedeflerle desteklenmiş enerji politikalarının sonucudur (Wettestad ve Jevnaker, 2016). Buna karşılık, Türkiye'nin emisyon eğiliminde yaşanan yavaşlamanın büyük ölçüde enerji portföyünde yenilenebilir kaynakların artan payından kaynaklandığı, ancak bu etkinin henüz sınırlı olduğu söylenebilir. Türkiye'nin önümüzdeki dönemde emisyonlarını anlamlı düzeyde

azaltabilmesi için, AB'nin politika çerçevesine benzer şekilde enerji dönüşümünü kurumsal ve yasal altyapıyla güçlendirmesi ve fosil yakıt bağımlılığını azaltıcı yapısal reformlara yönelmesi gerekmektedir (Aldy ve Stavins, 2012; Stern, 2008).



Şekil 2.6: Türkiye'nin toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı

Kaynak: Our World in Data veri setinden elde edilen veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 2.7: Türkiye'nin kişi başı ve toplam CO2 emisyonları

Kaynak: Our World in Data veri setinden elde edilen veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.

2.2. Türkiye’de GSYH Enerji İlişkisi

Enerji, günümüzde dünya üzerindeki tüm ülke ekonomilerinin ilerlemesi için önemli bir rol oynamaktadır. Enerjinin kilit rolü, ülkelerin ekonomik büyümelerinin bir itici gücü olmasının yanı sıra, aynı zamanda yaşam kalitesini artıran, ekonomik ve sosyal ilerlemeyi mümkün kılan en temel unsurlardan biri olarak kabul edilmesidir (Diskiene vd., 2008). Bu sebeplerden dolayı enerji, ülkelerin iktisadi gelişme sürecinde ihtiyaç duydukları önemli bir girdi olarak kabul edilir. Hem ülkelerin hem de ülkelerde bulunan sektörlerin büyüme istekleri enerji taleplerinde büyük artış yaşanmasına sebep olmaktadır. Ülkelerin ekonomik gelişimi, enerji kaynaklarına olan talebin artmasına yol açmanın yanı sıra tüketim ve üretim yapısındaki değişiklikleri de tetikleyerek enerji talep yapılarının da farklılıklar oluşturur (Medlock ve Soligo, 2001). Bu süreç nüfus artışı ve hızlı kentleşme ile birlikte hane halklarının nihai tüketimlerinde de artış yaşanmasına neden olmaktadır.

Günümüzde tüm ekonomiler açısından önemli bir performans hedefi olarak görülen GSYH artışı, bu artışın temel bir dinamiği olan enerji GSYH ilişkisini önemli bir çalışma konusu haline getirmektedir.

Enerji GSYH ilişkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmalarda, özellikle OPEC üyesi ülkelerin petrol fiyatlarını yükseltmesiyle 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizleriyle beraber artış yaşanmıştır. Bu alanda yapılan çalışmaların sonucunda birbirinden farklı görüşe sahip çeşitli hipotezler ortaya atılmıştır.

Bu çalışmalarda farklı veri, dönem ve metodolojik yaklaşım kullanıldığından fikir birliğine varılamamıştır. Bu nedenle bazı çalışmalarda, yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye ve ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru uzanan tek yönlü nedensellik bulunmuştur. Bununla beraber, yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişki olduğu, ya da aralarında hiçbir ilişkinin olmadığına dair araştırma sonuçları da bulunmaktadır (Kesbiç ve Salkım Er, 2017).

Bu görüşlerden ilki tarafsızlık hipotezi olarak isimlendirilmektedir. Bu hipoteze göre enerji tüketimi GSYH’yı etkilememektedir. Diğer bir deyişle nötrdür. Diğer görüşlerden bir diğeri

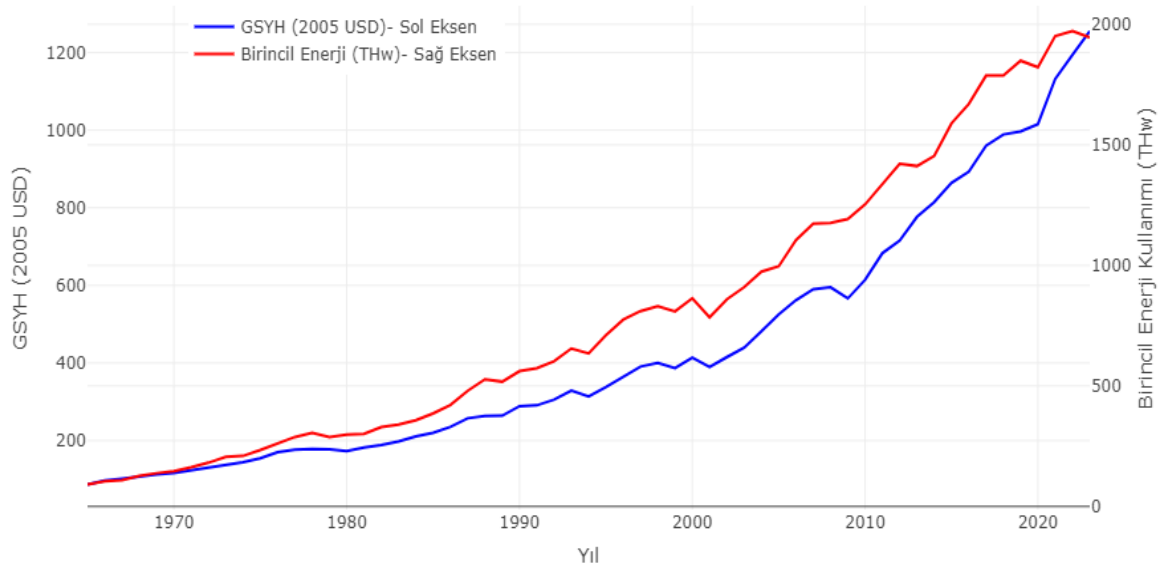
ise ekonomik büyüme hipotezi olarak isimlendirilmektedir. Bu hipoteze göre enerji tüketimindeki bir artış GSYH'yı arttırmaktadır. Üçüncü görüş ise koruma hipotezi olarak adlandırılmaktadır. Koruma hipotezinde GSYH'dan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik söz konusudur. Son hipotez ise geri bildirim hipotezi olarak isimlendirilmektedir. Geri bildirim hipotezinde enerji tüketimi ve GSYH karşılıklı olarak birbirlerine etkilemektedir(Önder ve Polat, 2018).

Ortaya atılan hipotezlerden tarafsızlık hipotezi dışındaki diğer üç hipotezde enerji ve GSYH arasındaki ilişkiye vurgu yapmıştır. Ekonomilerin canlanma dönemlerinde enerji talebinde yaşanan artış ve ekonomilerdeki durgunluk dönemlerinde enerji talebinde yaşanan düşüşte enerji tüketimi ile GSYH arasındaki ilişkinin varlığını savunan hipotezleri doğrular niteliktedir. GSYH'daki sürdürülebilir artış her ekonomi açısından arzu edilen bir durumdur bu ise enerji talebinin artmasına işaret etmektedir.

Gelişmekte olan ülkeler gibi Türkiye'de de, teknolojik gelişmeler, hızlı nüfus artışı ve yükselen yaşam standartları gibi yapısal dinamikler, enerji talebi üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır (Erdemir, 2022). Türkiye ekonomisinin enerji bağımlılığının bu derece yüksek olmasının nedenleri arasında üretim kapasitesini artırmaya yönelik sanayi ve altyapı yatırımları ile ihracata dayalı büyüme stratejileri yer almaktadır. Nitekim Türkiye'nin ekonomik büyümesi ile enerji tüketimi arasında pozitif ve güçlü bir ilişki bulunduğu; ekonomik büyümenin büyük oranda enerji girdisine dayandığı literatürde çeşitli çalışmalarla da ortaya konmuştur (Erdal vd. 2008 ; Acaravcı ve Öztürk, 2010). Sanayi sektörü başta olmak üzere ulaştırma, inşaat ve konut sektörlerindeki üretim artışları enerji ihtiyacını doğrudan artırmakta; bu da enerji arz güvenliğini stratejik bir mesele hâline getirmektedir. Türkiye, artan enerji ihtiyacını karşılamak için büyük ölçüde ithalata dayalı bir yapı sergilemekte olup, 2022 itibarıyla toplam birincil enerji arzının yaklaşık %70'inden fazlası dış kaynaklardan sağlanmaktadır (IEA, 2021).

Türkiye ekonomisinin üretim yapısının temel bileşenleri olan sanayi ve ulaştırma sektörleri yüksek düzeyde enerji tüketimine dayanmaktadır. Sanayi sektörünün GSYH içindeki payı yıllar içinde belirli bir ölçekte dalgalanma gösterse de, üretim faaliyetlerinin büyük bir bölümü yüksek enerji girdisine ihtiyaç duymaktadır (Erdal vd., 2008). Ekonomik faaliyetlerin enerjiye dayalı bu yapısal özelliğinden dolayı Türkiye'de yaşanan ekonomik büyüme enerji tüketiminde hızlı bir şekilde artırmış ve bu ilişki literatürde yapılan ampirik

alışmalarla da doğrulanmıştır (Acaravcı ve ztrk, 2010; Sarı ve Soytaş, 2007). Aşağıda yer alan şekil 2.8, Türkiye'nin 1965–2023 yılları arasındaki GSYH (2005 sabit dolar) ile birincil enerji tknetimi (TWh) verilerini göstermektedir. Grafik incelendiğinde, her iki değişkenin de yıllar içinde istikrarlı bir artış gösterdiği ve aralarındaki yüksek pozitif korelasyon ekonomik büyümenin enerji tknetimiyle yakından ilişkili olduğunu açıkça göstermektedir. Bu durum, Türkiye'nin üretim yapısının yüksek enerji girdisi gerektiren bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymakla birlikte sanayi ve ulaştırma gibi enerji yoğun sektörlerin büyüme üzerindeki belirleyici rolüne dair destek sunmaktadır.



şekil 2.8: Türkiye'nin 1965–2023 yılları arasındaki GSYH (2005 sabit dolar) ile birincil enerji tknetimi (TWh) verilerini

Kaynak: Our World in Data veri setinden elde edilen veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ekonomilerin enerji bağımlılığı özellikle gelişmekte olan ülkelerde genel bir eğilimdir. Fakat özellikle sanayi devriminden sonra enerji talebinde yaşanan artışla tükenme tehlikesi de bulunan fosil kaynakların yoğun şekilde kullanılmasının hem enerji arz güvenliği dolayısıyla sürdürülebilir büyüme açısından risk taşıması hem de evre üzerinde yarattığı tahribat, ülkeler açısından çevreye duyarlı yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı bir üretim sistemine geçişi kaçınılmaz kılmaktadır.

Türkiye'nin açısından da bu konudaki önemli bir sorunu enerji talebini karşılamada fosil yakıt bağımlılığının oldukça yüksek düzeyde olmasıdır. Başta karbondioksit olmak üzere

sera gazı emisyonlarına ciddi katkıda bulunan kömür, doğalgaz ve petrol gibi fosil kaynaklardan elde edilen enerjinin toplam birincil enerji arzındaki payı 2022 itibarıyla %70'in üzerinde olup, bu durum enerji temininde dışa bağımlılığı artırmakta ve aynı zamanda karbondioksit (CO₂) emisyonlarını ciddi biçimde yükseltmektedir (International Energy Agency, 2023). Türkiye'nin ekonomik büyümesi ile enerji tüketimi arasındaki pozitif ilişkinin, özellikle fosil yakıt temelli enerji tüketimiyle daha belirgin olduğu da belirtilmektedir (Halıcıoğlu,2009; Kula, 2014). Ekonomik büyümenin fosil yakıt bağımlı bu yapısı, Türkiye'nin ekonomik büyümesinin özellikle çevresel sürdürülebilirlik ile çeliştiği bir yapıyı beraberinde getirmektedir. Ortaya çıkan çelişki özellikle hem enerji verimliliği hem de yenilenebilir enerji yatırımlarının temelinde olduğu teknolojik dönüşüm politikalarının daha fazla öncelikle dirilmesini gerekliliğini ortaya koymaktadır. Türkiye'nin ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini aynı anda gerçekleştirebilmesi için enerji tüketiminde kaynak çeşitliliğini artırması, yenilenebilir enerji yatırımlarını derinleştirilmesi ve karbon yoğun üretim yapısından uzaklaşması gerekmektedir (Bilgili vd.,2016).

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin üretim sürecine aktarılması yeni bir süreçtir ve bu nedenle üretimde kullanılan payı da henüz sınırlıdır. Türkiye, fosil yakıt enerji bağımlılığı ve emisyon azaltımı hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaya yönelik politikalar kapsamında 2017 yılında kabul edilen Milli Enerji ve Maden Politikası, özellikle güneş ve rüzgar enerjisine dayalı yatırımları teşvik etmeyi amaçlamaktadır(Karagöl vd., 2017).

Uluslararası kapsamda ise Türkiye, 2016 yılında imzaladığı Paris İklim Anlaşması'nı 2021 yılında Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) kararıyla onaylamış ve anlaşma çerçevesinde imzaladığı küresel iklim taahhütlerini resmen kabul etmiştir. Söz konusu onay, Türkiye'nin düşük karbonlu enerji üretimine dayalı kalkınma stratejisini benimseyerek yenilenebilir enerjiye yönelmesini zorunlu kılmıştır. Bu çerçevede 2022 yılında yayımlanan Türkiye Ulusal Enerji Planı, 2035 yılına kadar enerji sektöründe yenilenebilir kaynakların payını artırmaya yönelik somut hedefler ortaya koymuştur. Söz konusu plana göre, 2035 yılı itibarıyla toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının %54,7'ye çıkarılması öngörülmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

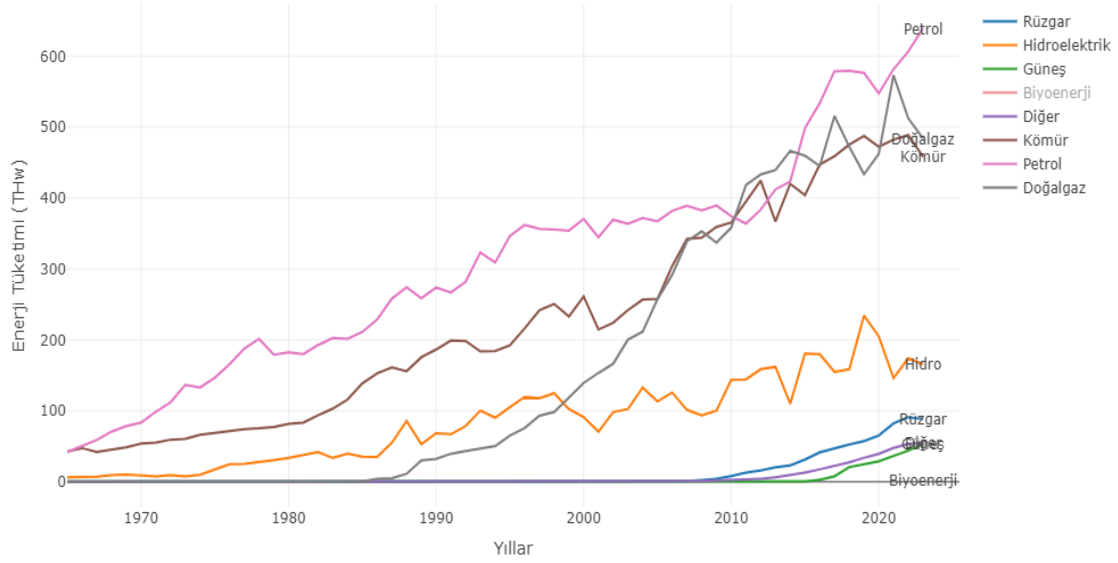
Avrupa Birliği'nin 2026 yılında tam olarak yürürlüğe sokacağı Sınırdaki Karbon Düzenleme

Mekanizması (CBAM), Türkiye'nin AB'ye ihracatında maliyetleri artırma riski taşımaktadır. Özellikle çimento, demir-çelik, alüminyum, elektrik ve gübre gibi karbon yoğun sektörlerde üretim yapan firmaların, bu düzenleme kapsamında emisyon maliyetleriyle karşı karşıya kalacağı öngörülmektedir (Ticaret Bakanlığı, 2021). Dolayısıyla bu düzenleme, Türkiye'nin rekabet gücünü koruyabilmesi açısından enerji üretiminde fosil yakıt bağımlılığını azaltarak yenilenebilir kaynaklara yönelmesini zorunlu hâle getirmektedir. Üretimin daha düşük karbon emisyon yapısı Türkiye'ye özellikle gelişmiş ülke pazarlarında maliyet avantajı kazandıracaktır.

Türkiye'de ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki güçlü pozitif ilişki, ülkenin büyüme stratejisinin enerji yoğun bir yapıya sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Ancak bu büyüme modeli, büyük ölçüde fosil yakıtlara dayalı enerji arzına bağımlı olduğu için, hem dışa bağımlılık sorununu derinleştirmekte hem de artan CO₂ emisyonlarıyla çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle çelişmektedir. Son yıllarda uygulamaya konulan ulusal ve uluslararası politikalar, özellikle yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılmasını ve enerji üretiminde kaynak çeşitliliğinin sağlanmasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye'nin gerek Paris İklim Anlaşması kapsamındaki taahhütlerini yerine getirebilmesi, gerekse Avrupa Birliği'nin karbon düzenlemeleri gibi dışsal maliyet baskılarıyla başa çıkabilmesi için, enerji politikasında yapısal dönüşüm sürecini hızlandırması elzemdir. Bu dönüşüm, yalnızca çevresel kaygılar açısından değil, aynı zamanda dış ticarete rekabet gücünün korunması ve sürdürülebilir büyüme hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi bakımından da stratejik bir öncelik olarak değerlendirilmelidir.

2.3. Türkiye'nin Enerji Yapısı

Ekonomik büyüme ve nüfus artışına paralel olarak Türkiye'nin enerji talebi de her geçen gün artmaktadır. Türkiye'nin 1983 ile 2005 yılları arasında enerji tüketimi yaklaşık üç kat artarken, bu dönemde tüketilen enerjinin neredeyse tamamı rafine petrol ürünleri, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlardan sağlanmıştır (Balat, 2008). Aşağıda yer alan Şekil 2.9, Türkiye'nin 1960'dan günümüze kadar olan birincil enerji kaynaklarının yıllara göre tüketim düzeylerini göstermektedir. Grafik incelendiğinde, enerji tüketiminin yıllar içerisinde artış trendlerinde ve çeşitlerinde bazı önemli yapısal değişimler yaşandığı görülmektedir.



Şekil 2.9: Türkiye’de birincil enerji kaynaklarının yıllara göre tüketim düzeyleri

Kaynak: Our World in Data veri setinden elde edilen veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fosil yakıtların, Türkiye’nin son 60 yıllık döneminde enerji kaynağı olarak önemli bir yeri payı olduğu görülmektedir. Fosil yakıtlar içinde özellikle petrol, 1960’lı yıllardan itibaren bazı dalgalanmalar göz ardı edildiğinde birincil enerji kaynağında en fazla paya sahip bileşen olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, 1990’lı yıllarla birlikte hızla artan doğalgaz tüketimi, 2000 sonrası dönemde önemli bir ivme kazanarak enerji portföyü içindeki yerini güçlendirmiştir. Kömür tüketimi ise zaman içerisinde daha istikrarlı bir artış eğilimi göstermiş ve doğalgaz ile birlikte petrolden sonra fosil yakıtların en temel bileşeni olmaya devam etmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından, hidroelektrik enerji 1980’li yıllar itibariyle Türkiye’nin en fazla paya sahip yenilenebilir enerji kaynağı olmuştur. Tüketim düzeyi dönemsel dalgalanmalar gösterse de 1980 sonrası kazandığı artış eğilimi son yıllarda daha düz bir trend yapısı göstermektedir. Bu durum özellikle yenilebilir enerji yatırımları açısından 2010 yılından sonra rüzgar ve güneş enerjisine dayalı üretimin belirgin şekilde artış göstermesi ile yenilebilir enerji kaynaklarında farklı bileşenlerin ön plana çıkmasını da desteklemektedir. Ayrıca, Türkiye’de uygulamaya alınan yenilenebilir enerji teşvik mekanizmalarının etkisini de yansıtmaktadır. Ancak, söz konusu yenilebilir enerji kaynakların toplam tüketim içindeki payı halen sınırlı düzeydedir ve fosil yakıt bağımlılığı baskısı devam etmektedir.

Şekil 2.9 ve Şekil 2.6 (Yenilenebilir enerji payı) birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye'nin enerji tüketim yapısında yenilenebilir enerji payının hala düşük olduğu fakat son yıllarda ciddi artışları da kaydettiği görülmektedir. 1965-2008 yılları arasında yenilebilir enerji kaynaklarının toplam tüketim içindeki payı yaklaşık %10 civarındayken bu oran 2008 yılı sonra ortalama %14 düzeyine çıkmıştır farklı bir artış trendine girmiştir. Bu durum da özellikle de yenilebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki kısa vadeli bir etkisi olacağını düşünülmektedir.



3. LİTERATÜR ÖZETİ

Enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve çevresel bozulma arasındaki ilişki, çevre ekonomisi ve sürdürülebilir kalkınma literatüründe uzun süredir tartışılan temel başlıklardan biridir. Bu ilişkiyi inceleyen ampirik çalışmalar, genel olarak iki temel veri yapısı etrafında şekillenmektedir: panel veri setleri ve zaman serisi verileri. Panel veri çalışmaları, birden fazla ülke veya bölgeyi kapsayarak ülkeler arası farklılıkları ve ortak eğilimleri analiz etme imkânı sunarken; zaman serisi temelli çalışmalar ise genellikle tek bir ülkenin uzun dönemli ekonomik ve çevresel dinamiklerini ayrıntılı olarak incelemeye olanak tanımaktadır. Her iki yaklaşım da farklı ekonometri yöntemler aracılığıyla değerlendirilmekte; panel veri çalışmalarında sıklıkla sabit ve rassal etkiler modelleri, panel eşbütünleşme testleri, panel nedensellik analizleri ve mekânsal panel modeller öne çıkarken; zaman serisi uygulamalarında ise ARDL, NARDL, eşbütünleşme testleri (Johansen, Hatemi-J, Engle-Granger), nedensellik analizleri (Granger, Toda-Yamamoto) ve yapısal kırılmaları dikkate alan yöntemler tercih edilmektedir. Dolayısıyla, literatürde kullanılan yöntemsel çerçeve, analiz edilen ülke kapsamı kadar, veri yapısına ve modele bağlı olarak da çeşitlilik göstermektedir. Bu bölümde, öncelikle panel veri seti kullanan çok ülkeli çalışmalara, ardından tek ülke uygulamaları kapsamında farklı ülke örneklerine ve son olarak da Türkiye odaklı çalışmalara yer verilerek, ilgili literatür sistematik bir şekilde değerlendirilecektir.

Panel veri yöntemleri, ülkeler arası karşılaştırmalı analizlerin yapılmasına olanak tanıdığı için çevre ekonomisi literatüründe sıkça tercih edilmektedir. Özellikle karbon emisyonları ile ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji kullanımı arasındaki ilişkileri değerlendiren çalışmalar, panel eş bütünleşme ve nedensellik analizlerinden yararlanmaktadır. Bu çalışmalardan, (Salari vd., 2023), 1997–2016 dönemine ait ABD eyalet verilerini kullanarak CO₂ emisyonları ile enerji türleri arasındaki uzun dönemli ilişkiyi ortaya koymuş, özellikle yenilenebilir enerji tüketiminin emisyonları azalttığını, yenilenemez enerji türlerinin ise artırdığını göstermiştir. Bu bulgu, enerji türlerinin ayırt edilerek değerlendirilmesinin önemine işaret eder. OECD ülkeleri üzerine yapılan panel kantil regresyon çalışmaları (Çelebi Boz ve Örs Onur, 2024; Polat ve Kızıllan, 2022) çevre vergilerinin ve yenilenebilir enerji tüketiminin emisyonlar üzerindeki azaltıcı etkilerini göstermektedir. Öte yandan, bu çalışmalarda büyümenin emisyonlar üzerindeki etkisi genellikle pozitif bulunmuş, yalnızca belirli eşik değerlerin ardından çevresel Kuznets eğrisi

hipotezinin geçerli olduğu belirtilmiştir. Acaravcı ve Erdoğan (2018), dünyanın önde gelen yenilenebilir enerji üreticisi ülkeleri için dinamik panel veri analizleriyle yenilenebilir enerji üretimi, çevresel bozulma ve ekonomik büyüme arasındaki üçlü ilişkiyi test etmiş ve enerji üretiminin çevre sağlığı açısından olumlu katkı sunduğunu ortaya koymuştur.

Gelişmekte olan ve sanayileşmiş ülkeler üzerine yapılan çalışmalar, enerji kompozisyonunun ve çevre politikalarının emisyonlar üzerindeki etkilerini ortaya koymakta, bu da enerji dönüşümünün politika yapım sürecindeki kritik rolünü vurgulamaktadır. Çin ve Hindistan üzerine yapılan Bootstrap ARDL analizleri (Çetin ve Can, 2024), yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını azalttığını gösterirken, doğrudan yabancı yatırımlar ve büyümenin çevresel bozulmayı artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde, (Çabaş, 2024) Avustralya örneğinde yenilenebilir enerji ve yeşil teknolojilerin ekolojik ayak izi üzerindeki azaltıcı etkisini Fourier tabanlı modellerle kanıtlamıştır (Berke ve Kışla, 2023). AB ülkelerinde mekânsal panel veri yöntemini kullanarak çevresel bozulmanın gelir eşitsizliği ve finansal gelişmişlik ile olan ilişkisini incelemiş; çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin büyük ölçüde geçerli olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, mekânsal etkilerin göz ardı edilmesinin analizleri sınırlandırabileceğine dair önemli bir uyarı niteliğindedir.

G7 ve E7 ülkeleri üzerine yapılan panel nedensellik analizleri (Doğdu, 2022) ile G20 ülkelerini kapsayan FMOLS ve DOLS çalışmaları (Altınöz ve Altuntaş, 2020) yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensellik olduğunu göstermektedir. Ancak bu çalışmalarda çevresel çıktıların bütüncül olarak ele alınmadığı ve sadece CO₂ emisyonuna odaklanıldığı dikkat çekmektedir. Zambak vd. (2020), yükselen piyasa ekonomilerinde çevre dostu büyümenin mümkün olup olmadığını test etmiş ve çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin büyük ölçüde geçerli olduğunu göstermiştir. Bu, politika yapıcılar açısından büyümenin ilk aşamalarında çevresel etkilerin göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgular.

Türkiye örneği üzerine yapılan çalışmaların sayısı oldukça fazladır ve çoğunlukla zaman serisi analizlerine dayanmaktadır. Ancak son dönemde panel veri veya mikro düzeyde bölgesel analizlere yönelik katkıların artmakta olduğu da gözlenmektedir. (Somoye, 2024), NARDL yöntemiyle yaptığı analizde, Türkiye'de enerji yoğunluğunun ve ekonomik büyümenin uzun vadede CO₂ emisyonlarını artırdığını, yenilenebilir enerji kullanımının ise

azaltıcı etkide bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma, enerji yoğunluğu gibi dolaylı değişkenlerin de çevresel etkilerini dikkate almanın gerekliliğini göstermektedir. (Acaroğlu vd., 2023), çevresel Kuznets eğrisini test ettikleri çalışmada, kömür kullanımının emisyonları artırdığını, hidroelektrik enerjinin ise etkisinin nötr olduğunu belirtmişlerdir. (Uysal ve Yapraklı, 2016) tarafından yapılan Hatemi-J eşbütünleşme analizi, uzun dönemde gelir seviyesinin emisyonları azalttığını ileri sürerken, enerji tüketiminin tersine bir etki yarattığını bulmuştur. (Altıntaş, 2013) ve (Albayrak ve Telek., 2022) gibi yazarlar, ekonomik büyüme, yatırımlar ve enerji tüketimi gibi makro değişkenlerin CO₂ emisyonlarına etkilerini hem kısa hem uzun vadede test etmişlerdir. Özellikle çevre politikalarının emisyonları azaltmadaki etkisizliği (Durgun, 2025), Türkiye'nin mevcut politika setinin karbon nötr hedeflerine ulaşmada yetersiz kalabileceğini göstermektedir. (Bulut, 2018) Tarafından yapılan asimetrik nedensellik testi, yenilenebilir enerji tüketiminin emisyonları azalttığını, yenilenemez enerji tüketiminin ise artırdığını göstermiştir. Son olarak, (Bozkurt ve Akan, 2014) ile (Karış, 2017) gibi araştırmacılar, Türkiye'de enerji tüketimi, büyüme ve emisyonlar arasındaki ilişkide karşılıklı nedenselliklerin bulunduğunu belirtmiş, bu ilişkilerin doğru politika setleriyle yönlendirilebileceğine işaret etmişlerdir.

4. UYGULAMA

Tezin ampirik analiz kısmında karbondioksit emisyonları ile yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi arasındaki ilişki ekonometrik olarak incelenmektedir. Bu amaçla, Türkiye'nin 1974-2023 yılları arası yıllık frekansta verileri kullanmıştır. Çalışmada yer alan değişkenlerden kişi başına düşen karbondioksit (CO₂) emisyonu bağımlı değişken olarak kullanılmış olup, emisyonlar ton cinsinden ölçülmüştür. Bağımsız değişkenler ise, yenilenebilir enerji tüketimi (hidroelektrik, güneş ve rüzgar) ile yenilenemez enerji tüketimi (kömür, petrol ve doğalgaz) olarak tanımlanmış ve her iki enerji türünün toplamı terawatt-saat (TWh) birimiyle ifade edilmiştir. Kontrol değişkeni olarak yer alan kişi başına düşen GSYH verisi sabit dolar cinsinden analize dahil edilmiştir. Veriler yıllık frekansta olup, CO₂ emisyonu ve enerji tüketimi değişkenlerine ait veriler dünya genelinde enerji kullanımı ve çevresel göstergeleri sistematik biçimde derleyen güvenilir bir kaynak olan Our World in Data platformundan (<https://ourworldindata.org>) temin edilmiştir. Çalışmada yer alan Kişi Başı GSYH verisi ise Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri veri setinden temin edilmiştir.

Tablo 4.1:Değişkenlere ait tanımlamalar

Değişken	Ölçü Birimi	Tanımlama	Dönüştürme	Kaynak
CO₂ Emisyonu (LnCO₂)	Kişi Başı (Ton)	Karbon dioksit (CO ₂) emisyonları, enerji üretimi ve çimento üretimi için fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanmaktadır. Arazi kullanımındaki değişiklikler bu kapsama dahil edilmemiştir.	Doğal Logaritma	Our World in Data
GSYH (LnGSYH)	Kişi Başı (Dolar)	Satın alma gücü paritesine (SAGP) göre (2021 yılı sabit uluslararası dolar cinsinden)	Doğal Logaritma	Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri
Yenilenebilir Enerji Tüketimi (LnYeni)	Terawatt-saat (TWh)	- Rüzgârdan üretilen elektrik (TWh) - Hidroelektrikten üretilen elektrik (TWh) - Güneş enerjisinden üretilen elektrik (TWh) - Diğer yenilenebilir kaynaklardan (biyoyakıt dahil) üretilen elektrik (TWh)	Toplamın Doğal Logaritması	Our World in Data
Fosil Enerji Tüketimi (LnFosil)	Terawatt-saat (TWh)	- Kömür tüketimi (TWh) - Doğal gaz tüketimi (TWh) - Petrol tüketimi (TWh)	Toplamın Doğal Logaritması	Our World in Data

Kaynak: Yazarın Our World in Data ve Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri veri tabanlarından derlemesi.

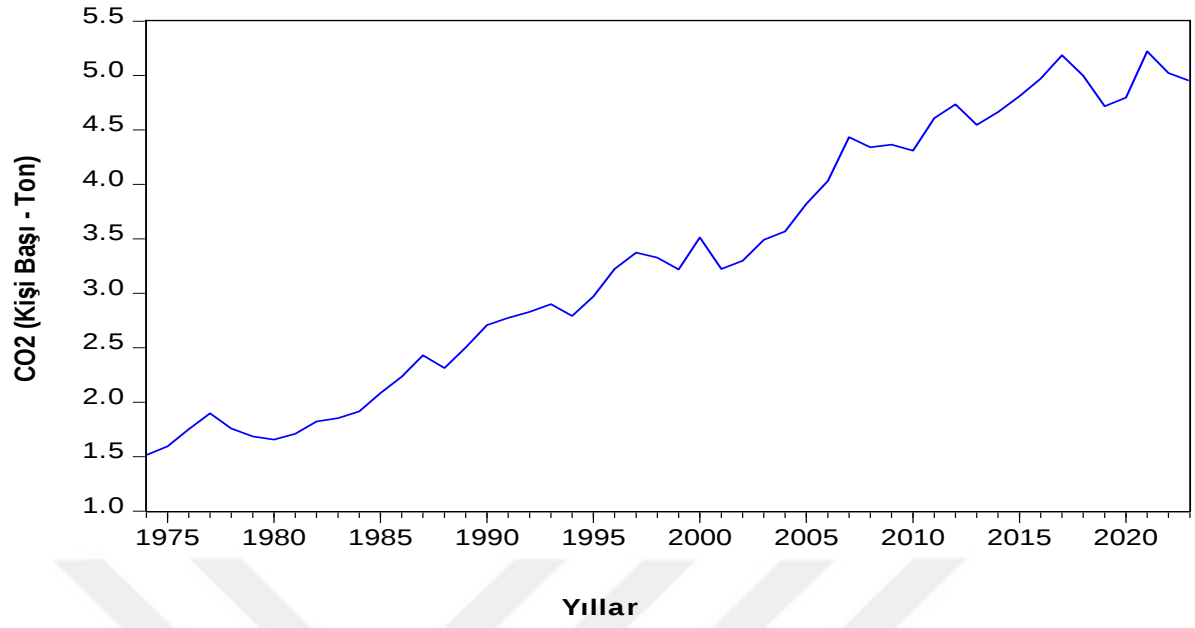
Veri setine ilişkin temel tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.1’de sunulmaktadır. Ortalama değerler sırasıyla karbondioksit emisyonları (LnCO_2) için 1.131, gayrisafi yurt içi hasıla (LnGSYH) için 8.783, yenilenebilir enerji tüketimi (LnYenilenebilir) için 6.488 ve fosil yakıt tüketimi (LnFosil) için 3.443’tür. Standart sapma değerleri, değişkenlerin ortalama etrafındaki dağılımını göstermekte olup en yüksek değişkenlik fosil yakıt tüketiminde (0.874), en düşük değişkenlik ise GSYH değişkeninde (0.416) gözlenmektedir. Çarpıklık (skewness) değerleri, serilerin simetrik dağılım gösterip göstermediğini değerlendirmek amacıyla incelenmiştir. Tüm değişkenler için çarpıklık değerleri ± 1 aralığında olup dağılımların büyük ölçüde simetriye yakın olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde, basıklık (kurtosis) değerlerinin de 3’ten küçük olması, serilerin normal dağılıma göre basık bir yapıya sahip olduğunu işaret etmektedir. Jarque-Bera test istatistiği ve buna ait p-değerleri, değişkenlerin normal dağılıma uygunluklarını test etmektedir. Tüm değişkenler için p-değerleri %5 anlamlılık düzeyinin üzerinde olduğundan, normallik varsayımı reddedilememektedir. Bu bulgu, modelleme sürecinde klasik regresyon varsayımlarından biri olan normal dağılım varsayımının geçerliliğine yönelik destek sağlamaktadır.

Tablo 4.2: Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler

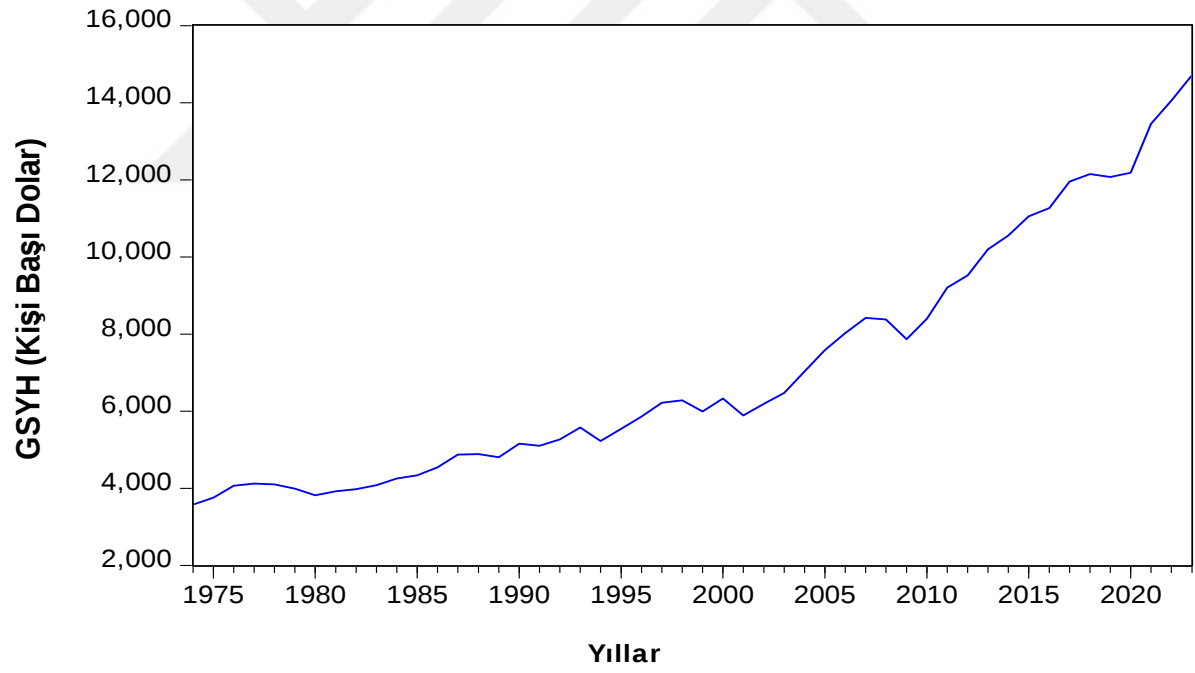
	LnCO₂	LnGSYH	LnYenilenebilir	LnFosil
Ortalama	1.131	8.783	6.488	3.443
Medyan (Ortanca)	1.182	8.714	6.558	3.546
Maksimum (En yüksek değer)	1.652	9.596	7.400	4.9
Minimum (En düşük değer)	0.415	8.183	5.294	1.27
Standart Sapma	0.392	0.416	0.645	0.874
Çarpıklık (Skewness)	-0.333	0.378	-0.23	-0.226
Basıklık (Kurtosis)	1.769	1.909	1.797	2.491
Jarque-Bera İstatistiği	4.078	3.673	3.455	0.967
Olasılık (p-değeri)	0.130165	0.159	0.178	0.616
Toplam	56.57	439.1	324.4	172.1
Sapmaların Toplamı	7.556	8.472	20.4	37.46
Gözlem Sayısı	50	50	50	50

Verilere ilişkin zaman serisi grafiklerine göre, Türkiye’de kişi başı CO₂emisyonları (Şekil 4.1) 1975 yılından itibaren genel olarak artış eğilimi göstermektedir. 2000 sonrası dönemde artış hızlanmış, 2017 itibarıyla zirve seviyelere ulaşmış ve ardından nispeten sınırlı dalgalanmalar gözlenmiştir. Kişi başı gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) da benzer şekilde istikrarlı bir artış sergilemekte olup (Şekil 4.2) özellikle 2002 sonrası dönemde hızlı bir büyüme eğilimi dikkat çekmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi, 1975’ten günümüze artış eğiliminde olmakla birlikte 1990’lı ve 2000’li yıllarda zaman zaman dalgalanmalar göstermiş (Şekil 4.3) , ancak son dönemde yeniden istikrarlı bir artış trendine girmiştir. Öte yandan, fosil enerji tüketimi sürekli ve belirgin bir artış sergilemekte olup özellikle 2000 sonrası dönemde hızlanarak 2020’ye kadar yüksek seviyelere ulaşmıştır (Şekil 4.4). Bu görünüm, ekonomik büyüme ve fosil enerji tüketiminin CO₂emisyonlarını artırdığına, buna karşılık yenilenebilir enerji kullanımının ise sınırlayıcı bir etki potansiyeli taşıdığı ile

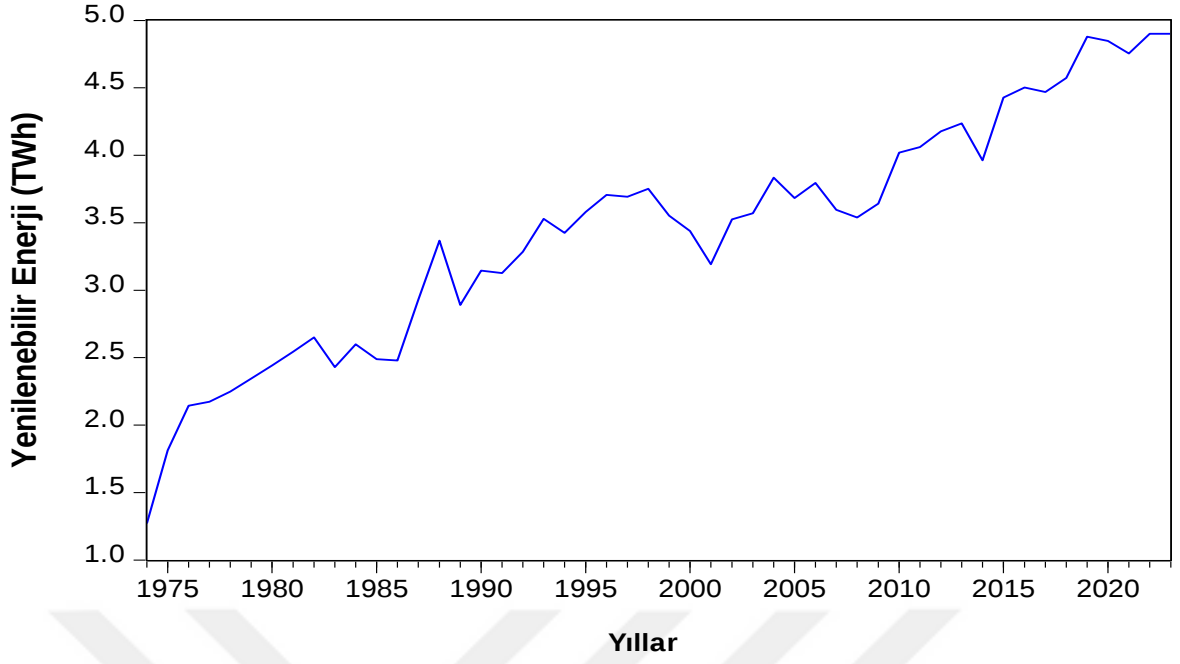
ilgili ön bilgiler sunabilmektedir.



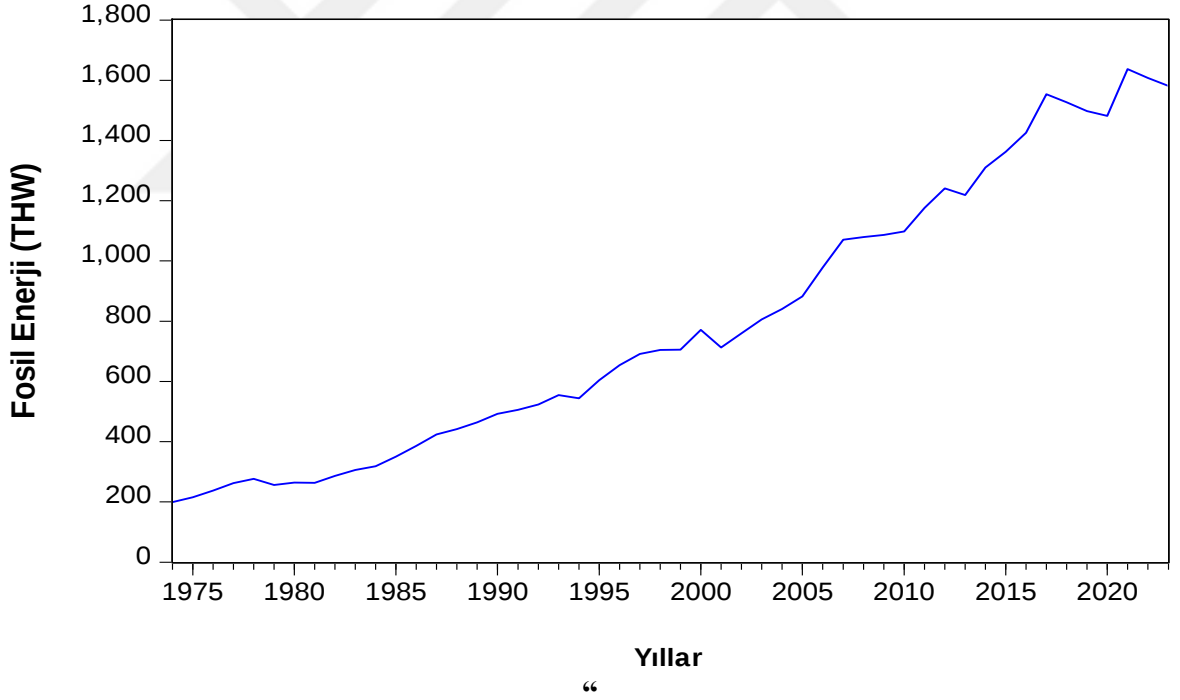
Şekil 4.1: Türkiye’de kişi başı CO2 emisyonları



Şekil 4.2: Türkiye’de kişi başı gayrisafi yurt içi hasıla



Şekil 4.3: Türkiye' de yenilenebilir enerji tüketimi



Şekil 4.4: Türkiye' de fosil enerji tüketimi

4.1. Metodoloji

Bu çalışmada, Türkiye’de kişi başı karbon dioksit (CO_2) emisyonları ile ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji kullanımı ve fosil yakıt tüketimi arasındaki ilişkiler ekonometrik olarak analiz edilmiştir. Analiz kapsamında, tüm değişkenler doğal logaritmik forma

dönüştürülmüştür. Temel doğrusal regresyon modeli aşağıdaki denklem 1 ile ifade edilmektedir:

$$\ln(CO_{2,t}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(GSYH_t) + \beta_2 \ln(Yeni_t) + \beta_3 \ln(Fosil_t) + \varepsilon_t$$

Model, yıllık zaman serisi verilerine dayanmaktadır ve $t = 1, \dots, T$ dönemlerini kapsamaktadır. Tüm değişkenler doğal logaritmaya alınarak analize dahil edilmiştir. Bağımlı değişken olan $\ln(CO_2)$, kişi başına düşen karbon dioksit emisyonlarını temsil etmektedir. Açıklayıcı değişkenler ise sırasıyla, $\ln(GSYH)$ kişi başına reel gayrisafi yurt içi hasıla (ekonomik büyüme göstergesi), $\ln(Yeni)$ yenilenebilir enerji tüketimi, $\ln(Fosil)$ ise fosil kaynaklı enerji tüketimini göstermektedir. Modelde yer alan ε_t hata terimini göstermektedir.

Tahmin edilen katsayılar açısından, ekonomik büyümenin göstergesi olan $\ln(GSYH)$ değişkeninin (β_1) CO_2 emisyonları üzerinde pozitif etkisinin olması beklenmektedir; çünkü ekonomik büyüme, enerji tüketimini ve dolayısıyla çevresel baskıyı artırabilir. Fosil enerji tüketimi (β_3) için de benzer şekilde pozitif bir ilişki beklenmektedir. Buna karşılık, yenilenebilir enerji tüketiminin (β_2) CO_2 emisyonları üzerindeki etkisinin negatif yönde olması beklenmektedir; çünkü yenilenebilir kaynaklar karbon salınımı yapmayan veya çok daha düşük düzeyde salınım yapan enerji türleridir.

Zaman serisi analizlerinde kullanılan eşbütünleşme testleri arasında öne çıkan yöntemlerden biri olan Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) modeli, ilk olarak (Pesaran ve Shin, 1999) tarafından geliştirilmiş ve daha sonra (Pesaran vd., 2001) tarafından genişletilmiştir. Bu yöntem, özellikle farklı düzeyde durağanlık gösteren ekonomik değişkenlerin analizinde sağladığı esneklik sayesinde, son yıllarda geniş bir uygulama alanı bulmuştur. ARDL eşbütünleşme yaklaşımının en temel avantajı, analizde yer alan tüm değişkenlerin aynı bütünleşme derecesine sahip olmasını zorunlu kılmamasıdır. Diğer bir ifadeyle, bağımsız değişkenlerin sıfırıncı dereceden $[I(0)]$, birinci dereceden $[I(1)]$ veya bu iki düzeyin bir kombinasyonundan oluşması durumunda da modelin geçerliliği korunmaktadır. Bu özellik, geleneksel eşbütünleşme testlerinden (örneğin Johansen ya da Engle-Granger yöntemleri) farklı olarak, birim kök testlerinin sonuçlarına aşırı bağımlılığı ortadan kaldırmakta ve modelleme sürecinde araştırmacıya önemli bir esneklik sağlamaktadır (Pesaran et al., 2001). Bir diğer önemli avantaj, ARDL modelinin küçük örneklemlemlerle çalışıldığında da güvenilir

sonuçlar üretebilmesidir. Özellikle zaman serisi uzunluğu sınırlı olan çalışmalarda, ARDL yaklaşımı diğer eşbütünleşme yöntemlerine kıyasla daha sağlam ve istatistiksel olarak geçerli tahminler sunmaktadır. (Harris ve Sollis, 2003) tarafından da vurgulandığı üzere, ARDL modeli uzun dönem katsayılarının sapmasız bir şekilde tahmin edilmesine ve geçerli t-istatistikleri elde edilmesine olanak tanır. Bu durum, bağımsız değişkenlerin bir kısmının içsel olabileceği durumlarda dahi modelin geçerliliğini korumasını sağlar. ARDL eşbütünleşme yaklaşımı, hem örneklem boyutuna duyarlılık göstermemesi hem de bağımsız değişkenlerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olmasına olanak tanıması bakımından ARDL yaklaşımı, uzun ve kısa dönem ilişkilerin aynı model çerçevesinde analiz edilmesine olanak sağlayan güçlü ve esnek bir ekonometrik araçtır. Bu amaçla CO₂ emisyonunun, reel GSYH, yenilenbilir enerji tüketimi ve fosil yakıtlardan elde edilen enerji tüketiminden nasıl etkilendiğini analiz etmek amacıyla bir ARDL modeli tahmin edilmiştir. Denklem (1)'e dayanan log-doğrusal ARDL modeli aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

$$\ln(CO_{2t}) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \tau_i \ln(CO_2)_{t-i} + \sum_{j=0}^{q1} \omega_j \ln(GSYH)_{t-j} + \sum_{j=0}^{q2} \mu_j \ln(Yeni)_{t-j} + \sum_{j=0}^{q3} \gamma_j \ln(Fosil)_{t-j} + U_t \quad (1)$$

Burada p ve q, sırasıyla bağımlı değişken olan karbondioksit emisyonu ($\ln CO_2$) ve bağımsız değişkenler ($\ln GSYH$, $\ln Yeni$ ve $\ln Fosil$) için seçilen optimal gecikme uzunluklarını temsil etmektedir. Denlemede yer alan ω , μ ve γ açıklayıcı değişkenlerin $\ln CO_2$ üzerindeki etkilerini yansıtan tahmin edilen katsayılardır.

Seriler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi olup olmadığını tespit edebilmek için, Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi (bounds test) yaklaşımı kullanılmaktadır. Küçük örneklem için daha uygun olan (Narayan, 2004) tarafından önerilen kritik değerler esas alınmıştır. Bu bağlamda, Denklem (2), hem kısa dönemli hem de uzun dönemli dinamikleri incelemeye olanak sağlayacak şekilde hata düzeltme modeli (ECM) biçiminde yeniden yapılandırılmıştır.

$$\Delta \ln(CO_{2t}) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_{1i} \Delta \ln(CO_2)_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{2i} \Delta \ln(GSYH)_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{3i} \Delta \ln(Yeni)_{t-i} \quad (2)$$

+

$$\sum_{t=1}^n \alpha_{4i} \Delta \ln (Fosil)_{t-i} + \delta_1 \ln(CO_2)_{t-1} + \delta_2 \ln(GSYH)_{t-1} + \delta_3 \ln(Yeni)_{t-1} + \delta_4 \ln(Fosil)_{t-1} + U_t$$

Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen sınır testi yaklaşımı, eşbütünleşme ilişkisinin varlığını test etmek amacıyla F-istatistiğini esas alır. Denklem (3) çerçevesinde yapılan analizde, sıfır hipotezi $H_0: \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = 0$ şeklinde, yani değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunmadığı yönünde test edilmektedir. Buna karşılık alternatif hipotez H_1 , regresörlerin sıfırdan farklı olduğunu ve dolayısıyla değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğunu öne sürer.

Pesaran vd. (2001), açıklayıcı değişkenlerin zaman serisi özelliklerine $I(0)$, $I(1)$ ya da karışık düzeyde) bağlı olarak iki farklı kritik değer kümesi (alt ve üst sınır) sunar. Hesaplanan F-istatistiği alt sınırın altında kalıyorsa sıfır hipotezi reddedilemez ve eşbütünleşme yoktur sonucu elde edilir. F-istatistiği üst sınırın üzerindeyse sıfır hipotezi reddedilir ve değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını gösteren eşbütünleşme bulgusu elde edilir. F-istatistiği her iki sınır arasında yer alıyorsa, testin sonucu belirsiz kabul edilir.

Sıfır hipotezinin reddedilmesi, modelde uzun vadeli bir denge ilişkisi bulunduğunu ortaya koyar. Bu doğrultuda Denklem (3), hata düzeltme terimini ECT_{t-1} içerecek şekilde yeniden yapılandırılabilir.

(3)

$$\ln(CO_{2t}) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \tau_i \Delta \ln(CO_2)_{t-i} + \sum_{j=0}^{q1} \omega_j \Delta \ln(GSYH)_{t-j} + \sum_{j=0}^{q2} \mu_j \Delta \ln(Yeni)_{t-j} + \sum_{j=0}^{q3} \gamma_j \Delta \ln(Fosil)_{t-j} + \pi ECT_{t-1} + U_t$$

Denklemde yer alan ECT_{t-1} , karbondioksit emisyonunun ($\Delta \ln CO_2$) uzun dönemli denge değerinden olan sapmasını göstermektedir. Bu sapmayı ortadan kaldırarak sistemi yeniden dengeye getiren düzeltme mekanizmasını ifade eden katsayı ise π 'dir. Dengenin sağlıklı biçimde yeniden tesis edilebilmesi için π katsayısının negatif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlı olması beklenir (Wang, 2022). Denklemde yer alan Δ operatörü ise kısa dönem dinamiklerini incelemek amacıyla değişkenlerin birinci farkını gösterirken, U_t terimi otokorelasyon içermeyen ve beyaz gürültülü (White noise) hata terimini ifade etmektedir.

4.1.1. Değişkenlerin Otokorelasyon Yapısı

Ekonometrik tahmin öncesinde değişkenlere ait zaman serisi yapılarını incelemek ve modelin geçerliliği ile sahte regresyon sorunundan kaçınmak açısından önemli olan durağanlık varsayımını değerlendirmek önemlidir. Bu nedenle her bir değişken için otokorelasyon (AC), kısmi otokorelasyon (PAC) ve Ljung-Box Q-istatistikleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.3'te sunulmaktadır. Yıllık frekansta veriler ile çalışıldığından otokorelasyon yapısı 5 gecikmeye kadar ele alınmıştır.

Tablo 4.3: Değişkenlerin otokorelasyon yapısı

Değişken	Otokorelasyon	Kısmi Korelasyon	Gecikme Sayısı	AC	PAC	Q-Stat	Olasılık
Lco2	. *****	. ****	1	0.942	0.942	47.085	0.000
	. *****	. .	2	0.884	-0.033	89.375	0.000
	. *****	. .	3	0.831	0.020	127.57	0.000
	. *****	. .	4	0.789	0.070	162.80	0.000
	. *****	. * .	5	0.738	-0.110	194.28	0.000
LYenilenebilir	. *****	. *****	1	0.877	0.877	40.838	0.000
	. *****	. * .	2	0.789	0.084	74.549	0.000
	. *****	. .	3	0.724	0.072	103.56	0.000
	. *****	. .	4	0.654	-0.034	127.70	0.000
	. *****	. .	5	0.584	-0.031	147.40	0.000
LFosil	. *****	. ****	1	0.941	0.941	47.035	0.000
	. *****	. .	2	0.883	-0.034	89.230	0.000
	. *****	. .	3	0.825	-0.023	126.85	0.000
	. *****	. .	4	0.773	0.025	160.64	0.000
	. *****	. .	5	0.721	-0.036	190.67	0.000
LGSYH	. *****	. *****	1	0.932	0.932	46.133	0.000
	. *****	. .	2	0.868	-0.012	86.931	0.000
	. *****	. .	3	0.809	0.010	123.14	0.000
	. *****	. .	4	0.757	0.024	155.58	0.000
	. *****	. .	5	0.705	-0.033	184.29	0.000

LCO₂ değişkeninin 1-5 arası gecikmelerinde otokorelasyon katsayıları oldukça yüksek olup sırasıyla 0.942, 0.884, 0.831, 0.789 ve 0.738 olarak elde edilmiştir. Bu değerler, LCO₂ değişkeninde pozitif yönde güçlü bir seri korelasyon olduğunu göstermektedir. Ljung-Box

Q-istatistikleri her bir gecikme düzeyinde sırasıyla 47.085, 89.375, 127.57, 162.80 ve 194.28 olup, tüm olasılık değerleri 0.000 düzeyindedir. Bu sonuçlar, "seride otokorelasyon yoktur" şeklindeki boş hipotezin güçlü bir şekilde reddedilmesini sağlar. Dolayısıyla, LCO₂ değişkeninde anlamlı bir otokorelasyon yapısının mevcut olduğu görülmektedir.

LYenilenebilir değişkeni de benzer şekilde pozitif otokorelasyon yapısına sahiptir.. İlk beş gecikmedeki otokorelasyon katsayıları sırasıyla 0.877, 0.789, 0.724, 0.654 ve 0.584 olarak hesaplanmıştır. Ljung-Box testi sonuçları, %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu durum, yenilenebilir enerji tüketimi serisinin de geçmiş değerlerinden önemli ölçüde etkilendiğini ve seride otokorelasyon bulunduğunu ortaya koymaktadır.

LFosil değişkeni, ilk gecikme düzeyinde 0.941 gibi oldukça yüksek bir otokorelasyon katsayısı ile dikkat çekmektedir. Diğer gecikmelerde de benzer şekilde yüksek korelasyon değerleri gözlemlenmiştir. Q-istatistikleri anlamlı olup, p-değerleri her gecikme düzeyinde %1 anlamlılık seviyesinde boş hipotezi reddetmektedir. Bu da fosil yakıt tüketiminde geçmiş değerlere dayalı güçlü bir bağımlılığın olduğunu göstermektedir.

LGSYH değişkeni de otokorelasyon bakımından benzer bir yapıya sahiptir. İlk gecikme düzeyinde 0.932, beşinci gecikmede ise 0.705 düzeyinde otokorelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Q-istatistiklerinin tamamı %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu, ekonomik büyüklüğü temsil eden LGSYH serisinin geçmiş değerlerinden etkilendiğini ve otokorelasyon barındırdığını doğrulamaktadır.

Tablo 4.3'te sunulan sonuçlar, LCO₂, Yenilenebilir, LFosil ve LGSYH değişkenlerinin her birinin zaman serisi yapısında anlamlı otokorelasyon barındırdığını göstermektedir. Özellikle yüksek otokorelasyon katsayıları ve sıfır hipotezini reddeden Ljung-Box test sonuçları, bu serilerin durağan olmadığını ve zamana bağlı bağımlılıklar içerdiğini işaret etmektedir. Bu nedenle, söz konusu değişkenler ile yapılacak ekonometrik analizlerde otokorelasyonun etkisinin giderilmesi amacıyla uygun düzeyde fark alma, model belirleme veya otokorelasyonu kontrol eden modellerin (örneğin ARIMA, VAR, ARDL) kullanılmasını gerektirmektedir.

4.1.2. Birim Kök Testleri

Zaman serisi analizlerinde kullanılan istatistiksel testlerin ve tahmin yöntemlerinin çoğu durağanlık varsayımına dayandığından, modelleme sürecine geçilmeden önce serinin durağan olup olmadığının mutlaka kontrol edilmesi, durağan değilse trend ve mevsimsellik gibi yapısal bileşenlerin veri üzerinden çıkarılması, elde edilecek sonuçların güvenilirliği açısından son derece önemlidir(Afriyie vd., 2020). Durağan olmayan seriler zamanla belirli bir ortalama veya denge seviyesine dönme eğilimi göstermez. Bu tür seriler genellikle birim kök içerir ve bu nedenle rastgele yürüyüş (randomwalk) özelliği taşırlar. Başka bir ifadeyle, bu seriler rastgele şoklardan kalıcı şekilde etkilenir ve varyansları zamanla artar. Bu durum, klasik regresyon analizlerinin sonuçlarını geçersiz ya da yanıltıcı hâle getirebilir(Cheng vd., 2015).

Zaman serisi analizinde temel varsayımlardan biri, kullanılan değişkenlerin durağan olmasıdır ve bu nedenle durağanlık testleri bu noktada önemli bir yer turmaktadır. Bu doğrultuda, analizde yer alan dört değişkenin durağanlık düzeylerinin belirlenmesinde literatürde en çok kullanılan ADF (AugmentedDickey-Fuller), PP (Phillips-Perron) ve KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) testleri aracılığıyla hem düzey hem de birinci farkta test edilmiştir. Durağanlık düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan testler farklı varsayımlar ve hesaplama yöntemlerine dayanmakta olduğundan birlikte kullanılması, daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar (Maddala ve Kim, 1998).

Tablo 4.4:Birim kök test istatistikleri (Düzey)

Değişken	ADF(Sabit)	ADF(Trend)	PP(Sabit)	PP(Trend)	KPSS(Sabit)	KPSS(Trend)	Karar
ln(CO ₂)	-1.584119 (0.4830)	-1.661920 (0.7530)	-1.92618 (0.3179)	-1.708081 (0.7327)	0.914329***	0.176766**	Birim Kök
ln(GSYH)	0.966409 (0.9956)	-1.714622 (0.7297)	1.520983 (0.9992)	-1.711225 (0.7312)	0.925298***	0.217624***	Birim Kök
Ln(yenilebilir)	-1.967050 (0.3000)	-4.433960 (0.0047)	-2.04316 (0.2681)	-4.44671 (0.0045)	0.917247***	0.129182*	Kararsız
Ln(fosil)	-1.938662 (0.3124)	-1.535072 (0.8036)	-2.12113 (0.2375)	-1.535072 (0.8036)	0.932021***	0.198947**	Birim Kök

Tablo 4.5: Birim kök test istatistikleri (1. Fark)

Değişken	ADF(Sabit)	ADF(Trend)	PP(Sabit)	PP(Trend)	KPSS(Sabit)	KPSS(Trend)	Karar
ln(CO ₂)	-6.526903 (0.0000)	-6.644948 (0.0000)	-6.64947 (0.0000)	-7.274958 (0.0000)	0.293604	0.108912	Durağan
ln(GSYH)	-6.613956 (0.0000)	-6.838715 (0.0000)	-6.61023 (0.0000)	-7.697205 (0.0000)	0.205914	0.051608	Durağan
Ln(yenilenebilir)	-8.482977 (0.0000)	-8.409777 (0.0000)	-9.95700 (0.0000)	-9.788828 (0.0000)	0.225409	0.123297*	Durağan
Ln(fosil)	-7.149594 (0.0000)	-7.305824 (0.0000)	-7.19523 (0.0000)	-7.985211 (0.0000)	0.293494	0.121001	Durağan

Tablo 4.5’ değişkenlerin düzey değerleri için birim kök testi sonuçlarını göstermektedir. Tabloda, ADF ve PP testlerinin hem sabitli hem trendli modellerinde tüm değişkenler için elde edilen test istatistikleri %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, “seride birim kök vardır yani seri durağan değildir” sıfır hipotezi reddedilmekte ve ADF ve PP testleri değişkenlerin düzey seviyede durağan olmadığını göstermektedir. KPSS testi, ADF ve PP testlerinden farklı olarak “seride birim kök yoktur, seri durağandır” önermesinin yer aldığı boş hipoteze sahiptir. Bu testte, ln(CO₂), ln(GSYH) ve ln(fosil) değişkenleri için test istatistikleri, özellikle sabitli modellerde, kritik değerlerin oldukça üzerindedir ve bu durum boş hipotezin güçlü bir şekilde reddedilmeyeceğini göstermektedir. Üç farklı test sonucundan elde edilen bulgular ışığında ln(CO₂), ln(GSYH) ve ln(fosil) değişkenlerinin düzeyde durağan olmadığı sonucuna varılabilir. ln(yenilenebilir) değişkeni için ise, ADF ve PP testlerinin trendli modellerinde birim kök reddedilmiş görünse de, sabitli modellerde reddedilememektedir. KPSS testi sabitli modelde kritik değerin oldukça üzerinde sonuç verirken, trendli modelde sınır değerdedir. Bu testler arasında çelişkili sonuçlar bulunması nedeniyle, ln(yenilenebilir) değişkeninin düzeyde kararsız bir yapıya sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

4.1.3. Eşbütünleşme Analizi

Aşağıdaki tablo, ARDL sınır testi (bounds test) sonuçlarını sunmaktadır. Bu test, modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin var olup olmadığını değerlendirmek amacıyla uygulanmaktadır. Testin sıfır hipotezi, “değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki yoktur” şeklindedir. Eğer hesaplanan F-istatistiği hem alt sınır (I(0)) hem de üst sınır (I(1)) kritik değerlerini aşırsa, sıfır hipotezi reddedilir ve seriler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı kabul edilir.

Tablo 4.6: ARDL bounds test sonuçlar

Test İstatistiği	Değer	Kritik Değer (5%)	Karar
F-istatistiği	15.31	4.368 - 5.545	I(1) değerinin çok üzerinde → Uzun dönem ilişki vardır
t-istatistiği (ECM)	-7.34	-3.41 - -4.16	I(1) değerinin çok altında → Uzun dönem ilişki desteklenir

Bounds test sonuçlarına göre, F-istatistiği (15.31), %5 anlamlılık düzeyinde hem alt hem de üst sınır değerlerinin oldukça üzerindedir. Bu durum, değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığını güçlü bir şekilde teyit etmektedir. Benzer şekilde, t-istatistiği de %5 düzeyinde kritik değerin çok altında yer almakta, bu da hata düzeltme teriminin anlamlı olduğunu ve sistemin uzun dönem dengesine döndüğünü göstermektedir. Bu bulgular, Pesaran et al. (2001) tarafından geliştirilen sınır testinin uygulanabilirliğini doğrulamakta ve modelin uzun dönem denge ilişkisini başarılı şekilde temsil ettiğini göstermektedir.

4.2. Tahmin Sonuçları

Bu bölümde, çalışmada kullanılan ekonometrik modellerden elde edilen tahmin sonuçları ayrıntılı biçimde sunulmakta ve yorumlanmaktadır. Analiz kapsamında öncelikle CO₂ emisyonlarını etkileyen temel makroekonomik belirleyicilerin kısa ve uzun dönem ilişkilerini ortaya koymak amacıyla ARDL modeli tahmin edilmiştir. ARDL yaklaşımı, değişkenlerin farklı durağanlık seviyelerinde (I(0) ve I(1)) yer almasına imkân tanıması, küçük örneklemelerde güvenilir sonuçlar üretmesi ve hem kısa dönem dinamiklerini hem de uzun dönem denge ilişkilerini aynı anda inceleyebilmesi açısından tercih edilmiştir. Bu çerçevede, modelden elde edilen katsayılar, ekonomik büyüme, enerji türleri ve karbon emisyonu arasındaki nedensel etkileşimlerin yönü ve büyüklüğü bakımından değerlendirilmiş; sonuçların literatürdeki benzer çalışmalarla tutarlılığı da ayrıca tartışılmıştır.

4.2.1 ARDL Tahmin Sonuçları

Bu bölümde, CO2 emisyonlarını etkileyen temel belirleyicileri analiz etmek amacıyla tahmin edilen ARDL(1,1,0,1) modelinin kısa ve uzun dönem katsayıları, ilgili literatür çerçevesinde yorumlanmakta ve değerlendirmeler modelin sabit ve trend içeren yapısına dayalı olarak sunulmaktadır. Model Case 5 (sınırsız sabit ve trend) yapısında kurulmuş olup, zaman içerisinde değişen yapısal eğilimleri ve politika etkilerini yansıtacak şekilde tasarlanmıştır (Pesaran et al., 2001).

Bu denklemde hata düzeltme terimi (ECM), sistemin uzun dönem dengesine dönüş hızını temsil etmektedir. Sabit ve trend terimlerinin modele dahil edilmesi, serilerin deterministik trendler ve yapısal dönüşümler içerdiği varsayımına dayalıdır (Narayan ve Smyth, 2005; Stern, 2006).

Tablo 4.7: Kısa ve uzun dönem katsayıları

Değişken	Katsayı	p-Değeri	Yorum
ln(GSYH)	0.0221	0.742	Uzun dönemde anlamlı değil; CO2 üzerindeki etkisi belirsiz
ln(Fosil Enerji)	1.0298	0.000	Çok güçlü ve pozitif etki; emisyonları artırmaktadır
ln(Yenilenebilir Enerji)	-0.0454	0.047	Anlamlı ve negatif; emisyonları azaltmaktadır
Δln(GSYH)	0.3815	0.0016	Kısa vadede CO2 emisyonlarını artırmakta; EKC hipotezine uygun
Δln(Yenilenebilir Enerji)	-0.0488	0.0248	Anlamlı kısa dönem azaltıcı etki
ECM(-1)	-0.7446	0.0000	Sistemin %74'ü bir dönemde dengelenmektedir
BG_Lm Test	F_ist: 0.000626	Prob: 0.999	AR(2) formunda otokorelasyon yoktur.
ARCH_LM Test	F_ist: 0.697144	Prob: 0.5034	ARCH(2) formunda heteroskedastisite yoktur.
Wald Test	F_ist: 9.771632	Prob: 0.0001	Kısa dönem katsayıları anlamlıdır.
Gözlem Sayısı	N= 49		

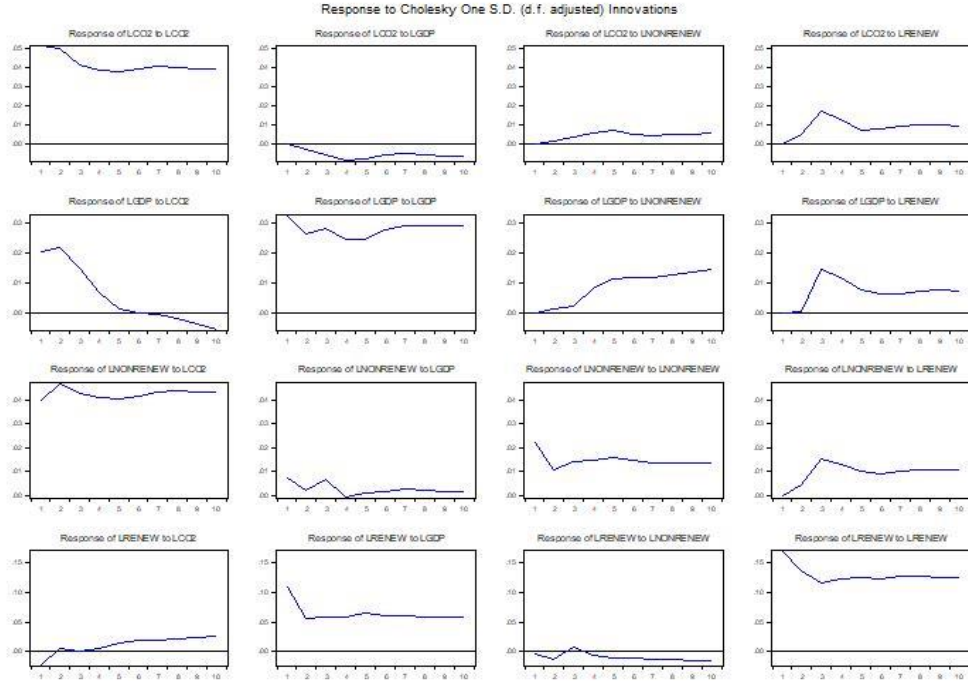
Uzun dönem bulgulara göre, fosil enerji tüketimi CO₂ emisyonlarının temel belirleyicisidir ve bu etki istatistiksel olarak çok güçlüdür. Bu bulgu, (Shahbaz vd., 2013), (Apergis ve Payne, 2010) ve (Omri, 2013) gibi çalışmalarda da teyit edilmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ise uzun vadede anlamlı şekilde emisyonları azaltmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir enerji politikalarının uzun vadeli etkilerinin gözlemlenebilir olduğunu göstermektedir (Sadorsky, 2009).

GSYH'nin kısa vadede pozitif etkisi, ekonomik faaliyetlerdeki artışın sanayi üretimi ve enerji tüketimi aracılığıyla çevresel baskı yarattığını göstermektedir. Bu durum, çevresel Kuznets eğrisi (EKC) hipotezinin başlangıç aşaması ile uyumludur (Grossman ve Krueger, 1995). Ancak uzun dönemde GSYH'nin etkisinin anlamlı çıkmaması, çevresel etkinin doğrudan ekonomik büyümeden değil, enerji bileşimi, teknoloji kullanımı ve çevresel regülasyonlardan kaynaklandığını düşündürmektedir (Stern, 2004; Dinda, 2004).

Modelin sabit ve trend içermesi, zamanla oluşan yapısal kırılmaların ve politik dönüşümlerin etkisini modelleyebilme kapasitesini artırmaktadır. Pesaran et al. (2001) bu yapının uzun dönem dengenin trendli bir patikada aranmasında daha sağlıklı sonuçlar verdiğini vurgulamaktadır.

4.2.2 Etki- Tepki Fonksiyonları

Modelin dinamik yapısını ve şoklara karşı değişkenlerin zamana bağlı tepkilerini analiz etmek amacıyla etki-tepki (impulse response) fonksiyonları da elde edilmiştir. Etki-tepki analizi, özellikle enerji türlerinde meydana gelen birim şokların CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin yönünü, büyüklüğünü ve kalıcılığını ortaya koyarak, ARDL sonuçlarının tutarlılığını sınamakta ve modelin dinamik yapısına ilişkin ek bilgiler sunmaktadır. Böylelikle, hem ARDL tahmin sonuçları hem de etki-tepki fonksiyonlarından elde edilen bulgular birlikte değerlendirilerek, enerji politikalarının çevresel etkilerini bütüncül biçimde ortaya koymak amaçlanmıştır.



Şekil 4.5: Etki- Tepki Fonksiyonları

Etki-tepki fonksiyonları, sistemdeki her bir değişkenin diğerlerinden kaynaklanan birim şoklara karşı zamana bağlı tepkisini ortaya koymakta ve modelin dinamik yapısı hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Elde edilen bulgular, ARDL modelinden elde edilen uzun ve kısa dönem tahminleriyle büyük ölçüde örtüşmektedir. Özellikle, fosil kaynaklı enerji kullanımına (LNONRENEW) gelen pozitif bir şokun, karbon dioksit (CO_2) salınımını kalıcı ve anlamlı bir şekilde artırdığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, ARDL modelinde fosil enerji kullanımına ilişkin katsayının yüksek düzeyde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması ile uyumludur. Benzer şekilde, yenilenebilir enerji kullanımındaki (LRENEW) artışın CO_2 emisyonları üzerindeki etkisi negatif yönlü olup kısa vadede etkisini kaybetmektedir; bu durum impulseresponse grafiğinde negatif ve giderek sönümlenen bir tepki biçiminde yansımış ve ARDL modelindeki negatif ve anlamlı katsayılarla tutarlılık göstermiştir. Ekonomik büyüme (LGDP) ise impulseresponse analizinde CO_2 emisyonları üzerinde kısa vadede pozitif etkiye sahip olmakla birlikte, bu etkinin uzun vadede belirgin olmadığı gözlemlenmiştir. ARDL modelinde de uzun dönem etkisinin istatistiksel olarak anlamlı çıkmaması, bu bulguyu desteklemektedir. Dolayısıyla, impulseresponse analizleri, enerji türlerinin ve ekonomik büyümenin CO_2 salınımı üzerindeki etkilerini doğrulamakta ve elde edilen ilişkilerin yönü ve büyüklüğü açısından ARDL modeli ile elde edilen sonuçları pekiştirmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye’de 1974–2023 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak kişi başı karbondioksit (CO₂) emisyonları ile yenilenebilir enerji tüketimi, fosil yakıt tüketimi ve kişi başı reel GSYH arasındaki ilişki ekonometrik olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda, zaman serisi verilerinin durağanlık özellikleri incelenmiş ve değişkenlerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olması nedeniyle ARDL eşbütünleşme modeli tercih edilmiştir.

Birim kök testleri sonuçlarına göre, analizde yer alan tüm değişkenlerin birinci farklarında durağan olduğu tespit edilmiştir. ARDL sınır testi ise modelde uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin var olduğunu ortaya koymuştur. Uzun dönem tahmin sonuçları, özellikle fosil yakıt tüketiminin CO₂ emisyonlarının temel belirleyicisi olduğunu göstermekte; fosil enerji tüketimindeki %1’lik artışın CO₂ emisyonlarını anlamlı biçimde artırdığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, yenilenebilir enerji tüketiminin emisyonlar üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, yenilenebilir enerji kullanımının iklim değişikliği ile mücadelede etkili bir araç olduğunu desteklemektedir.

Kısa dönem analizlerinde ise ekonomik büyümenin CO₂ emisyonları üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür. Bu durum, çevresel Kuznets eğrisi (EKC) hipotezinin erken aşamaları ile uyumludur. Ancak uzun dönemde ekonomik büyümenin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır; bu da enerji bileşimi, teknoloji düzeyi ve çevresel regülasyonların etkisinin daha belirleyici olduğunu göstermektedir. Hata düzeltme mekanizmasının katsayısı beklenildiği gibi negatif ve anlamlı bulunmuş; bu da sistemin her dönem %74 oranında dengeye döndüğünü göstermiştir.

Etki-tepki fonksiyonları da ARDL tahminleri ile büyük ölçüde uyumlu sonuçlar vermiştir. Fosil enerjiye gelen pozitif şokların CO₂ emisyonlarını kalıcı biçimde artırdığı, buna karşılık yenilenebilir enerji kullanımındaki artışın emisyonlar üzerinde kısa vadeli ve azaltıcı bir etki yarattığı görülmüştür.

Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye’de çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin enerji politikalarıyla doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Fosil yakıt tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla teşvik edilmesi, hem iklim değişikliğiyle mücadelede hem de uluslararası ticarete rekabet avantajı elde edilmesinde

stratejik bir öncelik olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye'nin bu dönüşümü başarabilmesi için enerji arzının karbon yoğun yapısından uzaklaştırılması, çevresel regülasyonların güçlendirilmesi ve düşük karbonlu teknolojilere yatırım yapılması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Acaravcı, A., ve Erdoğan, S. (2018). Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş Ülkeler için Ampirik Bir Analiz. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), 53–64.
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/431793>
- Acaravcı, A. ve Öztürk, İ. (2010). On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 35(12): 5412-542
- Acaroğlu, H., Kartal, H. M., ve García Márquez, F. P. (2023). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis in terms of ecological footprint and CO2 emissions through energy diversification for Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 24567–24588.
<https://doi.org/10.1007/s11356-023-26278-w>
- Afriyie, J. K., Twumasi-Ankrah, S., Gyamfi, K. B., Arthur, D., ve Pels, W. A. (2020). Evaluating the performance of unit root tests in single time series processes. *Mathematics and Statistics*, 8(6), 656–664.
- Albayrak, M., ve Telek, C. (2022). Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) Hipotezinin Türkiye İçin Geçerliliğinin İncelenmesi. *Finans, Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(4), 719–738.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2661202>
- Aldy, J. E., ve Stavins, R. N.. (2009). *Post-Kyoto international climate policy: Implementing architectures for agreement*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511813207>
- Al-Mulali, U., ve Sab, C. N. B. C. (2012). The impact of energy consumption and CO2 emission on the economic and financial development in 19 selected countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4365–4369.
- Altınöz, B., ve Altuntaş, M. (2020). The relationship between financial development, renewable energy consumption, tourism and climate change in G-20 countries. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler MYO Dergisi*, 23(2), 413–421.
<https://acikerisim.selcuk.edu.tr/server/api/core/bitstreams/8c3727ee-f0d0-4230-a74f-973135bf1067/content>
- Altuntaş, H. (2013). Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi*, 31, 1–24.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/65439>
- Apergis, N., ve Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(1), 656–660.
- Arrhenius, S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*.

- Błażejowska, M., Czarny, A., Kowalska, I., Michalczewski, A., ve Stępień, P. (2024). The effectiveness of the EU ETS policy in changing the energy mix in selected European countries. *Energies*, 17(17), 4243. <https://doi.org/10.3390/en17174243>
- Balat, M. (2008). Energy consumption and economic growth in Turkey during the past two decades. *Energy Policy*, 36(1), 118–127.
- Berke, B., ve Huyugüzel Kışla, G. (2023). Karbon Emisyonlarının Belirleyicileri: Seçilmiş Avrupa Birliği Ülkeleri İçin Mekânsal Bulgular. *Hacettepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 41(3), 388–409. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2564778>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.080>
- Bogmans, C., Kiyasseh, L., Matsumoto, A., ve Pescatori, A. (2020). Energy, efficiency gains and economic development: When will global energy demand saturate? *IMF Working Paper* No. 20/253.
- Bozkurt, C., ve Akan, Y. (2014). Economic Growth, CO₂ Emissions and Energy Consumption: The Turkish Case. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(3), 484–494.
- Bulut, Ü. (2018). Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerjinin Karbondioksit Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Türkiye İçin Asimetrik Nedensellik Testi. *4th International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS)*.
- Cheng, C., Sa-Ngasoongsong, A., Beyca, O., Le, T., Yang, H., Kong, Z., ve Bukkapatnam, S. T. (2015). Time series forecasting for nonlinear and non-stationary processes: a review and comparative study. *IIE Transactions*, 47(10), 1053–1071.
- Clift, R., Sim, S., ve Sinclair, P. (2021). System approaches and sustainability: Roma report revisited in the context of modern environmental modelling. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126158. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126158>
- Çabaş, M. (2024). Avustralya’da Yenilenebilir Enerji ve Yeşil Teknolojiler ile Sürdürülebilir Çevre Arasındaki Fourier Tabanlı Bağlantı. *Eurasian Academy of Sciences Social Sciences Journal*, 53, 38–50. <https://eurasianacademy.org/index.php/socialsciences/article/view/1443/1472>
- Çelebi Boz, F., ve Örs Onur, T. (2024). Çevre Vergileri, Karbon Emisyonu ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Analiz. *Sosyoekonomi*, 32(59), 325–342. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3219359>

- Çetin, M., ve Can, A. (2024). Çin ve Hindistan Ekonomilerinde Yenilenebilir Enerji Kullanımı-Çevresel Bozulma İlişkisi: Bir Bootstrap Eşbütünleşme Analizi. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26(2), 581–596.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3683948>
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455.
- Diskienė, D., Galinienė, B., ve Marčinskas, A. (2008). A strategic management model for economic development. *Technological and Economic Development of Economy*, 14(3), 375–387. <https://doi.org/10.3846/1392-8619.2008.14.375-387>
- Doğdu, A. (2022). G7 ve E7 Ülkelerinde GSYİH ve Yenilenebilir Enerji Üretimi İlişkisi: Toda-Yamamoto Panel Nedensellik Analizi. *Toplum, Ekonomi ve Yönetim Dergisi*, 3(2), 70–87.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2584304>
- Durgun, B. (2025). Türkiye’de Karbon Nötr Hedefine Ulaşmada Çevre Politikasının Etkisi: Fourier Yaklaşımından Yeni Kanıtlar. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 671, 211–242.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023). *Türkiye Ulusal Enerji Planı 2022–2035*.
https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/Türkiye_Ulusal_Enerji_Planı.pdf
- Erdal, G., Erdal, H., ve Esengün, K. (2008). The causality between energy consumption and economic growth in Turkey. *Energy Policy*, 36(10), 3838–3842.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.07.012>
- Erdemir, N. A. (2022). Energy dependence of Turkey: The role of renewable energy sources. *Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 1–14.
- European Commission. (2022). *REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition*.
<https://eur-lex.europa.eu>
- Friedlingstein, P., O’Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Gregor, L., Hauck, J., ... ve Zheng, B. (2022). Global carbon budget 2022. *Earth System Science Data*, 14(11), 4811–4900.
- Grossman, G. M., ve Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377.
- Halıcıoğlu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156–1164.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.012>

- Harris, R., ve Sollis, R. (2003). *Applied Time Series Modelling and Forecasting*. Wiley, West Sussex.
- Hou, F., Yang, D., Rashid, A., Wang, H., ve Iqbal, N. (2023). Exploring the role of fossil fuels and renewable energy in determining environmental sustainability: Evidence from OECD countries. *Sustainability*, 15(3), 2048. <https://doi.org/10.3390/su15032048>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844> <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- International Energy Agency. (2021). *World Energy Outlook 2021*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- International Energy Agency (IEA). (2022). *CO2 Emissions in 2022: Global Energy Review*. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>
- International Energy Agency (IEA). (2023). *World Energy Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- Karagöl, E. T., Kavaz, İ., Kaya, S., ve Özdemir, B. Z. (2017). *Türkiye'nin Milli Enerji ve Maden Politikası*. İstanbul: SETA.
- Karış, Ç. (2017). Türkiye'de Enerji Tüketimi, CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1960–2013 Dönemi. *KOSBED*, 34, 169–197.
- Kaygusuz, K., ve Kaygusuz, A. (2002). Renewable energy and sustainable development in Turkey. *Renewable Energy*, 25(3), 431–453.
- Kesbiç, C. Y., ve Salkım Er, A. (2017). Yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: AB ülkeleri ve Türkiye için bir panel veri analizi. *İktisat Politikası Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 135–154.
- Kim, S. K., Shin, J., An, S. I., Kim, H. J., Im, N., Xie, S. P., ... ve Yeh, S. W. (2022). Widespread irreversible changes in surface temperature and precipitation in response to CO2 forcing. *Nature Climate Change*, 12(9), 834–840.
- Kula, F. (2014). The long-run relationship between renewable electricity consumption and GDP: Evidence from panel data. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(2), 156–160. <https://doi.org/10.1080/15567249.2010.481655>
- Lenton, T. M., Tutuluyor, H., Kriegler, E., Salonu, J., Uçuş, W., Rahmstorf, S. ve Schellnhuber, J.H. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(6), 1786–1793. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>

- Maddala, G. S., ve Kim, I. M. (1998). *Unit Roots, Cointegration and Structural Change*. Cambridge University Press.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., ve Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York, NY: Universe Books.
- Medlock, K. B., ve Soligo, R. (2001). Economic development and end-use energy demand. *The Energy Journal*, 22(2), 77-105.
- Narayan, P. K. (2004). *Reformulating critical values for the bounds F-statistics approach to cointegration: an application to the tourism demand model for Fiji* (Vol. 2, No. 04). Australia: Monash University.
- Narayan, P. K., ve Smyth, R. (2005). Electricity consumption, employment and real income in Australia: evidence from multivariate Granger causality tests. *Energy Policy*, 33(9), 1109–1116.
- Omri, A. (2013). CO2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous equations models. *Energy Economics*, 40, 657–664.
- Our World in Data. (t.y.). Our World in Data. Erişim tarihi: 2 Ocak 2025, <https://ourworldindata.org>
- Önder, H., ve Polat, A. (2018). Enerji Tüketiminin GSYİH ile İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi. *Marmara İktisat Dergisi*, 2(1), 105-116. https://dergipark.org.tr/tr/pub/mje/issue/36764/418744#article_cite
- Pesaran, M.H., ve Shin, Y. (1999). An autoregressive distributed lag modeling approach to cointegration analysis. In Strom, S. (Ed.), *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*. Cambridge University Press.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., ve Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326.
- Polat, B., ve Kızıllan, Ö. (2022). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Karbon Emisyonu İlişkisi: OECD Ülkeleri Örneği. *Euroasia Journal of Social Sciences ve Humanities*, 9(29), 91–104. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7497303>
- Ritchie, H., ve Roser, M. (2020). Energy. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/energy>
- Ritchie, H., Roser, M., ve Rosado, P. (2022). CO2 and Greenhouse Gas Emissions. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*, 37(10), 4021–4028.
- Sadorsky, P. (2014). The effect of urbanization on CO₂ emissions in emerging economies. *Energy Economics*, 41, 147–153.
- Salari, M., Javid, R. J., ve Noghanibehambari, H. (2021). The nexus between CO₂ emissions, energy consumption, and economic growth in the U.S. *Economic Analysis and Policy*, 69, 182–194.
<https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.12.012>
- Salari, M., Javid, R. J., ve Noghanibehambari, H. (2023). The link between CO₂ emissions, energy consumption, and economic growth in the United States. *Energy Economics*, 117, 106449.
- Shahbaz, M., Solarin, S. A., Mahmood, H., ve Arouri, M. (2013). Does financial development reduce CO₂ emissions in Malaysian economy? A time series analysis. *Economic Modelling*, 35, 145–152.
- Smil, V. (2017). *Energy and Civilization: A History*. MIT Press.
- Somoye, O. A. (2024). Assessing the link between energy intensity, renewable energy, economic growth, and carbon dioxide emissions: Evidence from Turkey. *Environmental Quality Management*, 33(3), 49–65.
<https://doi.org/10.1002/tqem.22220>
- Soytas, U., ve Sari, R. (2007). The relationship between energy and production: Evidence from Turkish manufacturing industry. *Energy Economics*, 29(6), 1151–1165.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.05.019>
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439.
- Stern, N. (2006). *The Stern Review: The economics of climate change*. HM Treasury. Erişim tarihi: 2 Şubat 2025, https://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm
- Stern, N. (2008). The economics of climate change. *American Economic Review*, 98(2), 1–37.
- Ticaret Bakanlığı. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021. <https://ticaret.gov.tr/data/640f220d13b8761b449ccb42/YESIL%20MUTABAKAT%20Eylem%20Plan%C4%B1.pdf>
- Uysal, D., ve Yapraklı, H. (2016). Kişi Başına Düşen Gelir, Enerji Tüketimi ve Karbondioksit (CO₂) Emisyonu Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırılmalar Altında Analizi: Türkiye Örneği. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 16(31), 157–176.
- Wang, L. (2022). Research on the dynamic relationship between China's renewable energy consumption and carbon emissions based on ARDL model. *Resources Policy*, 77,

102764.

Wettestad, J.,ve Jevnaker, T. (2016). *Rescuing EU emissions trading: The climate policy flagship*. Springer.

World Bank. (2023). *State and Trends of Carbon Pricing 2023*. World Bank.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/39555>

Zanbak, M., Ekinici, M. E., ve Atvur, S. (2020). Çevre dostu büyüme mümkün mü? Yükselen piyasalara yönelik ampirik bir analiz. *Nevşehir Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 453–478. <https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.661247>



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mustafa KAPLAN

Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi :

Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi

Bildiği Yabancı Diller :

İş Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar :

İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih : 28/08/2025 (Tez Savunma Tarihi)