

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI



**TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İNOVASYON VE
YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİNİN ÇEVRE
KİRLİLİĞİ (CO₂ EMİSYONU) ÜZERİNE ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Fazel Karim QOYASH

Danışman
Doç. Dr. Miraç EREN

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Fazel Karim QOYASH tarafından, Doç. Dr. Miraç EREN danışmanlığında hazırlanan “TÜRKİYE’DE TEKNOLOJİK İNOVASYON VE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİNİN ÇEVRE KİRLİLİĞİ (CO₂ EMİSYONU) ÜZERİNE ETKİSİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 19.8.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. XXXX XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi XXXX XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. XXXX XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza

23 /06 / 2022

Fazel Karim QOYASH

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İNOVASYON VE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİNİN ÇEVRE KİRLİLİĞİ (CO₂ EMİSYONU) ÜZERİNE ETKİSİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 23.6.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 11

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

İmza

23/6/ 2022

Doç. Dr. Miraç EREN

ÖZET

TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İNOVASYON VE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİNİN ÇEVRE KİRLİLİĞİ (CO₂ EMİSYONU) ÜZERİNE ETKİSİ

Fazel Karim QOYASH
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İktisat Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Ağustos/2022
Danışman: Doç. Dr. Miraç EREN

Yaşadığımız çağda çevre kirliliği tüm canlıların hayatının tahdit eden, küresel bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Ekonomik ve sosyal faaliyetlerin beklenmedik boyutta artışı sera gazı emisyonu arasında en yüksek paya sahip olan CO₂ emisyonunu da hızla arttırmaktadır. Dolayısıyla çevre faktörü ısınma, iklim değişikliği ve kirlilik gibi sorunlara maruz kalmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) raporlarına göre yeryüzünde CO₂ emisyonu 1990-2019 döneminde %65 artarak kişi başına 3,9 tondan 4,38 tona çıkmıştır. Oysa, Türkiye'de CO₂ emisyonu %184,58 artarak kişi başına düşen CO₂ emisyonu 2,3 tondan 4,7 tona çıkmış ve bu konuda Türkiye dünya genelinde kişi başına düşen CO₂ emisyonu seviyesini geçmiştir. Dolayısıyla, bu durum bu ülkenin çevresel sorunlarının ne ölçüde olduğunu/ olacağını göstermektedir.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin CO₂ emisyonunun sürekli artışı dikkate alınarak, bir yandan bu emisyonunu en çok etkileyen faktörlerin tespit edilmesi öte yandan son zamanlarda çevre kirliliği mücadelesinde ekonomik araç olarak kullanılan teknolojik inovasyon ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında çevre kirliliğinin göstergesi olan CO₂ emisyonu bağımlı değişken, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi, teknolojik inovasyon, ekonomik büyüme, ticaret ve doğrudan yabancı yatırım değişkenleri bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır. İlgili değişkenlerin Türkiye için 1990-2019 dönemine ait yıllık verileri ele alınmıştır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki uzun dönem ve kısa dönem ilişki son dönemlerde enerji, çevre ve sağlık ekonomisi çalışmalarında çok tercih edilen dinamik ARDL simülasyon yöntemiyle tahmin edilmiştir. Parametreler tahmin edildikten sonra, dinamik ARDL simülasyon yönteminin avantajı olarak geliştirilen algoritmayla bağımsız değişkenlerde yaşanan bir şoka karşı bağımlı değişkenin tepkisi tahmin edilerek grafikler ile görselleştirilmiştir. Sonuç olarak, yenilenemeyen enerji tüketimi ve teknolojik inovasyon CO₂ emisyonunu pozitif anlamlı ve yenilenebilir enerji tüketimi ise negatif ancak istatistiksel olarak anlamsız etkilediği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çevre kirliliği, Teknolojik inovasyon, Yenilenebilir enerji tüketimi, Dinamik ARDL simülasyon

ABSTRACT

THE EFFECTS OF TECHNOLOGICAL INNOVATION AND RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION(CO₂ EMISSION) IN TURKEY

Fazel Karim QOYASH
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Economics

Master, August/2022

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Miraç EREN

Environmental pollution is a global problem that threatens the life of all living beings. The unexpected increase in economic and social activities has also increased CO₂ emissions rapidly, which has the highest share among greenhouse gas emissions. Therefore, the environment factor is exposed to problems such as climate change, pollution and warming. According to International Energy Agency (IEA)'s reports, the CO₂ emission has totally increased %65 during 1990-2019 period across the world. While, in Turkey the CO₂ emission has increased %184.58 during that period and thus, per capita CO₂ has increased from 2.3 tons to 4.7 tons and Turkey has surpassed the world's per capita CO₂ emission level and this situation shows to what extent is/will be the environmental problem in here.

In this study, it has been aimed not only to recognize the factors affecting CO₂ emission mostly but also to evaluate the environmental impact of technological innovation and renewable energy consumption, which has used as an economic tool in the struggle against environmental pollution recently. For this purpose, the relation of technological innovation, renewable energy consumption, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and foreign direct investment variables with CO₂ emission have been analyzed by using the data between 1990-2019 years in Turkey. In this research, first the long-run and short-run relations between dependent variable and independent variables have been analyzed by dynamic ARDL simulation method, which is lately preferred in energy, environment and health economy's field studies broadly then, by using the algorithm that developed as an advantage of dynamic ARDL model the effect of a shock in independent variables on dependent variable have been estimated and visualized by graphs. As result, technological innovation and non-renewable energy consumption had positive effect on CO₂ emission and renewable energy consumption had negative effect on CO₂ emission but insignificantly.

Keywords: Environmental pollution, Technological innovation, Renewable energy consumption, Dynamic ARDL simulation

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

İlk önce, beni yokluktan var eden, bana zeka, eğitim yeteneği va kapasitesini veren yüce Allah'a sonsuz teşekkür ederim. Sonra, tez çalışmamın başlangıcından sonuna kadar, konu belirlenmesinden analizine kadar, her aşamısında bana yol gösteren ve başarılılarıma vesile olan kıymetli danışmanım Doç. Dr. Miraç EREN'e ve bütün hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitim hayalımı gerçekleştirmesini sağlayan Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı (YTB)'na ve bize ev sahipliği yapan bütün Türk milletine teşekkürlerimi sunar ve kendimi minnettar bilirim. Eğitim hayatı boyunca ihtiyaç duyduğum her an maddi ve manevi desteklerinden esirgemeyen aileme de teşekkürlerimi borç bilirim.

Fazel Karim QOYASH

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. SERA GAZI VE ÇEVRE	4
2.1. Sera Gazının Tanımı	4
2.2. Sera Gazının Kaynakları	4
2.2.1. Karbondioksit (CO ₂)	5
2.2.2. Metan (CH ₄)	5
2.2.3. Diazotmonoksit (N ₂ O)	5
2.2.4. Hidroflorakarbonlar (HFCs)	6
2.2.5. Perflorakarbonlar (PFCs)	6
2.2.6. Kükürtheksaflorit (SF ₆)	6
2.3. Karbondioksit Emisyonu ve Türkiye	9
2.3.1. Karbondioksit Emisyonu Açısından Türkiye	10
2.4. Karbondioksit Emisyonunun Artış nedenleri	11
2.4.1. Enerji Sektörü	11
2.4.2. Endüstriyel İşlemler	12
2.4.3. Tarımsal Faaliyetler	12
2.4.4. Atık Yöntemi	12
2.4.5. Ormansızlaşma	13
3. TEKNOLOJİK İNOVASYON VE ÇEVRE	14
3.1. İnovasyonun Tanımı	14
3.1.1. Çevre Yönelimli İnovasyon	15
3.1.2. Çevre Yönelimli İnovasyonu Etkileyen Faktörleri	16
3.2. Teknolojik İnovasyon ve Çevre İlişkisi	16
3.3. Teknolojik İnovasyon Açısından Türkiye	20
4. ENERJİ TÜKETİMİ VE ÇEVRE	25
4.1. Enerji Kavramının Tanımı	25
4.2. Enerji Kaynakları	25
4.2.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları	26
4.2.1.1. Petrol	26
4.2.1.2. Kömür	26
4.2.1.3. Doğalgaz	26
4.2.1.4. Nükleer Enerji	27
4.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	27
4.2.2.1. Güneş Enerjisi	27
4.2.2.2. Hidrolik Enerji	27
4.2.2.3. Rüzgar Enerjisi	28
4.2.2.4. Biyoenerji	28
4.2.2.5. Jeotermal Enerji	28
4.2.2.6. Okyanus Enerjisi	29
4.3. Enerji Tüketimi ve Çevre	30
5. LİTERATÜR TARAMASI VE EKONOMETRİK ANALİZ	32

5.1. Literatür Taraması.....	32
5.2. Ekonometrik Analiz.....	36
5.2.1. Veri Seti ve Değişkenler.....	36
5.2.2. Model.....	37
5.2.3. Yöntem.....	37
5.2.4. Bulgular.....	39
5.2.4.1. Birim Kök Testi.....	39
5.2.4.2. Eş bütünleşme Testi.....	40
5.2.4.3. Dinamik ARDL simülasyon modelinin Sonucu.....	41
5.2.5. Bulguların Değerlendirmesi.....	42
6. SONUÇ.....	51
KAYNAKÇA.....	53
ÖZ GEÇMİŞ.....	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADF	:Augmented Dickey Fuller
ARDL	: Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif
AR-GE	:Araştırma-Geliştirme
BMİDÇS	:Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BRİCS	:Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika
CH ₄	:Metan
CO ₂	:Karbondiyoksit
ECT	:Hata Düzeltme Terimi
GWh	:Gigawat Saat
HFCs	: Hidroflorokarbonlar
IEA	:Uluslararası Enerji Ajansı
MS-VAR	: Markova Rejim Değişim Vektör Otoregresif
N ₂ O	: Diazotmonoksit
NASA	:Ulusal Havacılık Uzay Dairesi
O ₃	:Ozon
OECD	:İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
PCT	:Patent İşbirliği Anlaşması
PFCs	:Perflorokarbonlar
PP	:Phillips-Perron
SF ₆	:Kükürtheksaflorit
TurSEFF	:Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı
TÜBİTAK	:Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
VAR	:Vektör Otoregresif
WDI	:Dünya Bankası Göstergeleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Dünya genelinde sera gazının kaynaklara göre dağılımı.....	7
Şekil 2.2. Küresel sera gazının bileşenlerine göre emisyonu.....	7
Şekil 2.3. Türkiye'de sera gazı emisyonunun kaynaklara göre oranı.....	8
Şekil 2.4. Türkiye'de sera gazlarının kaynaklara göre emisyonu	9
Şekil 2.5. Türkiye'de 1960-2018 yıllar arası toplam CO2 emisyonu	10
Şekil 2.6. Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'de 1960-2018 yıllarda kişi başına düşen CO ₂ emisyonu.....	11
Şekil 2.7. Türkiye'de CO ₂ emisyonu artıran etkenler	13
Şekil 3.1.. Çevre yönelimli inovasyonu yönlendiren faktörler	16
Şekil 3.2. Çevresel küzent eğrisi.....	18
Şekil 3.3. Çevresel küzent eğrisinde ölçek etkisi.....	18
Şekil 3.4. Çevresel küzent eğrisinde kompozisyon etkisi	19
Şekil 3.5. Çevresel küzent eğrisinde teknolojik etkisi	20
Şekil 3.6. Patent İşbirliği Anlaşmasına başvuru çevre yönelimli patent sayısı.....	22
Şekil 3.7. Türkiye'de toplam patent ve çevre yönelimli patent sayısı.....	22
Şekil 3.8. Türkiye'de ve Avrupa Birliğinde çevreci patentin toplam patent içindeki payı	23
Şekil 4.1. Enerji kaynakları.....	25
Şekil 4.2. Türkiye'de yenilenebilir enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı.....	29
Şekil 4.3. Türkiye'de yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerji ve toplam enerji tüketimi..	30
Şekil 5.1. Teknolojik inovasyonda pozitif değişim.....	45
Şekil 5.2. Teknolojik inovasyonda negatif değişim	45
Şekil 5.3. Yenilenebilir enerji tüketiminde pozitif değişim	46
Şekil 5.4. Yenilenebilir enerji tüketiminde negatif değişim	46
Şekil 5.5. Yenilenemeyen enerji tüketiminde pozitif değişim	47
Şekil 5.6. Yenilenemeyen enerji tüketiminde negatif değişim	47
Şekil 5.7. Ekonomik büyümede pozitif değişim	48
Şekil 5.8. Ekonomik büyümede negatif değişim	48
Şekil 5.9. Ticarete pozitif değişim	49
Şekil 5.10. Ticarete negatif değişim	49
Şekil 5.11. Doğrudan yabancı yatırımda pozitif değişim.....	50
Şekil 5.12. Doğrudan yabancı yatırımda negatif değişim.....	50

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. çevre yönelimli inovasyonun yönlendiren belirleyicileri	16
Tablo 5.1. Çevre kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalarının literatür özeti	33
Tablo 5.2. Çalışmada Kullanılan Değişkenler	36
Tablo 5.3. Değişkenlerin açıklayıcı istatistikleri	37
Tablo 5.4. Birim kök sonuçları	40
Tablo 5.5. ARDL eş bütünleşme testinin sonucu.....	40
Tablo 5.6. Dinamik ARDL simülasyon modellerinin uzun ve kısa dönem tahminlerinin sonuçları	41
Tablo 5.7. Tanımlayıcı istatistikler	42

1. GİRİŞ

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan bir bildiriye “Çevre, insanların ve diğer canlıların hayatları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları fiziki, biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortamdır” biçiminde tanımlanmıştır. İnsanoğlu ve bütün canlıların sağlıklı ve güvenli bir yaşam için temiz ve sağlıklı çevreye ihtiyacı vardır. Ancak ilişkiler sisteminden oluşan çevre, genellikle insan oğlunun yaptıkları dengesiz faaliyetlerin sonucuyla dengesizliğe maruz kalarak çevresel sorunlar ortaya çıkmaya başlamıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2022). Hızla gelişen sanayileşme olgusu ve insanların refahını artırmak amacıyla başvuru yoğun üretim neticesinde sınırsız ve düzgün olmayan biçimde doğal kaynakların kullanılmasından dolayı yan etki olarak çevre faktörü her şeyden daha çok etkilenmiştir (Tüyen, 2020). Sanayileşme ve ekonomik faaliyetlerin beklenmedik boyutta artışı çevre faktörünü olumsuz etkilerken, çevre faktörü de insanoğlunun refahlarının yükseltmesinde kaçınılmaz bir boyutu olan kaynakların karşılama da yetersiz kalmaya başlamıştır (Şahin, 2018). Dolayısıyla 1970’li yıllardan sonra karar vericilerin çevre ile ilgili endişeleri artmış ve çevrenin korunması için gereken önlemlerin alınmasının gerektiği önerisinde bulunmuşlardır (Tüyen, 2020).

Çevre kanununa göre insanların her türlü faaliyetleri sonucu, havada, suda ve toprakta meydana gelen olumsuz gelişmelerle ekolojik dengenin bozulması ve aynı faaliyetler sonucu ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede meydana getirdiği arzu edilmeyen sonuçları olarak tanımlanan çevre kirliliği (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022) başka bir tanımla, doğamızın en önemli maddeleri olan havanın, suyun ve toprağın üzerinde olumsuz etkilerin meydana gelmesi ve canlı varlıkların hayatta kalabilmesi için gerçekleştirdikleri faaliyetlerin, engellenmesini neden olup çevre sorunlarının oluşmasına yol açan olay olarak adlandırılmaktadır. Başka bir tanımla çevre kirliliği, canlıların yaşam ortamının olumsuz yönde değişmesi ve doğal dengelerin bozulması şeklinde tanımlanmıştır (Öztürk, 2017).

Son 50 senedir çevre kirliliği ve iklim değişikliği küresel ve tüm canlıların hayatını tehdit eden bir sorun haline gelmiştir (Bayar ve Şaşmaz, 2016). Ekonomik faaliyetlerde enerji kaynakları ve başka doğal kaynaklar etkinsiz, kontrolsüz ve dengesiz şekilde kullanıldığı için CO₂, CH₄ gibi zararlı ve zehirli gazların açığa

çıkıldığından çevre faktörü kirlilik, ısınma, ozon tabakasının delinmesi gibi sorunlara maruz kalınmıştır (Işık ve Kılıç, 2014; Tüyen, 2020).

NASA'nın raporuna göre atmosferde sera gazının en büyük bileşimi olan CO₂ emisyonu yıkıcı düzeye çıkmıştır. Dolayısıyla atmosferde bu denli CO₂ emisyonu havanın ısınması gibi çevre kirliliği sorununun ortaya çıkmasında en önemli etkenlerden sayılmaktadır. İklim değişiminin hızlıca arttığını fark eden bilim adamları 2050 yılında yer yüzünde, çevresel sorunlardan dolayı, hayatın devam edilemeyeceği uyarısında bulunmuşlardır (Wahiduddin Khan, 2021).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) raporlarına göre CO₂ emisyonu 1990-2019 yıllar arasında dünya genelinde toplam %65 artmış ve kişi başına düşen CO₂ emisyonu da 3,9 tondan 4,38 tona çıkmıştır, Türkiye'de ise toplam %184,58 artmış ve kişi başına düşen CO₂ emisyonu ise 2,3 tondan 4,7 tona çıkmış ve bu konuda Türkiye dünya genelinde ortalama kişi başına düşen CO₂ emisyonu seviyesini geçmiştir (IEA, 2021). Bu durum Türkiye'de çevresel sorunların ne ölçüde olduğunu/olacağını göstermektedir.

Son yıllarda çevresel problemlerin, özellikle CO₂ emisyonu problemini, ortadan kaldırmak amacıyla ulusal ve uluslararası ölçeğinde bazı akademik düzenlemeler ve anlaşmalar yapılırken, aynı zamanda ekonomik araçlardan da yararlanmaktadır. Sözü geçen ekonomik araçlardan bir tanesi yenilenebilir enerji tüketimi iken diğeri ise teknolojik inovasyondur (Işık ve Kılıç, 2014; Yiğit, 2014). Bazı ülkeler bu ekonomik araçlar sayesinde (teknolojik gelişimini ve çevre yönelimli patent sayısını artırarak) CO₂ gibi zararlı gazların emisyonunun azaltma yönünde başarıya da ulaşmıştır (Işık ve Kılıç, 2014; Danish ve Olucak, 2021).

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin teknolojik inovasyon ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerinde etkisinin analiz edilmesi temel hedef olarak belirlenirken, ekonomik büyüme, yenilenemeyen enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırım ve ticaret değişkenlerinin de çevre üzerinde (CO₂ emisyonu üzerine) olumlu ve olumsuz etkilerinin incelenmesi yan hedef olarak belirlenmiştir. Bu amaçla yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi ve teknolojik inovasyon değişkenleri temel değişkenler ve ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırım ve ticaret değişkenleri kontrol değişkenler olarak CO₂ emisyonu üzerinde etkisi, son zamanlarda çevre, enerji ve sağlık ekonomisi alanlarında çok tercih edilen dinamik

ARDL simülasyon yöntemiyle 1990-2019 yıllar arasına ait yıllık verileri kullanılarak analiz edilmiştir.

Bu tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde temel giriş bilgileri verildikten sonra ikinci bölümde sera gazları, sera gazlarının kaynakları ve karbondioksit emisyonu bakımından Türkiye'nin konumu ele alınmıştır. Teknolojik inovasyon, çevre yönelimli inovasyon konularının yanısıra inovasyon açısından Türkiye ve inovasyon ile çevre ilişkileri çalışmanın üçüncü bölümünde yer almıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde ise enerji tüketimi ve çevre başlığı altında enerji kaynakları, yenilenebilir enerji ve yenilenemeyen enerji olarak iki grup altında incelenmiştir. Beşinci bölümünde çalışmanın literatür taraması, ekonometrik analizi ve bulguların tartışması yapılırken altıncı bölümünde ise araştırmanın bulguları ve sonuçları ortaya koyulmuştur.

2. SERA GAZI VE ÇEVRE

2.1. Sera Gazının Tanımı

Atmosfer, yeryüzündeki tüm canlıların yaşamını sağlayan ve kendisine özgü fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip birtakım gazların bileşiminden oluşan bir ortamdır. Atmosferi oluşturan gazların durağan olmaması sebebiyle yeryüzünde bu bileşimlerin zamandan zamana, yerden yere farklılık göstermektedir. Azot ve oksijen sırasıyla %78,08, %20,95 oranla temiz ve kuru hava hacminin yüzde 99'unu oluşturduğundan atmosferde başlıca gazlar olarak değerlendirilir. Ancak bu gazların yeryüzünde varlıkları için çok önemli değere sahip olmaları ve atmosferdeki paylarının bu kadar büyük olmasına rağmen hava faktörünü etkileme açısından küçük etkisi vardır. Argon %0.93 oran ile üçüncü, karbondioksit (CO₂) %0.037 oranla, atmosferde dördüncü sırada yer alırken bazı eser gazlar atmosferin geriye kalan %1'lik kısmını oluşturmaktadır. CO₂ gazının atmosferdeki payı çok küçük olmasına rağmen çevre kirliliği açısından diğer sera gazları içerisinde önemli bir paya sahiptir (Türköz, 2015).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) "Sera gazlarını, hem doğal, hem de insan kaynaklı olup, atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları" olarak tanımlamıştır (BMİDÇS, 2002). Türkiye Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanan iklim değişikliği ve tarım değerlendirme raporuna göre ise "Sera gazlarının, dünyanın yüzeyinden, atmosferin kendisinden ve bulutlardan yansıyan, yeryüzüne ait ışınım spektrumunun belirli dalga boylarındaki ışınımını soğuran ve yansıtan; atmosferi oluşturan doğal veya insan kaynaklı gaz özelliğindeki maddeler" olarak tanımlamıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021).

2.2. Sera Gazının Kaynakları

Sera gazları doğrudan sera gazları ve dolaylı sera gazları olarak iki grup altında açıklanabilmektedir. Doğrudan sera gazları (doğal sera gazları) grubunda karbondioksit(CO₂), metan(CH₄), diazotmonoksit(N₂O) gazları yer alırken, endüstriyel faaliyetlerin sonucu olarak açığa çıkan hidroflorakarbonlar(HFCs), perflorokarbonlar(PFCs) ve kükürtheksaflorit(SF₆) gazları ise dolaylı sera gazları olarak tanımlanmaktadır (Türköz, 2015).

2.2.1. Karbondioksit (CO₂)

CO₂ gazı atmosferde doğal olarak oluşup sera gazı emisyonu arasında yaklaşık %60 orana sahiptir. Fosile dayalı enerji kaynaklarının kullanılması ve endüstriyel süreçler bir yandan, karbon depolamada en önemli rol oynayan ormanların tahrip edilmesi öte yandan bu gazın atmosferde birikiminin artmasının en başta gelen nedenlerinden olmaktadır (Türköz, 2015; Selimoğlu ve Çalışkan, 2016).

Dünya genelinde 1970-2018 yıllar arasında salınan toplam sera gazının %69.03'ünü karbondioksit gazı oluşturmuştur (WDI, 2022). Oysa Türkiye'de 1990-2019 yıllar arası dönemde çevreye salınan toplam sera gazları arasında karbondioksit gazının payı %77.56 olmuştur (TÜİK, 2022).

2.2.2. Metan (CH₄)

Metan gazı “organik atıkların oksijensiz ortamda ayrışması sonucunda meydana gelen” sera gazıdır. Metan gazının emisyonunda en temel kaynaklar tarımsal faaliyetler, atıklar, kömür madenciliği, yakıt tüketimi ve bataklıklar oluşturmaktadır. Metan gazının atmosferde artışı karbondioksit gazından daha hızlı ancak atmosferde kalma süresi açısından karbondioksite göre kısa ömürlüdür (Türköz, 2015; Selimoğlu ve Çalışkan, 2016).

Dünya genelinde 1970-2018 yıllar arasında salınan toplam sera gazının %19.42'sini metan gazı oluşturmuştur (WDI,2022). Oysa, Türkiye'de 1990-2019 yıllar arası dönemde çevreye salınan toplam sera gazları arasında metan gazının payı % 13.61 olmuştur (TÜİK, 2022).

2.2.3. Diazotmonoksit (N₂O)

N₂O gazı atmosferdeki bulunan sera gazları arasında metan ve karbondioksit gazlarından sonra 3.üncü sırada yer almaktadır. Bu gaz atmosferde kalma bakımından uzun zaman (130 yıl) kalabilme gücüne sahip bir gazdır. N₂O gazı genel itibariyle toprak kaynaklı oluşan bir sera gazı türüdür. Tropikal ormanlar, fosil yakıtları, ormansızlaşma, egzoz gazları ve bazı sanayi aktiviteler atmosferde N₂O gazının emisyonuna neden olan faktörler olarak incelenmektedir (Türköz, 2015).

Dünya genelinde 1970-2018 yıllar arasında salınan toplam sera gazının %8.14'ünü Diazotmonoksit gazı oluşturmuştur (WDI, 2022). Oysa, Türkiye'de 1990-

2019 yıllar arası döneminde çevreye salınan toplam sera gazları arasında Diazotmonoksit gazının payı % 8.14 olmuştur (TÜİK, 2022).

2.2.4. Hidroflorakarbonlar (HFCs)

HFCs gazı “florlu gazlardan olan ve dolaylı olarak sera etkisine yol açan bu gazlar diğer adıyla halojenli karbon gazları ozon tabakasını incelten maddelerin yerine kullanılmaktadırlar”. Bu gazlar sprelerde püskürtücü gazlar ve buzdolabı gibi malzemelerde soğutucu olarak kullanılan gazların neticesiyle salınmaktadır. Bu gazın ozon tabakasına zararı önemsizdir. Ancak yeryüzünün ısınmasına neden olabilmektedir (Türköz, 2015).

2.2.5. Perflorakarbonlar (PFCs)

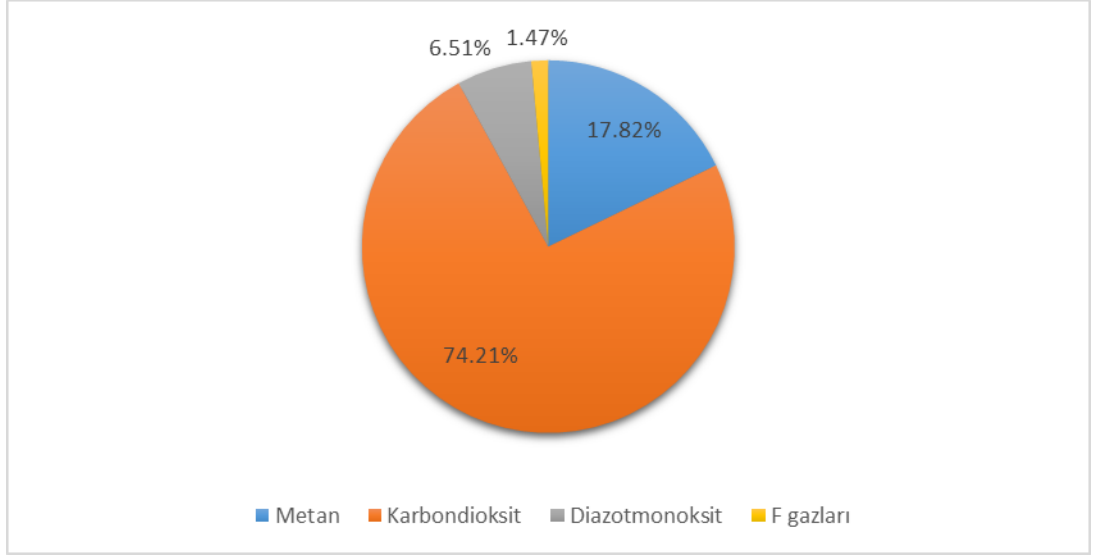
PFCs gazı sera etkisine sebep olan dolaylı bir sera gazıdır. Bu gazın sera gazı arasında payı çok az olmasına rağmen atmosferde uzun süre kalma özelliğine sahip bir gazdır (Türköz, 2015).

2.2.6. Kükürtheksaflorit (SF6)

SF6 gazı, hava sıcaklığını artırma gücü en fazla, havada uzun zaman kalabilecek potansiyeli en fazla ve sera gazların içerisinde yüzdesel olarak sonuncu sırada gazdır (Türköz, 2015).

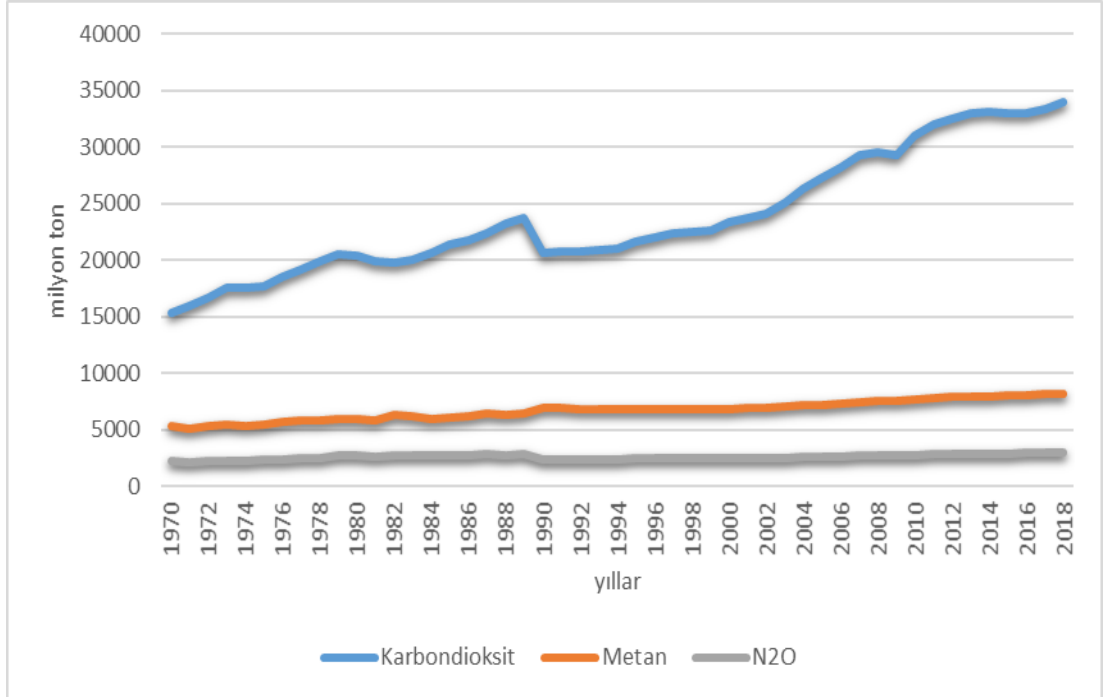
Sera gazları ister doğrudan ister dolaylı şekilde olsun çevreye aşırı derecede salındığı zaman atmosferin sera gazı dengesinin bozar ve çevreye ısınma, iklim değişikliği ve kirlilik gibi olumsuzluklar yaratır. Sera gazları bileşenlerinin atmosferde emisyonlarının sebepleri ve çevrede bulunma yoğunlukları farklı olduğu için bu gazlardan çevreye sokulan etkisi ve etkilerinin şiddeti de farklı olmaktadır (Türköz, 2015).

Dünya Bankası Göstergeleri veri tabanından 2018 yılına ait küresel sera gazı emisyonu verisi incelendiğinde sera gazının bileşenlerinin toplam sera gazı içinde payları şu şekilde dağılmıştır; karbondioksit %74.21, metan gazı %17.82, N₂O gazı %6.51 ve dolaylı kaynaklı sera gazları bileşimini oluşturan başka bir ismiyle F gazları olarak tanılan SF₆, PFCs, HFCs gazları ise % 1.47’lik bir oranı teşkil etmektedir.



Şekil 2.1. Dünya genelinde sera gazının kaynaklara göre dağılımı

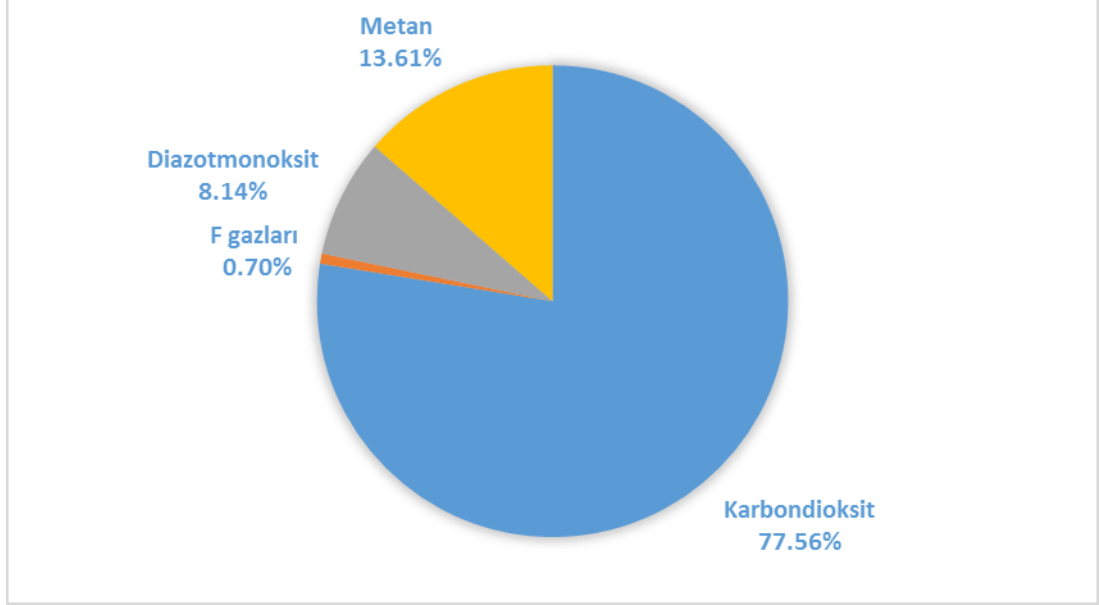
Dünya genelinde 1970-2018 yılları arası toplam sera gazı emisyonu 27057.17 milyon tondan 45873.85 milyon tona çıkmıştır. Bu da yüzdesel olarak %69.54 bir artış göstermektedir (WDI, 2022).



Şekil 2.2. Küresel sera gazının bileşenlerine göre emisyonu

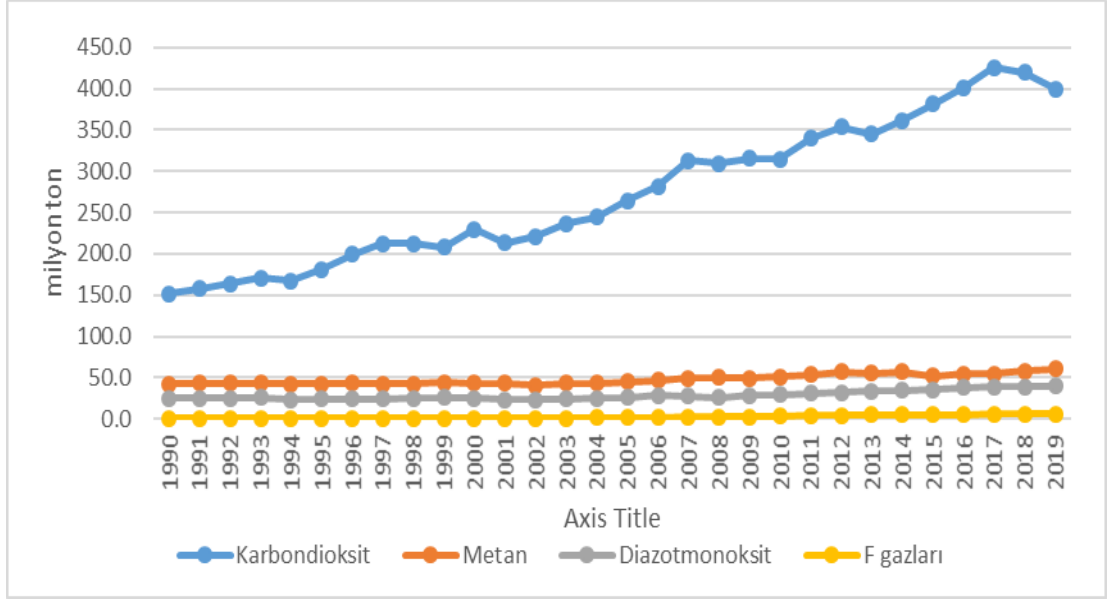
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayınlanan 1990-2019 yılları arası döneme ait sera gazı emisyonu verileri incelendiğinde söz konusu dönemde toplam sera gazı emisyonu içinde karbondioksit %77.56, metan %13.61, diazotmonoksit

%8.14 ve F gazları %0.70 oranı oluşturmaktadır. Genel olarak karbondioksitin toplam sera gazı içindeki payı %60 civarında ve F gazlarının payı %1 beklenirken Türkiye’de ise karbondioksitin payı beklenenden daha yüksek ve F gazları ise daha küçük çıkmıştır. Türkiye’de 1990 yılından 2019 yılına kadar 28 yıl içerisinde sera gazı emisyonu toplam %130.45 artış göstermiştir.



Şekil 2.3. Türkiye’de sera gazı emisyonunun kaynaklara göre oranı

Şekil 2.4’te Türkiye’nin sera gazları bileşenlerinin 1990-2019 dönemine ait verilerinin grafiği gösterilmiştir. İlgili dönemde karbondioksit gazı 151.1 milyon tondan 399.3 milyon tona çıkarak %163.58, metan gazı 42.5 milyon tondan 60.3 milyon tona çıkarak %41.84, diazotmonoksit gazı 25 milyon tondan 40.2 milyon tona çıkarak %61.23 ve F gazları ise 0.6 milyon tondan 6.2 milyon tona çıkarak %898.24 artış göstermiştir



Şekil 2.4. Türkiye’de sera gazlarının kaynaklara göre emisyonu

Karbondioksit gazı bir yandan atmosferdeki sera gazının yarısından fazlasını teşkil ettiğinden, öte yandan çevre konusu ile ilgili çalışmalarda çeresel problemlerin göstergesi olarak kullanıldığından dolayı, bu gazın daha detayli ele alınması tercih edilmiştir.

2.3. Karbondioksit Emisyonu ve Türkiye

Fosile dayalı enerji kaynaklarının birincil haliyle kullanılmasının yanısıra karbon depolamada en önemli rol oynayan, ormanların tahrip edilmesi bu gazın atmosferdeki birikiminin artırır nedenlerinin en başında gelmektedir (Türköz, 2015).

Atmosferde doğal olarak belli bir oranda karbondioksit bulunmaktadır ancak insanların yeryüzünde yaptığı faaliyetlerinin sonucunda, özellikle enerji temininde fosil yakıtı kullanıldığı zaman, atmosfere gerekenden fazla karbondioksit gazı birikimi oluşur, dolayısıyla doğanın karbondioksit dengesi bozulur ve bu da atmosferin karbon döngüsünün bozulmasıyla sonuçlanır. Karbon döngüsü, Karbondioksitin doğal dengede olması gerektiği kadar doğada bulunması olarak ifade edilmektedir (Türkoğlu, 2021). İstatistik veriler incelendiğinde sanayi devrimi sera gzları içerisinde karbondioksit gazını daha çok etkilediği tespit edilmiştir (Türkoğlu, 2021).

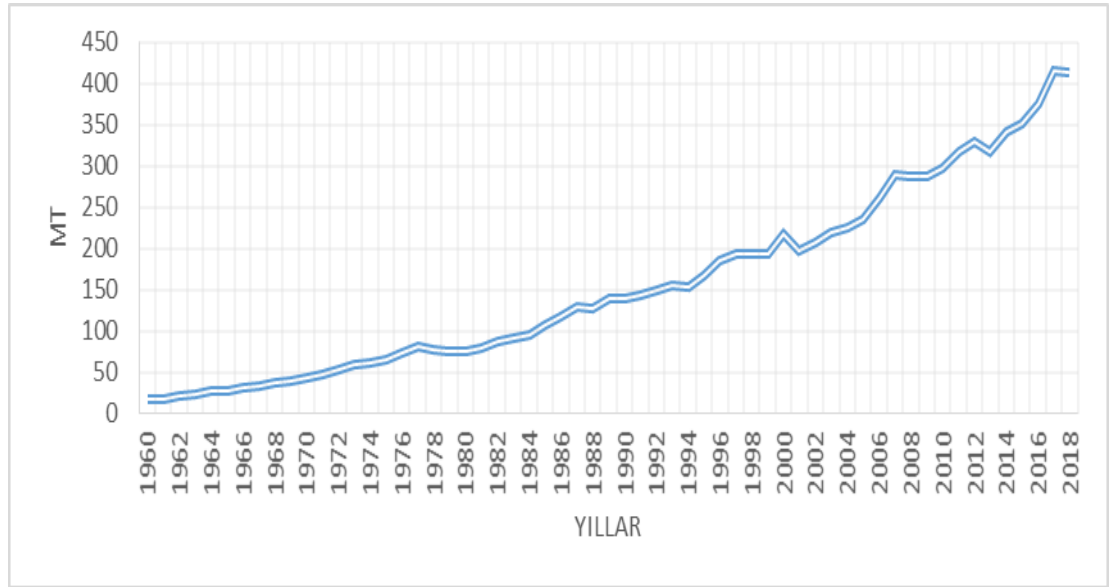
Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’nın açıkladığı raporlarına göre yer yüzünde CO₂ emisyonu 1990-2019 döneminde %65 bir artış göstermektedir. Böylelikle dünya

genelinde CO₂ emisyonu 20511,1 milyon tondan 33621,5 milyon tona yükselmiş ve kişi başına düşen CO₂ emisyonu da 3,9 tondan 4,38 tona çıkmıştır (IEA, 2021).

2.3.1. Karbondioksit Emisyonu Açısından Türkiye

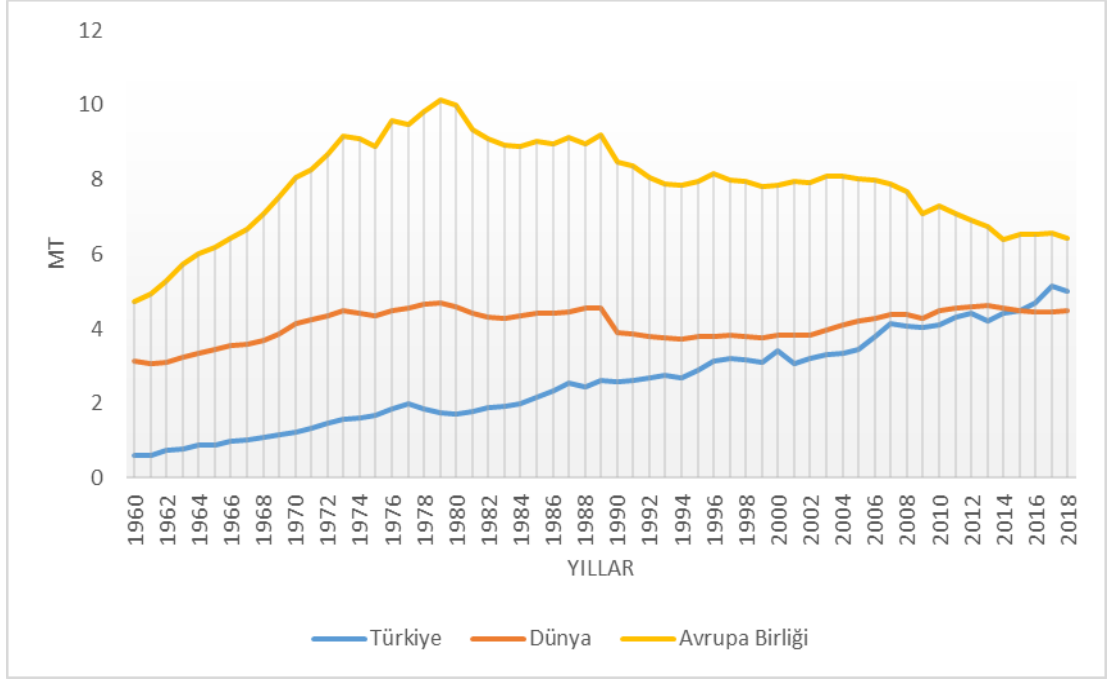
Türkiye ekonomisinde gerçekleşen hızlı büyüme bu ülkenin enerjiye olan ihtiyacını daha da artırmaktadır. Böylece enerji tüketiminin artmasıyla beraber CO₂ emisyonu da artmaktadır (Ener Ruşen ve Koç, 2019). Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre 1990-2019 yıllar arası Türkiye'nin CO₂ emisyonunda %184,58 artış görülmektedir. Böylece, Türkiye'de CO₂ emisyonu 128,76 milyon tondan 366,42 milyon tona yükselirken, buna bağlı olarak kişi başına düşen CO₂ emisyonu da 2,3 tondan 4,7 tona çıkmış ve bu konuda Türkiye dünya genelinde kişi başına düşen CO₂ emisyonu seviyesini geçmiştir (IEA, 2021).

Şekil 2.5'de Türkiye'nin 1960-2018 yıllar arası toplam CO₂ emisyonu gösterilmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi Türkiye'de CO₂ emisyonu sürekli artmıştır.



Şekil 2.5. Türkiye'de 1960-2018 yıllar arası toplam CO₂ emisyonu

Şekil 2.6'de dünya genelinde, Avrupa Birliği ve Türkiye'de kişi başına düşen CO₂ emisyonu gösterilmektedir. 1960-2018 yıllar arası ortalama yıllık Türkiye'de 2,575 ton Avrupa Birliğinde 7,845 ton ve dünya genelinde 4,11 ton karbondioksit emisyonu gerçekleşmiştir.



Şekil 2.6. Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye’de 1960-2018 yıllarda kişi başına düşen CO₂ emisyonu

Dünya genelinde ve Avrupa Birliğinde 1990’lı yıllardan sonra CO₂ emisyonları önemli ölçüde azalırken Türkiye’de ise devamlı şekilde artmıştır. Özellikle 2015 yılından sonra bu ülkede CO₂ emisyonu dünya genelinde kişi başına düşen CO₂ emisyonu seviyesinin geçmesi çok dikkat çekicidir. Dolayısıyla bu konuya bilim adamların ve karar vericilerin dikkat etmesi ve Türkiye’de CO₂ emisyonu olumlu ve olumsuz etkileyen faktörlerin tespit edilmesi çok önemlidir.

2.4. Karbondioksit Emisyonunun Artış nedenleri

2.4.1. Enerji Sektörü

Yirminci yüz yılda ülkeler üretimlerini artırarak ekonomik büyüme ve kalkınmayı hızlandırmaya yönelmişlerdir. Enerji, üretimin kaçınılmaz bir girdisi olduğundan dolayı bu dönemlerde enerjiye olan talep de artmıştır. Enerjiye olan talep artışının sonucunda atmosfere salınan sera gazında, özellikle CO₂ emisyonunda, bir artış gerçekleştiğinden çevresel problemler ortaya çıkmaya başlamıştır (Türkoğlu, 2021).

Enerji temininde fosil yakıtları yakıldığı zaman havaya karbon salınmaktadır. Havaya salınan karbon atmosferde bulunan oksijen ile birleştiğinde zehirli ve çevre kirlenici özelliği olan karbondioksit gazını oluşturmaktadır (Türkoğlu, 2021). Dolayısıyla fosil yakıt ile karbondioksit emisyonu arasında pozitif yönlü doğrusal ilişki

olduğunu söylememiz mümkündür. Böylelikle fosil yakıtına dayanan enerji sektörü karbondioksit emisyonunun artıran nedenlerin başında gelmektedir.

Sektörler açısından CO₂ emisyonu istatistiklerine bakıldığında Türkiye’de 1990-2019 yıllar arasında toplam CO₂ emisyonu içinde enerji sektörünün payı %70.91 olmuştur. Yani toplam CO₂ emisyonunun yaklaşık 2/3 kısmından fazlasının enerji sektörü oluşturmaktadır.

Ama uzun dönemde, fosile dayalı yapıya sahip olan enerji sektörünü rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi gibi doğadan elde edilen yenilenebilir enerjiye dayanan enerji sektörünü geliştirerek sera gazı emisyonunu azaltabilmenin mümkün olduğu gözlemlenmiştir (Türkoğlu, 2021). Böylelikle enerji sektörü ile karbondioksit emisyonu arasında doğrusal negatif yönlü ilişki kurmamız mümkün olabilir.

2.4.2. Endüstriyel İşlemler

Mineral ürünler, kimyasal ürünler, çözücü ürün kullanımı, metal ve diğer üretimler, halokarbonlar ve sülfür hekzaflorürün kullanımı vb. endüstri sektöründe atmosfere CO₂ emisyonuna neden olan başlıca faaliyetlerdir (Türköz, 2015).

Türkiye’de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımının 1990-2019 döneminde toplam CO₂ emisyonunu içindeki payı %10.9892 olmuştur.

2.4.3. Tarımsal Faaliyetler

Tarımsal faaliyetler “toprakların biyolojik özelliklerini ve işlevlerini etkileyen sera gazlarının atmosfere emisyonlarının potansiyel kaynağıdır” (Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012). Bağırsak fermantasyonu, çeltik yetiştiriciliği, savaanların düzenli yakılması, tarımsal kalıntıların tarlalarda yakılması, çiftlik gübresi yönetimi tarım sektöründe CO₂ emisyonuna neden olan başlıca faaliyetlerdir (Türköz, 2015).

Türkiye’de 1990-2019 dönemlerinde atmosfere salınan toplam CO₂ emisyonunun arasında %13.58’i tarımsal faaliyetlerin sonucunda gerçekleşmiştir.

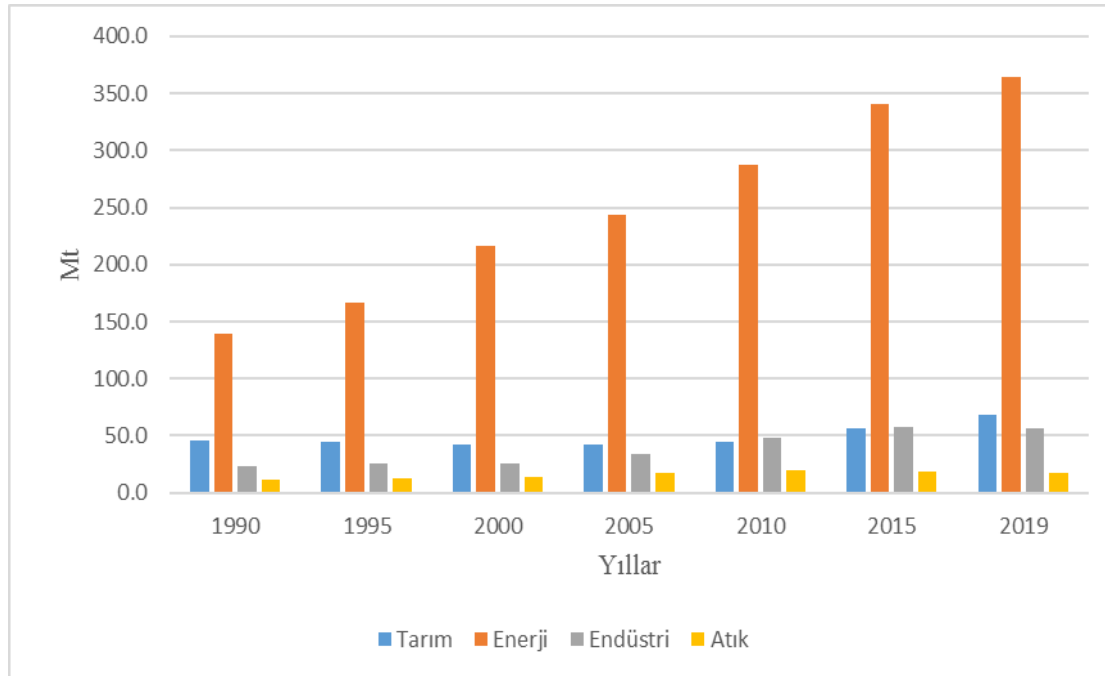
2.4.4. Atık Yöntemi

Atık yakma, araziye atık boşaltımı ve atık su yöntemi atık sektöründe CO₂ emisyonuna neden olan başlıca faaliyetlerdir (Türköz, 2015). Türkiye’de 1990-2019 yıllar arası atmosfere salınan toplam CO₂ emisyonunun %4.53’ünü atık oluşturmuştur.

2.4.5. Ormansızlaşma

Enerji sektöründen sonra ikinci derecede atmosferde çevresel sorunların ortaya çıkmasına sebep olan faktör ormansızlaşmadır. Çünkü, atmosfere salınan toplam karbondioksitin %20'sinin ormanların tahribatı ve arazilerin bozulmasından oluştuğu söylenmektedir (Erdoğan,2020; Türkoğlu, 2021). Türkiye’de ormanların tahribatından ve arazilerin bozulmasından kaynaklanan CO₂ emisyonuna dair herhangi bir veri bulunmamasıyla birlikte ormansızlaşmanın yarattığı çevresel sorunların oldukça büyük olduğu iddia edilmektedir.

Şekil 2.7 Türkiye’de 1990-2019 yıllar arasındaki birer yıllık CO₂ emisyonunu sektörlere göre değişimini göstermektedir.



Şekil 2.7. Türkiye’de CO₂ emisyonu artıran etkenler (TÜİK, 2022)

Şekil 2.7’ye bakıldığında enerji sektörünün toplam CO₂ emisyonu içindeki payı en yüksek olmakla birlikte 1990-2019 yılları arası toplam %161 artışla birinci derecede yer almıştır. Tarım sektörünün toplam CO₂ emisyonu içindeki payının yüksek olmasıyla birlikte sözü geçen dönemlerde çok artmamıştır (%47.70). Ancak endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı faaliyetlerinin toplam CO₂ emisyonu içindeki payı tarım sektöründen küçük olmasına rağmen %147.15 artışla ikinci derecede yer alırken atık yönetimi ise %55 değişimle 3’üncü sırada yer almıştır.

3. TEKNOLOJİK İNOVASYON VE ÇEVRE

3.1. İnovasyonun Tanımı

Türkçe literatüründe inovasyon sözcüğü yenilik kelimesine karşılık gelmektedir. Bu literatürde inovasyon kelimesinin yerine yenilik veya yenileşim kelimeleri kullanılmaktadır. Inovasyon kelimesinin yenilik kelime yerine tercih edilmesinin nedeni inovasyonun yenilik anlamını yanısıra yenilenme, gelişme veya geliştirme, değer yaratan (katma değer) yenilik kavramlarını da kapsamasıdır. Schumpeter'in yazdığı kitapta yeni ürünlerin üretimi veya ürünlerde değişiklik getirilmesi, ürünün üretimi için yeni üretim yöntemi tasarlanması, yeni kaynaklara ulaşılması, yeni pazarların ortaya çıkışı ve endüstriyelde değişiklik olarak beş gurup altında inovasyondan söz etmiştir. İktisat literatüründe inovasyon kelimesinin tanımı 2002 yılında OECD tarafından yayınlanan raporda yapılan tanıma dayanmaktadır. OECD raporunda inovasyonu yeni ürünler ve teknoloji sayesinde geliştirilen ürünler ve süreçleri ifade ederken sonraki yıllarda yayınladığı raporlarda pazarlanabilir ve örgütsel yenilikleri de inovasyon kelimesinin kapsamına dahil etmiştir (Yiğit, 2014; Çakmak ve Yıldız, 2018). Başka bir deyişle “bilimsel veya teknolojik faaliyetin sonucu olarak inovasyon (yenilik); bir fikrin, yeni/gelştirilmiş üretim prosesine dönüştürülerek sanayi veya hizmet sektörlerinde uygulanması olarak” tanımlanmıştır (Durgut ve Akyos, 2004).

Teknolojik inovasyona sadece ulusların refahının ve zenginliğinin bir yolu ya da insanların daha önce yapamadığını yapabilme olanağı sağlayan bir etken olarak yaklaşılmalıdır. Çünkü yenilikler insanlara olumlu yönde katkılarda olduğu gibi olumsuzluk yönlerde de tesir edebilmektedir. Örneğin, inovasyonun gelişmesiyle beraber yenilenemeyen kaynakların hızlıca tüketilmesi, ekolojik dengelerinin bozulması gibi gelecek nesillere olumsuzluklar yaratmaktadır (Ansal, 2004). Dolayısıyla bugün ülkeler teknolojiyi seçerken sadece çıkar yönünü dikkate almakla kalmayıp belki çevresel tesirlerine de göz önünde bulundurmalıdır (Kiper, 2004).

İnovasyonun çeşitlerini bir örnek üzerinden açıklayabiliriz. Örneğin, domates ürünlerimizi organik olarak üretilen doğal ve tüketicinin sağlığına olumsuz etki etmeyecek biçimde kurduğumuz, süreç inovasyonu; bu ürüne zeytin yağı ve bitkiler ilave edilip başka bir ürüne dönüştürdüğümüzde, ürün inovasyonu; alıcıların dikkatini çekmek için renk ve şekillerini çarpıcı hale getirip pazara götürmemiz, pazarlama

inovasyonu; on-line alışverişini sağlamamız, hizmet inovasyonu; siparişleri ve stokları kontrolü için yapılan sistemler, organizasyon inovasyonunu; ürünümüzün üretiminden pazarlamaya kadar her aşamalarında çevre faktörünü sürece dahil ettiğimiz zaman, eko-inovasyonu olarak isimlendirilmektedir (Elçi ve Karataylı, 2008). Eko-inovasyon ya başka bir ismiyle çevre yönelimli inovasyonu kavramının burda biraz detaylı incelenmesinin faydalı olacağı ön görülmüştür.

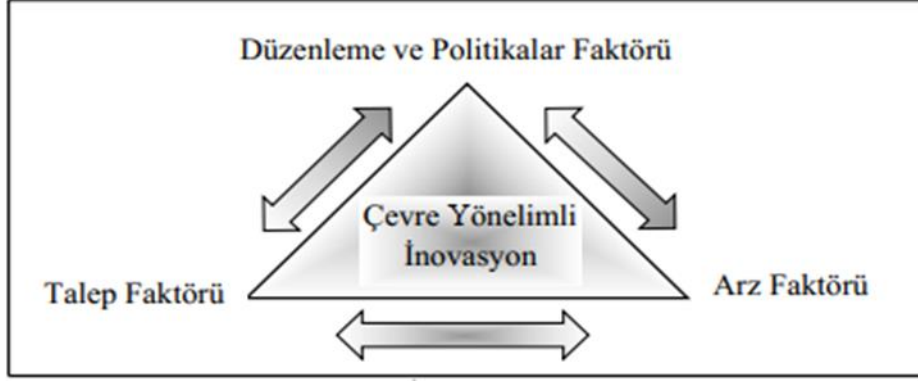
3.1.1. Çevre Yönelimli İnovasyon

Çevre dostu inovasyonlar; yeşil inovasyon, eko-inovasyon, sürdürülebilir inovasyon veya çevresel inovasyon başlık altında bir yandan tüketicilerin ihtiyaçlarını ve beklentilerini sağlayan öte yandan ise çevre faktörüne uyarlanan (çevre faktörüne en az zarar getiren ürün ve hizmetlerin üretilmesini sağlayan veya süreçlerin geliştirilmesi) inovasyonlarını kapsamaktadır. Ancak çevre faktörünü inovasyon sürecine dahil edilmesi, AR-GE harcamalarının payı küçük, vasıflı ve kaliteli iş gücünün yetersiz olması, teknoloji yetersizlikler, yatırım yetersizliği, inovasyon aktiviteleri düzenli yürütülmeyen ülkelerde ,Türkiye dahil olmak üzere, oldukça zordur. Ancak insan kaynaklı faaliyetlerin gün geçtikçe çevreye yaptığı etkisinin artması ve kaynakların azalması ülkeleri inovasyon faaliyetlerinin çevre odaklı yapmasına itmiştir (Yiğit, 2014; Aksu, 2018). Dört farklı kelime ile anlatılan ancak esasta neredeyse aynı anlamı taşıyan yeşil inovasyon, eko-inovasyon, sürdürülebilir inovasyon ve çevresel inovasyon kelimeleri çevre yönelimli inovasyon ifadesiyle bir başlık altında toplanmaktadır (Yiğit, 2014). Bu dört kavram her ne kadar yazarlar ve araştırmacılar tarafından farklı ifade ile tanımlanmışsa bile bu kavramlar genel anlamıyla çevreye yarar veren ya da çevreye ayarlanmış ürünlerin üretiminin sağlanmasında yardımcı olan teknolojileri ve inovasyonları kapsamaktadır.

Atık suyun arıtmasını sağlayan, kirlilik kontrolü ve temizleme teknolojiler, yenilenebilir enerji teknolojileri, enerji tasarrufunu sağlayan teknolojiler, atıkların geri dönüşümünü sağlayan teknoloji, titreşim ve gürültü kontrolü, çevreye ayarlanmış ürünler, yeşil finansal ürünler, kaynakları etkin kullanmasını sağlayan hizmetler, bina ve aydınlatmadaki enerji etkinliğini sağlayan inovasyon, sera gazı depolama ve saklama, çevresel üretim ve tüketim sistemler vb. çevre yönelimli inovasyonun örnekleridir (OECD, 2021; Yiğit, 2014).

3.1.2. Çevre Yönelimli İnovasyonu Etkileyen Faktörleri

Arz ve talep faktörleri ve politikalar çevre yönelimli inovasyonu yönlendiren etkenler olarak bildirilmektedir.



Şekil 3.1.. Çevre yönelimli inovasyonu yönlendiren faktörler (Yiğit, 2014)

Çevre yönelimli inovasyonun yönlendiren faktörlerin aralarında karşılıklı bir etkileşim olduğundan söz edebiliriz. Çevreci ürüne olan talep işletmeleri bu üründen daha fazla üretmesine teşvik edecek ve dolayısıyla arzda bir değişiklik yaşanacaktır. Aynı şekilde ulusal veya uluslararası ölçekte çevresel bir düzenleme bireylerin çevresel inovasyonlara olan bilinçlerini ve hareketlerini etkileyerek arzı etkileyecektir (Yiğit, 2014).

Tablo 3.1. Çevre yönelimli inovasyonun yönlendiren belirleyicileri (Yiğit, 2014; Aksu, 2018)

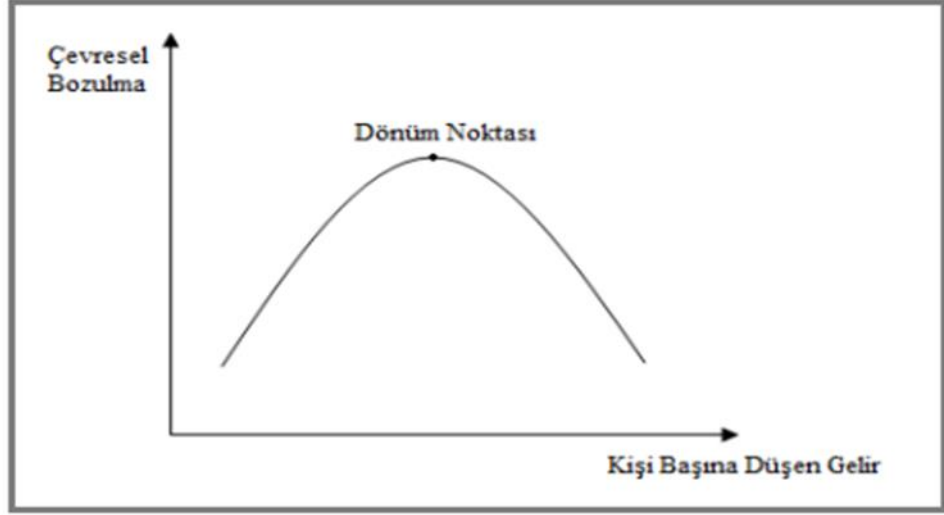
Arz faktörü (itme faktörü)	Talep faktörü (çekme faktörü)	Politikalar etkisi
Çevre dostu yeniliklerden beklenen maliyet tasarrufları ve beklenen verimlilik artışları.	İnsanların çevreci ürünlere karşı tutumları ve bilinçleri.	Ulusal ölçekte teşvik tabanlı politikalar ve düzenlemeler.
Rekabetin pazarda hakim olması yani monopol sistem olmaması ve işletmenin büyüklüğü.	Müşterilerin çevre dostu olan inovasyon ve ürünlere talepleri.	Uluslararası ölçekte yapılan anlaşmalar ve protokoller.
Araştırma geliştirme faaliyetleri.	İşgücü maliyeti.	Ulusal veya uluslararası çapında uygulanacak düzenlemelerin beklentisi.
Ürün kalitesi.	Pazar şekli ve rekabet.	Mevcut çevre kanunu.
Malzemenin verimli kullanımı.		Devlet teşvikleri ve Beklenen düzenlemeler.

3.2. Teknolojik İnovasyon ve Çevre İlişkisi

Teknolojik inovasyon üzerine yatırım yapmak çevresel problemlerin çözülmesinde etkin olmaktadır. Çünkü inovasyon ve teknolojinin gelişmesi CO₂ emisyonunu düşürme ve yeşil ekonomiyi gerçekleştirme konusunda büyük ölçüde katkı

sağlamaktadır (İşık ve Kılıç, 2014; Danish ve Olucak, 2021). Teknolojik inovasyon çevre faktörünü hem doğrudan hem de dolaylı şekilde etkilemektedir (Cheng vd. 2021). Çevre yönelimli inovasyon çevreyi atık yönetimi, sera gazı depolama ve saklama olanaklarını sağlayan yeniliklerin gelişmesiyle çevre faktörünü doğrudan etkilerken ekonomik büyüme vasıtasıyla dolaylı şekilde etkilemektedir.

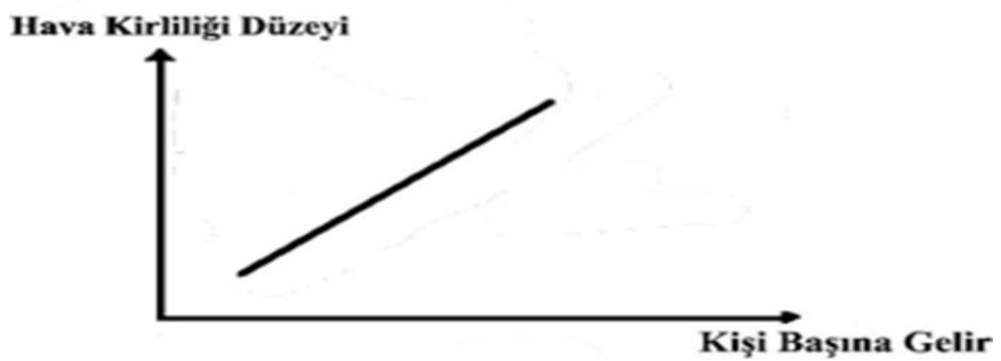
Dünya genelinde gerçekleşen hızlı ekonomik büyüme çevre faktörü üzerinde ciddi problemlere neden olmuştur. Yani ülkeler ekonomik ilerlemelerini çevresel sorunlarının pahasına gerçekleştirmişlerdir. Simon Kuznet 1955 yılında yaptığı çalışmasında gelir dağılımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmanın sonucu olarak gelir dağılımı ile ekonomik büyüme arasında ters U şeklinde ilişki olduğunu bir eğri sayesinde tespit etmiştir. Bu eğriye benzer biçimde Grosman ve Krueger 1995 yılında çevre ile kişi başına düşen gelir aralarındaki ilişkiyi incelemiş ve bu eğriyi “Çevresel Kuznets Eğrisi” adı ile isimlendirmiştir. Grosman ve Krueger çalışmasının sonucunda aynı Simon Kuznets’inki gibi kişi başına düşen gelir düzeyi ile çevre kalitesi arasında ters U biçiminde bir ilişki tespit etmiştir. Şekil 3.2’den de anlaşıldığı üzere kişi başına düşen gelir düzeyi arttıkça çevresel bozulmalar da artmış haldedir. Ama kişi başına gelir ile çevresel bozulmalar arasındaki doğrusal ilişki sonsuza kadar devam etmemektedir. Belli bir gelir düzeyinden sonra çevresel bozulmaların hızı azalmaya eğim göstermeye başlamaktadır. İki değişken aralarındaki doğrusal ilişki gelir düzeyinin dönüm noktasına ulaşmasıyla sonlanmaktadır. Dönüm noktasından sonra değişkenler arasında ters yönlü ilişki başlamaktadır. Yani kişi başına düşen gelir düzeyi arttıkça çevresel bozulmalar azalmakta ve çevresel iyileşme artmaktadır (Türköz, 2015).



Şekil 3.2. Çevresel kuznets eğrisi (Türköz, 2015)

Çevresel kuznets eğrisinin açıklanmasında ölçek etkisi, kompozisyon etkisi ve teknolojik etkisi en çok başvurulan faktörlerdir. Ölçek etkisi, gelir ile çevresel bozulmalar arasındaki ilişkinin artan kısmını (pozitif ilişkiyi), kompozisyon ve teknolojik etkisi, azalan kısmını (negatif ilişkiyi) yorumlamasında kullanılmaktadır (Türköz, 2015).

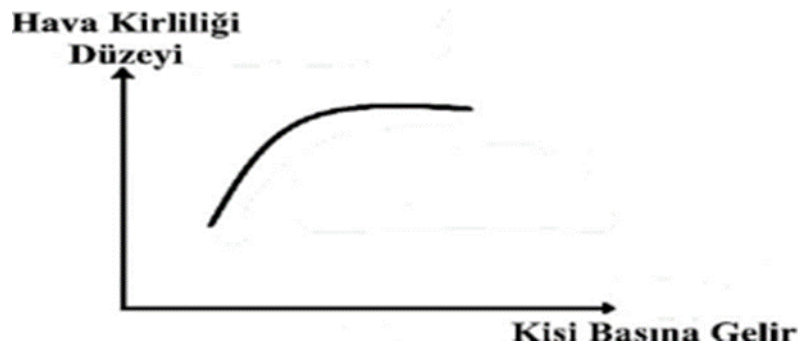
Ölçek etkisi, ekonomik faaliyetlerinin en başında gelen üretim faaliyetinin artırılması ancak üretim esnasında gereken girdilerin artmasıyla yani hammaddenin kullanılmasıyla mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, bir ekonomide teknolojik inovasyon yokken ekonomik aktivite özellikle üretim işlemi ile sera gazları emisyonu arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Fabrikalar ve üretim tesisleri üretim miktarlarını arttırdığında buna bağlı olarak çevreye salınan CO₂ emisyonu da artar bu çevresel bozulmaların artmasına neden olur (Türkoğlu, 2021; Türköz, 2015).



Şekil 3.3. Çevresel kuznets eğrisinde ölçek etkisi (Türkoğlu, 2021)

Şekil 3.3 çevresel kuznets eğrisinde ekonomik büyümenin ölçek etkisinin çevre kirliliği üzerinde etkisinin göstermektedir. Ekonomik büyümenin ölçek etkisi, Çevresel Kuznets Eğrisi'nin artan kısmını oluşturmaktadır. Üretim miktarının artmasıyla kişi başına düşen gelir düzeyi artar ve gelir düzeyinin artması beraberinde çevresel bozulmaları da artırır. Gelir ile çevre kirliliği aralarındaki böyle bir ilişkiyi sağlayan etkiye ölçek etkisi denilmektedir.

Kompozisyon etkisi, ekonomik büyümenin çevre üzerindeki olumlu etkisinin oluşturmaktadır. Kompozisyon etkisi, bir ekonomide yapısal ve sektörel değişimler gerçekleşmesiyle mümkün olmaktadır (Türkoğlu, 2021). Ülkelerin ekonomik durumlarının gelişmesiyle beraber ülkelerin ekonomik yapısında sektörel değişimler gerçekleşir. Tarımdan sanayiye, sanayiden hizmetler ve bilgi sektörüne geçiş yapılırken emisyon miktarında da değişimler meydana gelir. Böylelikle, geçiş sürecinde çevrede meydana gelen değişime kompozisyon etkisi adı verilmektedir. Bir ekonomide tarım sektöründen sanayi sektörüne geçiş yapıldığında sanayide girdi olarak doğal kaynak (hammadde) kullanılır ve neticede çevreye olumsuz bir etki yaratır (Türköz, 2015). Ancak sanayi sayesinde ekonomik büyümeyi ve sermaye birikimi sağlayan ülkeler sanayi sektöründen hizmet ve bilgi sektörlerine geçtiğinde bu sektörlerde doğal kaynaktan ziyade beşeri kaynaktan yani insan kaynağı ve fikir gibi girdilerden yararlanır. Dolayısıyla hizmet ve bilgi sektörü ile ekonomik büyümeyi gerçekleştiren bir ekonomide çevreye her hangi bir bozulma meydana gelmemektedir (Türkoğlu, 2021). Ekonomik büyümenin kompozisyon etkisi, Çevresel Kuznets Eğrisi'nin dönüm noktasını oluşturmaktadır.



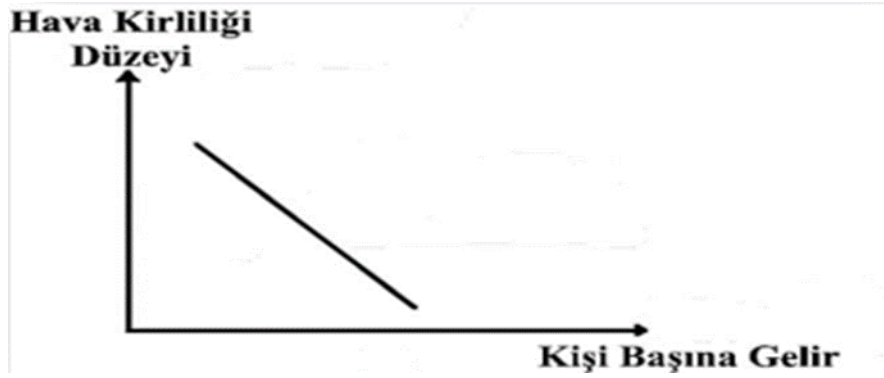
Şekil 3.4. Çevresel kuznets eğrisinde kompozisyon etkisi (Türkoğlu. 2021)

Şekil 3.4 çevresel kuznets eğrisinde kompozisyon etkisinin çevre kirliliği üzerinde etkisinin göstermektedir. Ülkeler ekonomik büyümelerinin tarım ve sanayi sektörüyle sağladığı müddetçe ekonomik büyüme çevreyi olumsuz etkilerken

hizmetler ve bilgi sektörü ile sağlarken ekonomik büyüme çevreyi olumlu etkilemektedir.

Ekonomik büyümenin kompozisyon etkisinin çevre üzerindeki etkisinin ters-U biçiminde olmasının nedeni, ekonomide ekonomik büyümenin evvela sanayi sektörüyle sonra hizmet ve bilgi sektörleri ile gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. (Türkoğlu, 2021).

Teknolojik etki, teknolojik inovasyonun ilerlemesiyle çevre üzerindeki olumlu etki oluşturmaktadır. “Teknolojik gelişme sonucunda çevreye duyarlı üretim modellerinin esas alınmasıyla ortaya çıkan çevresel iyileşmelere teknolojik etki adı verilmektedir”. Ülkelerin ekonomik büyüme ve refah düzeylerinin artmasıyla araştırma geliştirme (AR-GE) faaliyetlerine ayrılan harcamaların payı da yükselmektedir. AR-GE faaliyetinin sonucunda daha çevreci üretim modelleri ve insan sağlığına odaklanan üretim şekilleri geliştirilir (Türkoğlu, 2021). Dolayısıyla çevrede emisyon miktarı azalacak ve sonuçta çevresel iyileşmeler gerçekleşecektir (Türköz, 2015). Ekonomik büyümenin teknolojik etkisi, Çevresel Kuznets Eğrisi'nin azalan kısmını kapsamaktadır.



Şekil 3.5. Çevresel kuznets eğrisinde teknolojik etkisi (Türkoğlu, 2021)

Şekil 3.5 çevresel kuznets eğrisinde teknolojik etkisinin çevre kirliliği üzerinde göstermektedir. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere teknolojik gelişme ile çevre kirliliği aralarında negatif yönlü ilişki olduğu görünmektedir.

3.3. Teknolojik İnovasyon Açından Türkiye

Inovasyon faaliyetlerin ister çevre yönelimli olsun ister sıradan bir inovasyon faaliyeti olsun önünde bir takım engeller bulunmaktadır. Inovasyonun risk oranının yüksek olması, pazarda olan talebin az olması, bilgi kısıtlılığı, vasıflı iş gücünün

yetersiz olması ve maliyet oranının yüksek olması inovasyon faaliyetlerinin önünde gelen başlıca engelleri oluşturmaktadır. Türkiye’de karbon emisyonunun kontrol altında alma ve emisyonun miktarını açıklama gibi çalışmalar bir çok önde gelen firmalar tarafından yapılmaktadır. 2010 yılında başlatılan Karbon Saydamlık Projesi iki yıl içerisinde bu projeye katılan işletmelerin sayısı 11 işletmeden 32 işletmeye çıkarak raporlama faaliyetini yapmaktadır. Türkiye’nin inovasyon faaliyetlerinin arz, talep ve düzenleme faktörleri kapsamında değerlendirebiliriz. Inovasyonun risk oranının yüksek olması, pazarda olan talebin azlığı, teknik bilgi kısıtlılığı, vasıflı iş gücünün yetersiz olması, ve maliyet oranının yüksek olması inovasyon faaliyetlerinin önünde gelen başlıca engelleri oluşturmaktadır (Yiğit, 2014).

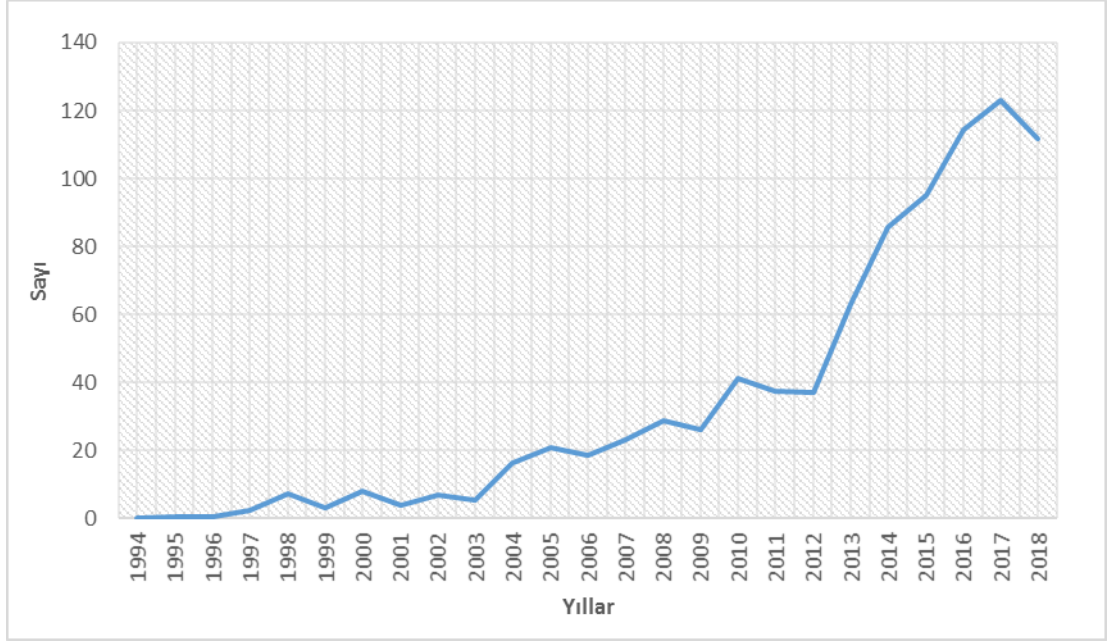
Talep faktöründe insanların çevreye karşı bilinçleri ve duyarlılıkları en önemli etken olmaktadır. Türkiye dahil dünya çapında insanların çevreye karşı duyarlılığın ve bilinçlerinin gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Ancak Türkiye’de tüketiciler hala ürün satın alırken ürünün çevreci tarafından ziyade ürünün fiyatı, çeşitliliği ve geçmiş deneyimlerini ön plana getirmektedir (Yiğit, 2014).

Türkiye’de inovasyonu doğrudan destekleyen her hangi bir düzenleme olmadığı söylenmektedir. Ancak çevresel sorunlarına karşı yapılan ulusal ve uluslararası düzenlemelerden dolayı etkilenmiştir (Yiğit, 2014).

Türkiye’de inovasyonu teşvik eden bazı kuruluşlar da bulunmaktadır. Bu kuruluşlardan bir tanesi TÜBİTAK’tır. Türkiye’de araştırma ve geliştirme faaliyetlerini maddi olarak en çok destek veren TÜBİTAK kurumudur. 2013-2017 yıllar arasında insan sağlığına ve çevresel iyileşme olanağı sağlayan alanlarda araştırma yapmak bu kuruluşun stratejik planında yer almıştır ve bu kapsamda çevre kirliliği azaltacak ürünlere destekler sağlamıştır (Yiğit, 2014).

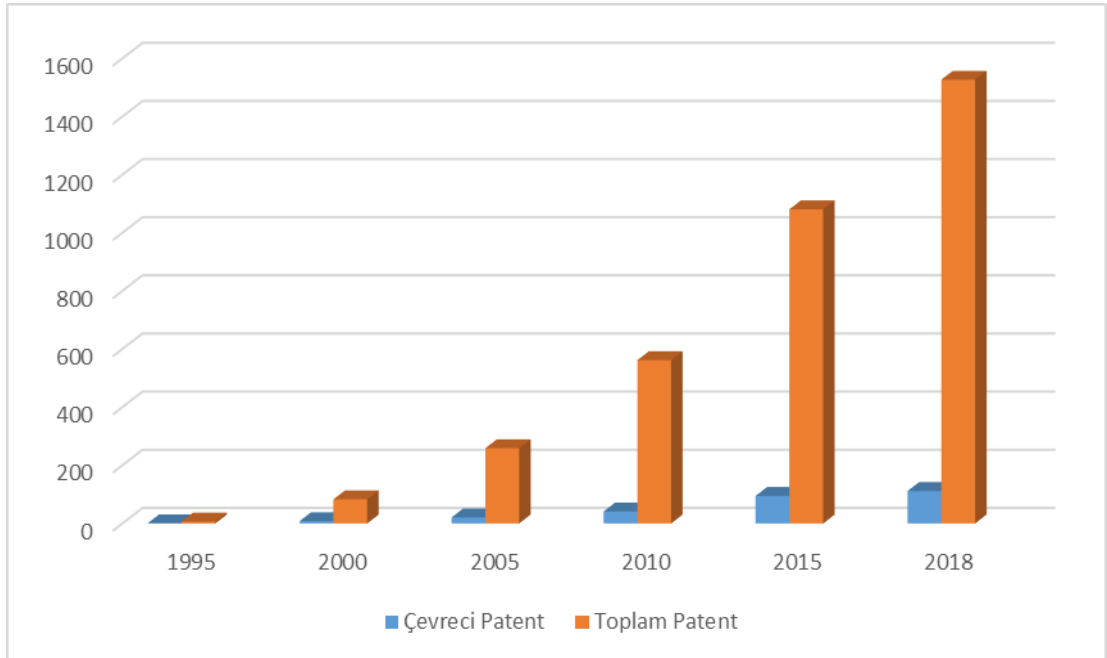
TÜBİTAK kuruluşun yanında Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı ve Doğu Marmara, İzmir, Ankara Kalkınma Ajansları sanayi kuruluşları ve işletmeler enerjinin etkin kullanımı ve verimliliği artırılmasına ve yeşil teknolojiler alanlarında yapılan uygulama projelerine mali destek vermektedir (Yiğit, 2014).

Temiz ve yenilenebilir enerji üretimi ve enerji verimliliğinin artırma alanlarda maddi destek sağlayan bir başka kuruluş ise Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF) ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığıdır (Yiğit, 2014). Aşağıdaki grafikte Patent İşbirliği Anlaşması sistemine Türkiye’den 1994-2018 yıllar arasında başvuru çevre yönelimli patent sayısını göstermektedir.



Şekil 3.6. Patent İşbirliği Anlaşmasına başvuru çevre yönelimli patent sayısı

Şekil 3.6'den de görüldüğü üzere Paten İşbirliği Anlaşmasına çevre yönelimli inovasyon kapsamında yapılan başvuruların sayısı oldukça artış göstermektedir. Ama çevre yönelimli inovasyon adına yapılan başvuruların sayısının toplam patent başvuru içindeki payı çok küçüktür.

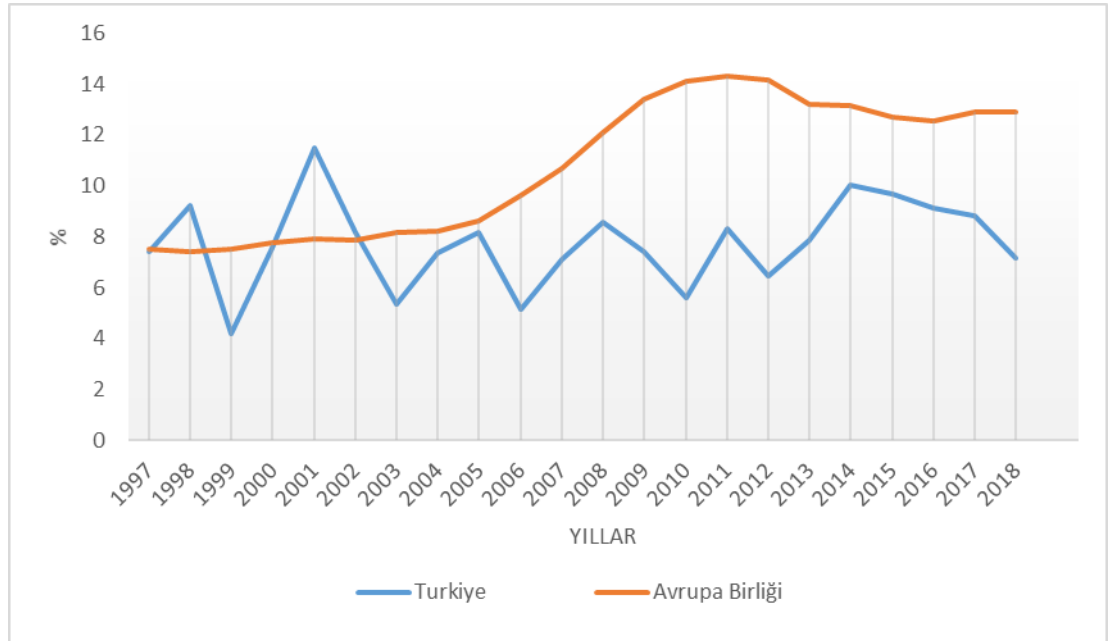


Şekil 3.7. Türkiye'de toplam patent ve çevre yönelimli patent sayısı

Şekil 3.7’de Türkiye’de Patent İşbirliği Anlaşması (Patent Cooperation Treaty-PCT) sistemine başvuru yapılan toplam patent ve çevre yönelimli patent sayısını 1995-2018 yıllar arasına ait grafiği çizilmiştir.

Türkiye’de yeşil patent (çevre yönelimli inovasyon) başvuruları 2012 yılından sonra hızlıca arttıysa da toplam patent başvuru sayısına göre yine de çok azdır. 2018 yılında Patent İşbirliği Anlaşması (Patent Cooperation Treaty-PCT) sistemine başvuru yapılan toplam patent 1527 iken bunun 112’si çevre yönelimli patent başvurusudur ki bu %7.14 bir oranı oluşturmaktadır. 2011 yılında yeşil patent başvurunun toplam patent başvuru içindeki payı %8.33 iken 2019 yılında ise % 5.87’lik bir orana düşmüştür. Yani normal patent başvurunun artış hızı çevreci patent başvurularındakinden daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz.

Şekil 3.8 Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinin 1997-2018 yıllar arası döneminde Patent İşbirliği Anlaşması (Patent Cooperation Treaty-PCT) sistemine başvuru yapan çevreci patentin toplam patente oranını göstermektedir.



Şekil 3.8. Türkiye’de ve Avrupa Birliğinde çevreci patentin toplam patent içindeki payı

Yukarıdaki şekilden de anlaşılacağı üzere Türkiye’de çevreci patentin toplam patent içindeki oranı zaman içinde dalgalı biçimde (istikrarsız) neredeyse sabit ortalama ile hareket etmiştir, hatta 2014 yılından sonra düşen oranla hareket etmiştir, Avrupa Birliği ülkelerinde ise 1997 yılından 2012 yılına kadar sürekli artmışken 2012 yılından sonra bir azalış seyir ederek 2016 yılından sonra yine artmıştır. Aynı zamanda

Türkiye’de gerçekleşen çevreci patent başvurunun toplam patent başvuru içindeki payı da Avrupa Birliği ülkelerinin altında olduğu görülmektedir. Türkiye’de 2018 yılında çevreci patent başvurunun toplam patent başvuru içindeki payı %7.14 iken Avrupa Birliği ülkelerin %12.9’dur. Yani Avrupa Birliği ülkelerinin çevresel patentlerinin toplam patent içindeki payı Türkiye’ninkinden yaklaşık iki kat büyüktür.

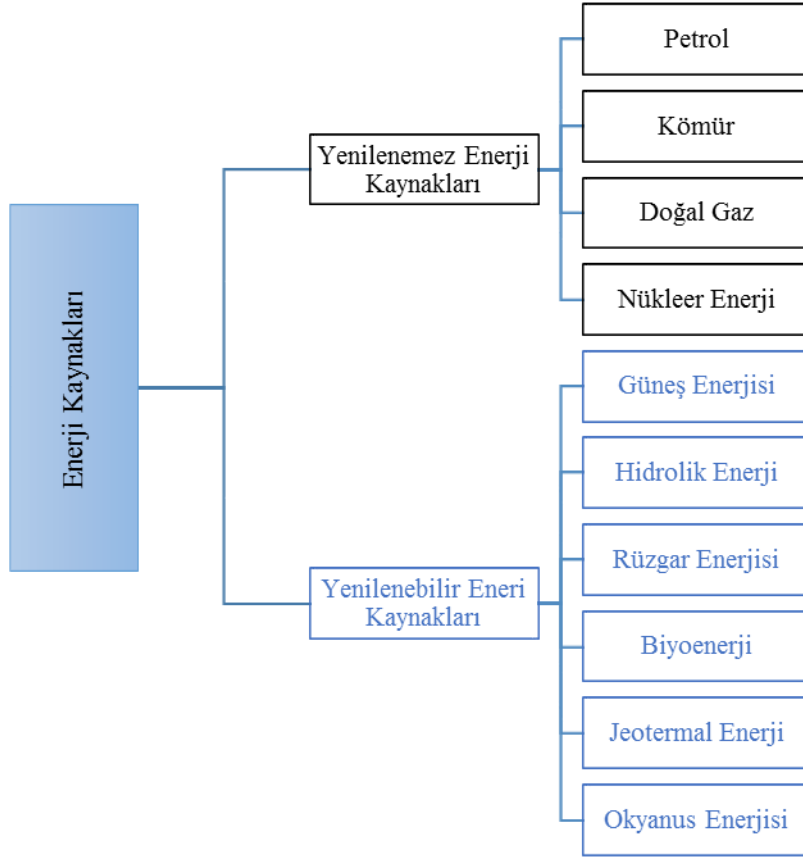
4. ENERJİ TÜKETİMİ VE ÇEVRE

4.1. Enerji Kavramının Tanımı

Enerji kavramını “fiziksel olarak hareket kabiliyeti sağlayan güç” şeklinde tanımlayabiliriz. Geçmiş zamanlarda enerji gereksiniminin temin etmesinde insan gücü ve emeği ana enerji kaynağı olarak kullanılmaktaydı. Sanayi Devrimi ile birlikte enerjiye olan talabin artışı sanayileşme, kentleşme, teknolojik ilerleme, nüfus artışı ve yaşam düzeyinin yükselmesi gibi olgulardan etkilenecek gün geçtikçe hızlıca artmıştır (Erdoğan, 2020). Enerji, ekonomik büyümeyi hızlandıran ve sosyal yaşamın gelişmesinde önemli rol oynayan bir faktördür (Türkoğlu, 2021).

4.2. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları genel olarak yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemeyen (tüketilebilir) enerji kaynakları olarak iki guruba ayrılmaktadır.



Şekil 4.1. Enerji kaynakları (Türkoğlu, 2021)

Türkiye, fosil yakıt enerji kaynağı bakımından kömür kaynağı yönünde zengin bir ülke iken doğal gaz ve petrol yönünden ise zengin olmayan bir ülkedir. Türkiye’de

tüketilen fosil yakıt enerjisinin %85,6'sı yurt dışından ithal edilmektedir. Türkiye'nin coğrafi konumu yenilenebilir enerji üretimine uygun olmasına rağmen yenilenebilir enerji üretiminin payı toplam enerji üretimi içinde çok az ve dolayısıyla bu ülke enerji bakımından yurt dışına bağlıdır (Erdoğan, 2020).

4.2.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları doğada oluşum süreci çok uzun süren, miktarı doğada sınırlı ve tükenilme özelliği olan bir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağının en önemli özelliği tek kullanımlı olmasıdır (Türkoğlu, 2021). Yenilenemeyen enerji kaynakları başka bir adıyla fosil enerji kaynakları çevreye daha fazla kirletici unsur salmasına rağmen yaygın ve büyük ölçüde kullanılmasının nedeni bu kaynakların çevrede bol olması, taşınabilirlik özelliği, ticaretinin kolayca yapılmasıdır (Erdoğan, 2020).

4.2.1.1. Petrol

Petrol kaynağından petrokimya sanayi sayesinde jet yağı, benzin gibi çeşitli maddeler üretilmektedir. Petrol bütün sektörler için önemliyken, sanayi ve ulaşım sektörleri için çok önemlidir (Türkoğlu, 2021). Türkiye'de 1990-2019 yılları arası toplam enerji tüketiminin %40,96'sını petrol kaynaklı enerji oluşturmuştur (IEA,2021).

4.2.1.2. Kömür

Kömür insanlar tarafından yüzyıllar önceden şuan kadar enerji temininde kullanılan enerji kaynağıdır. Sektörlerde kullanılan enerji kaynakları içerisinde en yüksek paya sahiptir. 1763 yılında buharlı makinenin icat edilmesiyle kömürün önemi daha artmış ve kömüre olan talepte de artış yaşanmıştır (Türkoğlu, 2021). Türkiye kömür kaynağı bakımından zengin bir ülke olmasına rağmen ülkedeki kömürün kalori gücünün düşük olması ve üretim maliyetinin yüksek olmasından dolayı dışarıdan ithal edilmektedir (Erdoğan, 2020). Türkiye'de 1990-2019 yılları arasında kullanılan toplam enerji tüketiminde kömürden elde edilen enerjinin payı % 15.52 olarak gözlemlenmiştir.

4.2.1.3. Doğalgaz

Doğalgaz, petrol, propan, butan ve etan maddelerinden oluşan, genellikle petrol ile birlikte bulunan, evlerden sanayiye kadar kullanım alanı büyük olan bir enerji

kaynağıdır. Doğalgaz çevreye verdiği zarar petrol ve kömür yakıtlarından daha azdır (Türkoğlu, 2021). Türkiye'nin 1990-2019 yıllar arasında toplam enerji tüketiminin %15,92'sinin doğalgaz enerji kaynağı oluşturmuştur.

4.2.1.4. Nükleer Enerji

Nükleer enerji ya başka bir adıyla atom enerjisi “atom çekirdiğine uygulanan işlemler sonucunda elde edilen” bir enerji kaynağıdır. Ülkelerin doğalgaz ve atom enerjisine yönelmesinde 1970'lerde ortaya çıkan petrol krizi büyük ölçüde neden olmuştur (Türkoğlu, 2021). Nükleer enerji kaynağı başka tükenbilir enerji kaynağına göre sera gazı emisyonu az olmasına rağmen üretim esnasında riskli olması ve nükleer atıkların çevreye büyük tehdit olması negatif yönleri olarak sayılmaktadır. Bu enerji Türkiye'de henüz üretilmemektedir (Erdoğan, 2020).

4.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir Enerji Kaynakları, doğadan sınırsız biçimde elde edilmesi mümkün olan, tekrar kullanabilen ve çevre ile uyumlu olan enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakların çevre dostu olması, yerli kaynak olması avantajı sayılırken potansiyel sınırlılık ve devamlılık problemi yenilenebilir enerji kaynaklarının dezavantajları olarak görünmektedir. (Türkoğlu, 2021; Erdoğan, 2020).

4.2.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi doğadan hem sınırsız şekilde temin edildiğinden hem de çevreye zarar vermediğinden çok avantajlı bir enerji kaynağıdır (Türkoğlu, 2021). Türkiye'de güneşten elektrik üretimine 2014 yılında başlamıştır ve bu kaynaktan elektrik üretimi günümüze kadar hızlı biçimde artmaya devam etmektedir. Türkiye'de 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrikin %2,03'ünü güneş enerjisi oluşturmaktadır.

4.2.2.2. Hidrolik Enerji

Hidrolik Enerji, su gücünden faydalanıp elde edilen enerji kaynağıdır. Elektrik ihtiyacının en düşük maliyet ile temin edilmesi su gücünün kullanılmasıyla sağlanabilir. Hidrolik enerji her ne kadar çevreye zararlı gaz açığa çıkarmasa da akar suları kestiği için bazı hayvanların veya bitkilerin yok olmasına da neden olabilmektedir (Türkoğlu, 2021).

Türkiye’de 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynağından elde edilen elektriğin %85,87’sini su kaynağından elde edilen yani hidrolik enerjisi teşkil etmiştir.

4.2.2.3. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi yüzeyin farklı basınç nedeniyle oluşan hava hareketinin sonucunda meydana gelen rüzgardan elde edilen enerjidir. Rüzgardan elde edilen enerji, ticari bakımından yenilenebilir enerji kaynakları arasında en elverişli, karlılığı yüksek, en iyi çevre dostu enerji, insan sağlığına zarar vermeyen, yenilenemeyen enerji kaynaklarının tasarrufuna yardımcı ve kullanım ve kurulumu düşük maliyetli olan bir enerjidir (Türkoğlu, 2021).

Türkiye’de rüzgar kaynağından elektrik üretimi 1998’li yıllardan itibaren başlamıştır. 1998 yılında üretime başlatılan rüzgar enerjisi zaman geçtikçe üretimi inanılmaz boyutta artmıştır. 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynağından üretilen toplam elektriğin %9,04’ünü rüzgar kaynağından üretilmiştir.

4.2.2.4. Biyoenerji

Biyoenerji, “bitkilerin fotosentez yaparak sahip oldukları enerjidir”. Bu enerjinin başka yenilenebilir enerji kaynaklarından ayıran avantaj, mevsim değişimlerinden etkilenmemesidir. Bu avantajın yansısı, depolanabilirlik özelliği, sera gazı etkisine sebep olmadığından çevre kirleticisi olmaması ve atmosferdeki karbondioksitin dengesini bozmaması vb. biyoenerjinin başka avantajlarıdır. Bitkiler ve atıkların enerjiye dönüştürürken fazla suya ihtiyaç duyulması ve düşük verimli olması bu enerjinin dezavantajlarıdır (Türkoğlu, 2021).

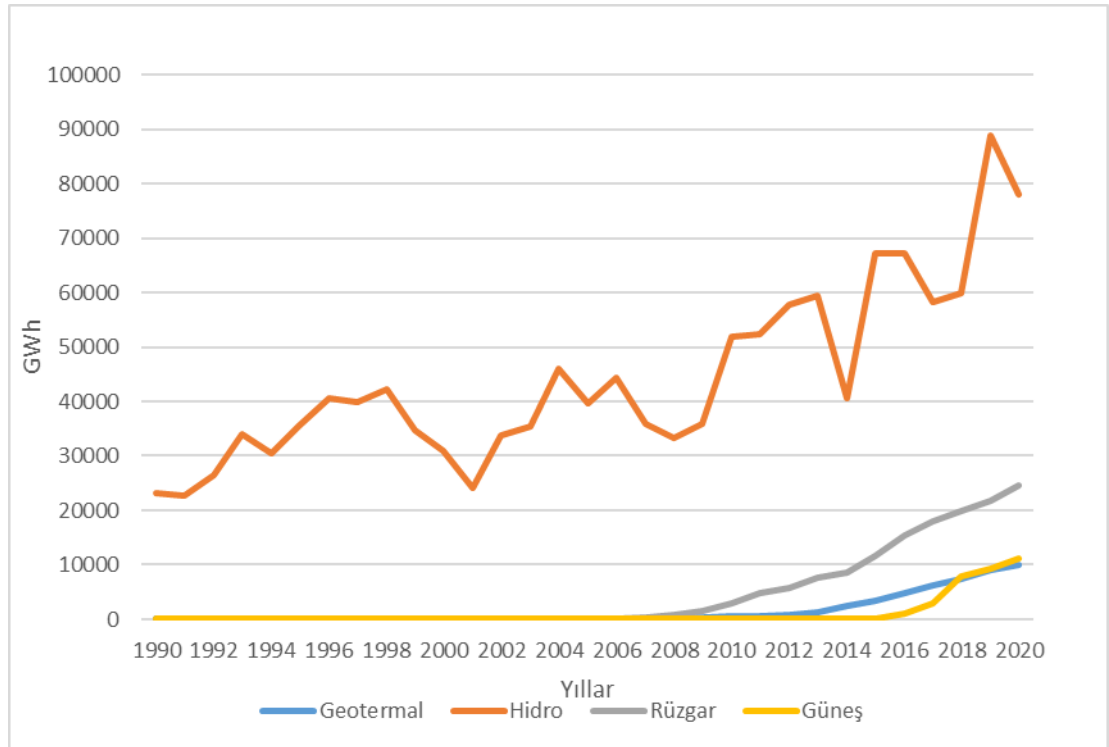
4.2.2.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerjisini “Dünya’nın çekirdek kısmında bulunan ısının enerjiye dönüştürülmüş hali olarak da tanımlayabiliriz. Jeotermal enerji kaynakları aktif volkanların olduğu yerlerde bulunmaktadır. Bu enerji türünün en çok bilinen kaynakları kaplıcalar, çamur havuzları ve gayzerlerdir” (Türkoğlu, 2021). 1990-2020 dönemlerinde Türkiye’de Jeotermal kaynağından elde edilen elektrik üretimi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen toplam elektriğin %3,06’sını oluşturmuştur.

4.2.2.6. Okyanus Enerjisi

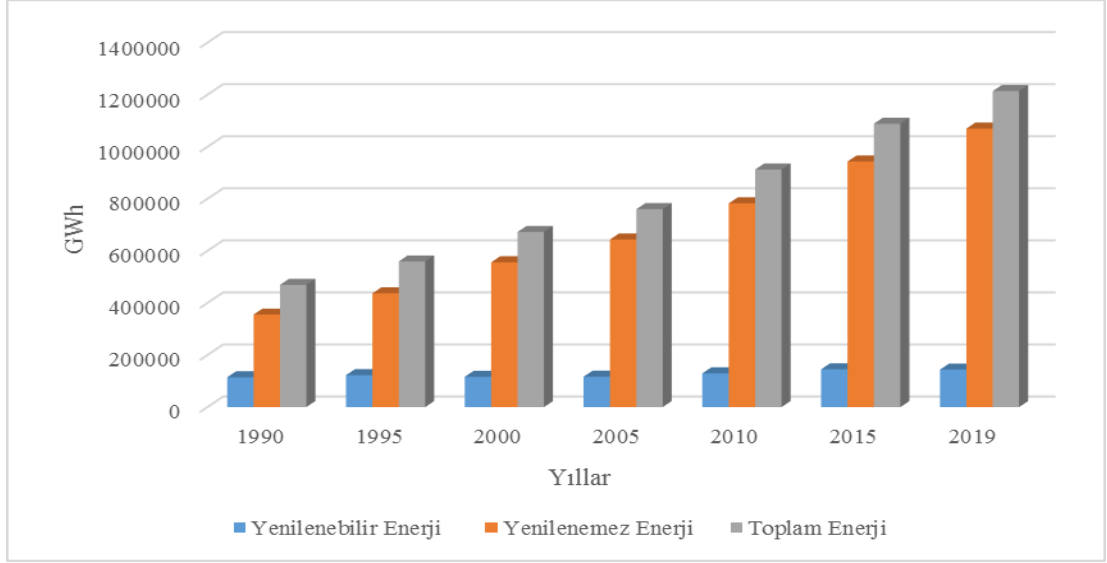
Okyanus enerjisi, okyanuslarda oluşan akıntılar, dalgalar ve gelgitlerin okyanus teknolojisinin kullanımıyla üretilen enerjiye denilir. Okyanusta oluşan akıntılar, gelgitler ve dalgaların enerjiye dönüştürümü henüz araştırma ve geliştirme aşamasındadır (Türkoğlu, 2021).

Şekil 4.2 Türkiye’de 1990-2020 yılları arası yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen toplam elektriğin kaynaklara göre dağılımını göstermektedir. Sözü geçen dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarından toplam 1595686 GWh (Gigawatt hour) elektrik üretilmişken 48874 GWh’ı jeotermal kaynaklı, 1370150 GWh’ı hidro kaynaklı, 144204 GWh’ı rüzgar kaynaklı ve 32458 GWh’ı güneş kaynaklı elektriktir.



Şekil 4.2. Türkiye’de yenilenebilir enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı

1990-2019 yılları arasında Türkiye’de toplam 23821782 GWh enerji tüketimi yapılmışken bunun 20086500 GWh’ı yenilenemeyen enerji ve 3735281 GWh’ı ise yenilenebilir enerji tüketiminden oluşturulmaktadır. Yüzdesel olarak ifade edilmek gerekirse, Türkiye’de 1990-2019 yılları arasında toplam enerji tüketiminde yenilenemeyen enerji tüketiminin payı % 84.32 iken yenilenebilir enerji tüketiminin payı ise %15,78 olmuştur.



Şekil 4.3. Türkiye'de yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerji ve toplam enerji tüketimi

Şekil 4.3'den de anlaşılacağı gibi Türkiye'de 1990-2019 yıllar arasında toplam enerji tüketiminde sürekli artış gerçekleşmiştir. Aynı zamanda bu şekil bize Türkiye'de enerjiye olan ihtiyacın, yenilenemeyen enerji tüketiminin artışıyla temin edildiğini söylemektedir. Söz konusu dönemlerde toplam enerji tüketiminde %158,45 artış gerçekleşirken yenilenemeyen enerji tüketiminde %201 artış ve yenilenebilir enerji tüketiminde %25,89 artış gerçekleşmiştir.

4.3. Enerji Tüketimi ve Çevre

Enerji insanoğlunun yeryüzünde yaşamlarını devam ettirebilmeleri için temel gereksinimlerinden biridir. Enerjinin tüketimi dünyada nüfusların artışıyla, sanayileşme, kentleşme ve teknolojilerin gelişme olgularıyla beraber artmıştır. Enerji tüketimindeki artış çevreye sera gazı salmasıyla olumsuz etkiler yaratmıştır. İnsanoğlu enerji kaynağından bir yandan fayda alırken öte yandan enerji üretimi sürecinde, taşıma, ticareti, çevirimi, tüketimi esnaslarında çevre oğeleri olarak tanılan su, hava ve toprak üzerinde olumsuzluklar yaratmaktadır. Özellikle fosil yakıtlarının üretiminden tüketimine, dönüşümünden ticaretine kadar yapılan faaliyetler aşamasında çevreye salınan gazların sonucuyla çevrede sera etkisi problemi çıkararak ısınma, iklim değişikliği gibi sorunlar söz konusu olmuştur. Çevre kirliliğinin bir parçası olan hava kirliliği tüketilebilir enerji kaynaklarının yani fosillerin yakılmasıyla ortaya çıkan CO₂, CO, NO gibi zehirli gazların emisyonu ile oluşturulur. Fosil yakıtlarının yanmasıyla çevreye salınan gazlar, partiküller ve atıklar dolaylı ya da dolaysız su kaynaklarıyla birleştiğinde suyun fiziksel, kimyasal ve ekolojik özelliklerini

değiştirmesiyle su kirliliği ortaya çıkar. Enerji sektörü ve senayi sektörlerinin yaptıkları faaliyetler sonucunda toprağın fiziksel, kimyasal, jeolojik özelliklerinin değiştirilmesiyle toprak kirliliği ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıtları yakıldığında çevrenin sadece su, hava ve toprak kirliliği gibi sorunlara maruz kaldırmayıp yakıtların yanma sürecinde çevreye salınan gazlar sera etkisi yoluyla ısınma ve iklim değişikliği problemini de oluşturur. Dolaysıyla insanoğlunun hem enerjiye olan enerji ihtiyacını karşılaması için hem de çevreye zarar açısından avantajlı olmasından yenilenebilir enerji tüketimi son yıllarda yenilenemeyen enerji tüketiminin alternatifi olarak odak noktası olmuştur (Erdoğan, 2020).

5. LİTERATÜR TARAMASI VE EKONOMETRİK ANALİZ

5.1. Literatür Taraması

Bu çalışmada analize dahil edilmesi gereken değişkenlerin belirlenmesi ve ilgili alanda araştırmaya değer boşluk bulunması nedeniyle ilgili alanda ulusal ve uluslararası ölçeğinde yapılan çalışmaların literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması yapılan bilimsel çalışmaların özet bilgileri Tablo 5.1’de raporlanmıştır. Bu çalışmalarda farklı ülkeler, farklı zaman aralıkları ve farklı yöntemler kullanılarak çevre faktörünü etkileyen değişkenlerin analizi ele alınmıştır. Literatür taraması yapılan çalışmaların sonuçlarına göre; bazı çalışmalarda teknolojik inovasyon CO₂ emisyonunu hem doğrudan hem de diğer faktörler vasitesiyle dolaylı şekilde negatif etkilerken (Cheng vd., 2021; Danish ve Ulucak,2021) bazı çalışmalarda ise pozitif etkilediği görülmüştür (Khan vd., 2021; Erdoğan vd., 2020). Bazı çalışmalarda ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonu arasında doğrusal olmayan ilişki olduğunu gösterirken (Danish ve Ulucak,2021; Bilgili vd.,2021) bazılarında ise ekonomik büyüme CO₂ emisyonunu pozitif etkilediği görülmüştür (Chien vd.,2021; Hepaktan ve Sertkaya, 2016; Şahin, 2018). Aynı zamanda çalışmalarda yenilenemeyen enerji tüketimi ile karbondioksit emisyonu aralarında pozitif ilişki olduğu (Salehnia vd. 2020) yenilenebilir enerji tüketimi CO₂ emisyonunu negatif ilişki olduğu tespit edilmiştir (Vural, 2021; Chien vd., 2021).

Türkiye’de çevre konusu ile ilgili çalışmalar yapılırken ekonomik büyüme ve enerji tüketimi değişkenlerine çok ağırlık verildiği görülmektedir. Enerji tüketiminin yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimine ayırmadan enerji tüketimi olarak analize tabi tutulması ve teknolojik inovasyon değişkeninin çevre kirliliği ile ilgili çalışmalara dahil edilmemesi bu alanda bir araştırma boşluğu bırakmıştır. Aynı zamanda Türkiye’de çalışmalarda değişkenlerin uzun dönem ve kısa dönem ilişkilerini tahmin etmek için genellikle ARDL modelinden yararlanmıştır. Oysa son yıllarda enerji, çevre ve sağlık ekonomisi alanlarında dinamik ARDL simülasyon yöntemi çok tercih edilmektedir. Dolayısıyla bu çalışma hem enerji değişkeninin yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenemeyen enerji tüketimi olarak iki gruba ayırarak hem de teknolojik inovasyonu değişkeninin analize dahil ederek dinamik ARDL simülasyon yöntemiyle analiz ettiğinden hem bilimsel açıdan hem de yöntemsel açıdan literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Tablo 5.1. Çevre kirliliği ile ilgili yapılan çalışmaların literatür özeti

Yazar	Ülke	Dönem	Yöntem	Bulgular
Danish ve Ulucak (2021)	ABD ve Çin	1980-2016	Dinamik ARDL simülasyon yöntemi	Inovasyon ABD’de CO ₂ emisyonunu anlamlı düzeyde azaltırken Çin’de ise anlamlı düzeyde azaltmamıştır. Yenilenebilir enerji tüketimi hem ABD’de hem de Çin’de CO ₂ emisyonunu azaltmıştır. Gelir düzeyi her iki ülkede CO ₂ emisyonu üzerinde etkisi kısa dönemden uzun döneme artmıştır.
Vural (2021)	Latin ABD ülkeleri	1991-2014	Panel eş bütünleşme yöntemi	Teknolojik inovasyon yenilenebilir enerji üretimini artırmıştır. yenilenebilir enerji üretimi CO ₂ emisyonunu negatif etkilemiştir.
Khan vd. (2021)	69 BRI ülkeleri	2000-2014	Sağlam standart hata regresyon ve dinamik GMM tahminci yöntemi	Teknolojik inovasyon ve ekonomik büyüme CO ₂ emisyonunu artırmıştır.
Abbasi vd. (2021)	Tailand	1980-2018	Navel dinamik ARDL simülasyon yöntemi	Yenilenebilir enerji tüketimi kısa dönemde CO ₂ emisyonunu negatif etkilemiştir. Ekonomik büyüme CO ₂ emisyonunu hem uzun dönemde hem de kısa dönemde artırmıştır.
Hassan vd. (2022)	Çin	1985-2018	Navel dinamik ARDL simülasyon yöntemi	Nükleer enerji ve teknolojik inovasyon CO ₂ salınımını azaltmıştır. Ekonomik büyüme ile kamu taşımacılık hizmetleri CO ₂ emisyonunu artırmıştır.
Cheng vd. (2021)	35 OECD ülkeleri	1996-2015	Panel kantil regresyon yöntemi	Teknolojik inovasyon CO ₂ emisyonunu hem doğrudan hem de dolaylı ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji vasıtasıyla azaltmıştır.
Zheng vd. (2021)	Çin’in 30 ili	2008-2017	Panel kantil regresyon analizi	Yenilenebilir enerjinin gelişimi karbon emisyonun yoğunluğunu azaltmıştır(%1 yenilenebilir enerjinin gelişimi %0,028-0,043 aralığında karbon emisyonunu etkiler) ve yenilenebilir enerjinin gelişimi karbon emisyonuna doğru etkiden ziyade dolaylı etkisi büyüktür olmuştur.
Chien vd. (2021)	Pakistan	1980-2018	Kantil ARDL modeli	Ekonomik büyüme ve kentleşme CO ₂ emisyonunu pozitif, teknolojik inovasyon ile yenilenebilir enerji CO ₂ emisyonunu negatif etkilemiştir.
Bilgili vd. (2021)	13 gelişmiş ülke	2003-2018	Panel kantil regresyon analizi ve EKC hipotez testi	CO ₂ emisyonu ile büyüme arasında U şeklinde ilişki var olduğu, enerji verimlilik üzerine AR-GE harcaması CO ₂ emisyonunu azalma üzerinde etkisi fosil yakıt AR-GE harcaması ve yenilenebilir enerji AR-GE harcamasından büyük olmuştur.

Khan ve Ozturk (2021)	88 gelişmekte olan ülke	2000-2014	Çoklu doğrusal regresyon analizi ve EKC hipotezi	Finansal gelişme CO2 emisyonunu hem doğrudan hem de dolaylı şekilde negatif etkilemiştir.
Salehnia vd. (2020)	14 MENA ülkesi	2004-2016	Panel kantil regresyon analizi	Enerji tüketimi, nüfus ve ekonomik büyüme CO2 emisyonunu pozitif ve doğrudan yabancı yatırım, finansal gelişme negatif etkilemiştir.
Du vd. (2019)	71 ülke	1996-2012	Panel veri analizi ve eşik değer modeli	Yeşil inovasyon CO2 emisyonunu, eşik değer altında yer alan ülkelerde anlamlı etkilemez ve eşik değer üstünde kalan ülkelerde anlamlı düzeyde etkilemiştir. Kişi başına CO2 emisyonu ile kişi başına GSYİH arasında U şeklinde ilişki tespit edilmiştir.
Khan vd. (2019)	Pakistan	1971-2016	Dinamik ARDL simülasyon yöntemi	Enerji tüketimi, finansal gelişme, ticaret, doğrudan yabancı yatırımı CO2 emisyonunu pozitif ve ekonomik büyüme, inovasyon, kentleşme negatif etkilemiştir.
Hashmi ve Alem (2019)	OECD ülkeleri	1999-2014	Panel veri analizi ve GMM modeli	Çevre yönelimli inovasyon ve çevre vergisi CO2 emisyonunu negatif etkilemiştir.
Erdoğan vd. (2020)	G 20 ülkeleri	1991-2017	Panel eş bütünleşme analizi	Sanayide inovasyonun gelişimi CO2 emisyonunu azaltırken, yapım sektöründe ise artırmıştır.
Chen ve Lei (2018)	30 ülke	1980-2014	Panel kantil regresyon analizi	Teknolojik inovasyon CO2 emisyonu yüksek olan ülkeleri büyük ölçüde CO2 emisyonu etkilemiştir.
Işık ve Kılıç (2014)	OECD ülkeleri	1990-2010	Dinamik panel veri analizi	Ar-Ge harcamaları CO2 emisyonunu negatif etkilemiştir.
Bayar ve Şaşmaz (2016)	Danimarka, Finladiya, Hollanda, İsveç ve Norveç	1996-2011	Panel nedensellik testi	Ekonomik büyümeden CO2 emisyonuna doğru tek yönlü ilişki vardır sonucuna ulaşılmıştır.
Şahin (2018)	10 Asya ülkesi	1990-2014	Panel nedensellik testi	Ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden CO2 emisyonuna doğru tek yönlü ilişki tespit edilmiştir.
Hepaktan ve Sertkaya (2016)	Türkiye	1980-2014	Eş bütünleşme, nedensellik ve hata düzeltme modeli	Kişi başına düşen GSYİH'dan CO2 emisyonuna pozitif tek yönlü ilişki tespit edilmiştir.

Ergün ve Atay Polat (2015)	OECD ülkeleri	1980-2010	Panel Eş bütünleşme ve panel hata düzeltme modeli	CO ₂ emisyonu ile GSYİH arasında tek yönlü nedensellik ve GSYİH ile elektrik tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Büyükyılmaz ve Mert (2015)	Türkiye	1960-2010	MS-VAR modeli	CO ₂ emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve GSYİH aralarında doğrusal olmayan ve rejimlere göre değişen aynı zamanda değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Buyukyılmaz (2015)	OECD ülkeleri	1961-2011	MS-VAR modeli	CO ₂ emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve büyüme arasında rejimlere bağlı değişen bir ilişki tespit edilmiştir.
Karaaslan vd. (2017)	OECD ülkeleri	1990-2012	Panel ARDL modeli	Yenilenebilir enerji tüketimi ve CO ₂ emisyonu arasında uzun dönemli bir ilişki var olduğu tespit edilmiştir.
Şimşek ve Yiğit (2017)	BRİCT ülkeleri	1990-2015	VAR analizi	Gayrı safi yurtiçi hasıladan CO ₂ emisyonuna doğrusal tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Akın ve Aytun (2015)	Türkiye	1971-2010	Bootstrap nedensellik analizi	Yüksek öğretim düzeyinden CO ₂ emisyonu ve enerji tüketimine doğrusal nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Kurt vd. (2019)	Türkiye	1972-2014	ARDL sınır testi	Kişi başına düşen gayrı safi yurtiçi hasla CO ₂ emisyonunu azaltır, doğrudan yabancı yatırım ve enerji tüketimi CO ₂ emisyonunu artırır sonucuna varılmıştır.
Uysal ve Yapraklı (2016)	Türkiye	1968-2011	Hatemi-J eş bütünleşme yöntemi	Gelir düzeyindeki artış CO ₂ emisyonunu azaltır, enerji tüketimi CO ₂ emisyonunu artırır sonucuna ulaşılmıştır.
Keskingöz ve Karamelikli (2018)	Türkiye	1960-2011	ARDL yöntemi	Ticaret, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi CO ₂ emisyonunu artırmıştır.

ARDL= gecikmesi dağıtılmış otoregresif model; VAR= vektör otoregresif model; MS-VAR= Markowa rejim değişim vektör otoregresif model; GMM= Genelleştirilmiş momentler tahminini; EKC= Çevresel Kuznets Eğrisi; BRI= Çin Kuşak ve Yol Girişimi; ABD= Amerika Birleşik Devletleri; OECD= Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü; BRICS= Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika; G-20= Yirmiler Grubu; MENA= Orta Doğu ve Kuzey Afrika Bölgesi

5.2. Ekonometrik Analiz

5.2.1. Veri Seti ve Değişkenler

Çalışmada Türkiye'ye ait 1990-2019 yılları arası CO₂ emisyonu, teknolojik inovasyon, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemez enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve doğrudan yabancı yatırım değişkenlerinin yıllık verileri Dünya Bankası (WDI) ve Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) veri tabanlarından ele getirilerek kullanılmıştır. Çalışmada ekonometrik analiz, R programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenler Tablo 5.2'de açıklanmıştır.

Tablo 5.2. Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Değişken	Kısaltma	Açıklama	Kaynak
Karbondiyoksit	CO ₂	Kişi başına düşen CO ₂ emisyonu(Metrik ton)	WDI
Teknolojik inovasyon	TI	Patent Başvurusu (Sayı)	WDI
Yenilenebilir enerji tüketimi	REC	Kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimi (Petrol eşdeğer cinsinden kg)	IEA
Yenilenemeyen Enerji tüketimi	NEC	Kişi başına düşen yenilenemeyen enerji tüketimi (Petrol eşdeğer cinsinden kg)	IEA
Ekonomik büyüme	GDP	Kişi başına gayri safi yurt içi hasıla (2015\$)	WDI
Ticaret	TR	% GDP	WDI
Doğrudan yabancı yatırım	FDI	Sermaye girişi(%GDP)	WDI

WDI = Dünya Bankası Göstergeleri; IEA= Uluslararası Enerji Ajansı

Çevre kirliliği değişkeninin göstergesi olarak kullanılan CO₂ emisyonunun verisi, ekonomik büyüme değişkeninin göstergesi olarak kullanılan kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla, teknolojik inovasyon değişkeninin göstergesi olarak kullanılan patent sayısı, ticaret değişkeninin göstergesi olarak kullanılan ticaretin gayrisafi yurt içi hasıladaki payı ve doğrudan yabancı yatırım değişkeninin göstergesi olarak kullanılan sermaye girişiminin gayrisafi yurt içi hasıladaki payı verileri Dünya Bankası (WDI) veri tabanından alınırken, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi değişkenlerinin verileri ise Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) veri setinden alınmıştır. Tablo 5.3'te değişkenlerin açıklayıcı istatistikleri raporlanmıştır.

Tablo 5.3. Değişkenlerin açıklayıcı istatistikleri

Değişkenler	Ortalama	Maksimum	Minimum	Std,Hata	Jarque-bera	Olasılık
CO ₂	3,357442	4,667734	2,387904	0,684	1,7790	0,4108
Tİ	3146,067	8555,000	837,0000	2292,94	5,2006	0,0742
REC	159,6484	190,4469	128,0690	18,145	1,8218	0,4021
NEC	827,2769	1147,257	566,5171	183,041	2,2242	0,3288
GDP	7941,691	12004,38	5303,010	2205,44	2,8861	0,2362
TR	46,97936	62,61188	30,47601	8,257	0,7940	0,6723
FDİ	1,209240	3,623502	0,305399	0,886	5,9102	0,0520

5.2.2. Model

Teknolojik inovasyon, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi, kişi başına gayrüsafi yurt içi hasıla, ticaret ve doğrudan yabancı yatırım değişkenlerinin CO₂ emisyonu üzerine kısa dönem ve uzun dönem etkisinin incelemek için denklem 1’de ekonometrik model kurulmuştur.

$$CO_{2t} = F(Tİ_t, REC_t, NEC_t, GDP_t, TR_t, FDİ_t) \dots\dots\dots 1$$

Burada, CO₂ karbondioksit emisyonunu, Tİ teknolojik inovasyonu, REC yenilenebilir enerji tüketimi, NEC yenilenemeyen enerji tüketimini, GDP kişi başına gayrisafi yurt içi hasılayı, TR ticareti, FDİ doğrudan yabancı yatırım ve t ise ilgili dönemi ifade etmektedir.

Aşağıdaki denklem yukarıdaki ekonometrik modelin denklemini logaritmik hale çevrilip elde edilen denkleme ifade etmektedir.

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 * \ln ti_t + \beta_2 * \ln rec_t + \beta_3 * \ln nec_t + \beta_4 * \ln gdp_t + \beta_5 * \ln tr_t + \beta_6 * \ln fdi_t + \varepsilon_t \dots\dots\dots 2$$

Burada β_0 sabit terimi, $\beta_{1,2,3,4,5,6}$ değişkenlerin katsayılarını, ti , rec , nec , gdp , tr , fdi sırasıyla teknolojik inovasyon, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi, kişi başına gayrisafi yurt içi hasıla, ticaret, doğrudan yabancı yatırım, \ln doğal logaritma ve ε_t ise hata terimi ifade etmektedir.

5.2.3. Yöntem

Bu çalışma, Danish ve Ulucak 2021 yılında yaptıkları çalışmasına dayanarak değişkenler arasındaki kısa dönem ve uzun dönem ilişkiler dinamik ARDL simülasyon yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Katsayılar tahmin edildikten sonra dinamik

ARDL yönteminin avantajı olarak geliştirilen algoritma ile bağımsız değişkenlerde gerçekleşen bir şokun bağımlı değişkendeki etkisi tahmin edilerek grafikler üzerinden incelenmiştir. Dinamik ARDL simülasyon modeli 2018 yılında Jardon ve Philips tarafından ARDL modelinde mevcut olan problemlerin ortatadan kaldırılması için geliştirilmiştir (Jardon & Philips, 2018). Dinamik ARDL simülasyon modeli son yıllarda enerji, çevre ve sağlık ekonomisi alanlarda çok tercih edilmiştir.

Pesseran vd. (1999), Pesseran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yaklaşımı serilerin eş bütünleşme derecelerini dikkate almayan ya eş bütünleşme dereceleri eşit olmayan serilere eş bütünleşme testi yapabilmeye olanağı sağlayan bir yöntemdir (Karaaslan, 2017). Sosyal bilimlerde zaman serisi analizi yapılırken ARDL yaklaşımının kullanımı çok yaygındır. ARDL yaklaşımının değişkenlerin durağan durumuna bakmaksızın eş bütünleşme dereceleri $I(1)$ 'i geçmemesi şartıyla uygulanabilmektedir (Jardon & Philips, 2018). Aynı zamanda, ARDL modelinde bağımlı değişken ve bağımsız değişkenlerin farklı uzunluklarda gecikmelerini dahil etmek mümkündür (Abbasi vd., 2020). Bu yaklaşım diğer yöntemlere göre bazı avantajlara sahiptir; birinci avantajı ARDL sınır testi yapılırken serilerin eş bütünleşme derecelerini dikkate almamasının yanı sıra bu test çok kolaydır. İkinci avantajı, ARDL sınır testini uygulamak için serilerin ön testini yapılmasına gerek yoktur. Çünkü bu yaklaşım hem $I(0)$ hem de $I(1)$ ve $I(0)I(1)$ durumunda uygulanabilir. Üçüncü avantajı sınırlı ve küçük gözlemlere sahip veri setleri için de kullanışlıdır (Karaaslan, 2017).

ARDL yaklaşımının sözü geçtiği avantajlarına rağmen bu yöntemde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin gecikmeleri, farkları ve farklarının gecikmeleri dahil edildiğinden karmaşık dinamik özelliklerine sahiptir. Böylece bağımsız değişkenlerdeki uzun dönemli ya kısa dönemli değişimin yada bağımsız değişkende yaşanan bir şokun bağımlı değişkende yansıtılması ya yorumlanmasında zorluk getirmiştir. Dolayısıyla ARDL sınır testindeki sorunlardan dolayı Jardon ve Philips 2018 yılında dinamik ARDL simülasyon yöntemini geliştirmiştir (Jardon & Philips, 2018).

Dinamik ARDL simülasyon modeli ARDL yaklaşımında değişkenlerin uzun ve kısa dönem tahmini katsayılarının yorumlama zorluklarına kolaylık sağlamaktadır (Danish ve Ulucak, 2021). Aynı zamanda dinamik ARDL simülasyon modeli, diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda yani ceteris paribus koşulu altında bir

bağımsız değişkende bir şok söz konusu olduğunda o şoku bağımlı değişkende kendiliğinden tahmin, simülasyon ve grafiğini çizebilme özelliğine sahiptir (Hassan vd., 2021; Khan vd., 2019).

Dinamik ARDL simülasyon yöntemini kullanabilmemiz için şu koşulları sağlanması gerekmektedir; birinci, bağımlı değişkenin birinci farkı alındığında durağan olması lazım yani bağımlı değişken I(1) olaması gerekir. İkinci, bağımsız değişkenlerin entegre düzeyi I(1)'i geçmemesi gerekir. Üçüncü ise bağımsız değişkenler mevsimsel birim kök içermemesi gerekir. Dinamik ARDL simülasyon modeli denklem 3'te gösterilmektedir (Jardon & Philips, 2018).

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \beta_0(y)_{t-1} + \beta_1(x_1)_{t-1} + \dots + \beta_k(x_k)_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta(y)_{t-1} + \sum_{j=0}^{q_1} \gamma_{1j} \Delta x_{1,t-j} + \dots + \sum_{j=0}^{q_k} \gamma_{kj} \Delta x_{k,t-j} + \varepsilon_t \dots \dots \dots 3$$

Burada Δy bağımlı değişkendeki değişimi, α_0 sabit katsayı, $t - 1$ değişkenlerin bir gecikmesini, p ve q bağımlı ve bağımsız değişkenlerin sırasıyla gecikme sayısını, Δ fark operatörünü ve ε ise hata terimi göstermektedir.

Serilerin kısa dönem ve uzun dönem katsayıları gösteren hata düzeltme modeli 4.denklemden tahmin edilmiştir (Danish ve Ulucak, 2021).

$$\Delta \ln(co_2)_t = \alpha_0 + \beta_0 \ln(co_2)_{t-1} + \beta_1 \ln ti_t + \beta_2 \ln rec_t + \beta_3 \ln nec_t + \beta_4 \ln gdp_t + \beta_5 \ln tr_t + \beta_6 \ln fdi_t + \gamma_1 \ln(\Delta ti)_{t-1} + \gamma_2 \ln(\Delta rec)_{t-1} + \gamma_3 \ln(\Delta nec)_{t-1} + \gamma_4 \ln(\Delta gdp)_{t-1} + \gamma_5 \ln(\Delta tr)_{t-1} + \gamma_6 \ln(\Delta fdi)_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots \dots 4$$

Burada, β_0 sabit terimi, $\beta_{1,2,3,4,5,6}$ uzun dönem katsayıları ve $\gamma_{1,2,3,4,5,6}$ kısa dönem katsayıları, t zamanı, \ln doğal logaritma ve ε_t ise hata terimi ifade etmektedir.

5.2.4. Bulgular

5.2.4.1. Birim Kök Testi

Zaman serisi analizinde sahte regresyon oluşumundan kaçınmak için serilerin durağan olması gerekir. Bu amaçla serilerin birim kök testi yapılmıştır. Zaman serilerinde birim kök testi yapılırken genellikle genişletilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey Fuller-ADF) ve Phillips-Perron(PP) testleri tercih edildiğinden bu çalışmada da tercih edilmiştir. Tablo 2'de çalışmada kullanılan serilerin ADF ve PP birim kök sonuçları raporlanmıştır.

Tablo 5.4. Birim kök sonuçları

Değişkenler	Düzy		Birinci fark	
	ADF	PP	ADF	PP
	Istatistik(olasılık)	Istatistik(olasılık)	Istatistik(olasılık)	Istatistik(olasılık)
lnCO ₂	-2,851(0,245)	-9,744(0,499)	-5,897 (0,01)***	-29,09(0,01)***
lnTİ	-2,444(0,401)	-5,154(0,801)	-4,019 (0,021)**	-21,43(0,018)**
lnREC	-1,225(0,870)	-16,43(0,086)	-7,158 (0,01)***	-33,74(0,01)***
lnNEC	-1,64(0,708)	-16,72(0,080)*	-7,310 (0,01)***	-34,45(0,01)***
lnGDP	-1,357(0,819)	-6,852(0,689)	-5,338 (0,01)***	-27,72(0,01)***
lnTR	-3,677 (0,043)**	-7,28(0,661)	-3,656(0,045)**	-24,18(0,01)***
lnFDİ	-1,691 (0,691)	-9,033(0,545)	-4,820 (0,01)***	-30,91(0,01)***

*, **, *** istatistik değerinin sırasıyla 10 %, 5% ve 1% anlamlı olduğunu, parantez içindeki değerler ise olasılık değerleri göstermektedir.

Çalışmada kullanılan serilerin ADF ve PP birim kök testi sonuçları, serilerin ticaret değişkeni dışında, ki bu seri ADF testinde düzeyde %5 anlamlık seviyesinde durağan olmuştur, bütün değişkenler düzeyde birim kök içerdiği ve birinci farkı alındığında durağan olduğu tespit edilmiştir.

5.2.4.2. Eş bütünleşme Testi

Eş bütünleşme testi değişkenler aralarında uzun dönem bir ilişkinin olup olmadığını gösteren bir testtir (Türkoğlu, 2021). ARDL yaklaşımında serilerin eş bütünleşme testi F değerine dayanmaktadır. Eş bütünleşme testi sonucunda elde edilen F değeri Pesaran, Smith ve Shin tarafınca belirlenen kritik alt ve üst sınır değerleriyle karşılaştırılarak seriler arasında eş bütünleşme ilişkisi olup olmadığı kararına varılmaktadır. Eğer hesaplanan F değeri kritik üst sınır değerini geçiyorsa seriler arasında eş bütünleşme vardır sonucuna varılırken, kritik üst sınır ve alt sınır değerinin ortasında kalıyorsa seriler arasında eş bütünleşme olup olmadığı belirsiz ve kritik alt sınır değerinin altında kalıyorsa seriler arasında eş bütünleşme yoktur sonuca varılmaktadır (Türköz, 2015).

Tablo 5.5. ARDL (1,0,1,0,1,0,0) eş bütünleşme testinin sonucu

K	F İstatistiği	%10		%5		%1	
		I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
6	25,696	2,12	3,23	2,45	3,61	3,15	4,43

K, modelde bağımsız değişkenlerin sayısını, I(0) kritik alt sınır değerlerini ve I(1) ise kritik üst sınır değerlerini göstermektedir.

Tablo 5.5’de de görüldüğü üzere F istatistiği 25,696 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan F istatistiği Tablodaki kritik değerlerle karşılaştırıldığında %1 anlam düzeyinin kritik üst sınır değerinden büyük olmuştur. Dolayısıyla seriler arasında %1 anlam düzeyinde eş bütünleşik olduğu tespit edilmiştir.

5.2.4.3. Dinamik ARDL simülasyon modelinin Sonucu

Seriler arasında eş bütünleşme ilişkisi olduğu tespit edildikten sonra bu ilişkiyi analiz etmek amacıyla değişkenler arasındaki uzun dönem ve kısa dönem katsayıları tahmin edilmiştir. Tablo 5.6’de bağımlı değişken ve bağımsız değişkenlerin arasındaki ilişkiler hem ARDL yöntemile hem de dinamik ARDL simülasyon yöntemiyle tahmin edilen sonuçlar raporlanmıştır.

Tablo 5.6. Dinamik ARDL simülasyon modellerinin uzun ve kısa dönem tahminlerinin sonuçları

Parametreler	Uzun dönem katsayıları		Kısa dönem katsayıları	
	Parametreler	Katsayı(olasılık)	Parametreler	Katsayı(olasılık)
Sabit terimi	-6,704(0,0001) ***		ECT	-0,9536 (0,0001) ***
lnTI	0,0309 (0,0342) **		Δ lnTI	0,0153 (0,2659)
lnREC	-0,0292 (0,7359)		Δ lnREC	-0,0669 (0,2212)
lnNEC	1,1297 (0,0003) ***		Δ lnNEC	1,04409 (0,0000) ***
lnGDP	0,0283 (0,7703)		Δ lnGDP	-0,1739 (0,1513)
lnTR	0,0193(0,5436)		Δ lnTR	0,0374(0,2773)
lnFDI	-0,0201 (0,0895)*		Δ lnFDI	-0,0131 (0,1503)
R kare				0,9664
F İstatistiği(olasılık)				28,8(0,0000)
Durbin Watson İstatistiği				2,0562(0,2312)
Gözlem sayısı				30

*, **, *** istatistik değerinin sırasıyla 10 %, 5% ve 1% anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.6’de dinamik ARDL simülasyon modellerinin sonucu raporlanmıştır. Raporlanan sonuçlara göre teknolojik inovasyon değişkeninin katsayısı pozitif ve uzun dönemde %5 güven aralığında anlamlı ve kısa dönemde anlamsız tahmin edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi değişkeninin katsayı ise hem kısa dönem için hem de uzun dönem için negatif ancak istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır. Yenilenemeyen enerji tüketimi değişkeninin katsayısı pozitif ve istatistiksel olarak hem kısa dönemde hem de uzun dönemde %1 güven aralığında anlamlı çıkmıştır. Ekonomik büyüme değişkeninin katsayısı uzun dönemde pozitif ve kısa dönemde negatif ve istatistiksel

olarak iki dönemde de anlamsız çıkmıştır. Ticaret değişkeninin katsayıları hem uzun dönemde hem kısa dönemde pozitif ve istatistiksel olarak anlamsızken doğrudan yabancı yatırım değişkeninin katsayıları ise hem kısa dönemde hem de uzun dönemde negatif ve istatistiksel olarak uzun dönemde %10 güven aralığında anlamlı tahmin edilmiştir. Tablo 5.6’de aynı zamanda ARDL modelinin tahminleri de raporlanmıştır. İki modelin tahminleri karşılaştırıldığında çalışmanın ana değişkenlerini oluşturan teknolojik inovasyon, yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenemeyen enerji tüketimi değişkenlerinin tahminleri neredeyse benzer sonuç göstermiştir.

Tablo 5.7. Tanımlayıcı istatistikler

Test	İstatistik	Olasılık değeri
Ramsey Reset Test	0,94122	-
Serisel Korelasyon testi	0,318	0,573
Değişen varyans testi	10,919	0,2813
Durbin Watson İstatistiği	2,0562	0,2312
Normallik Testi	0,931	0,06

Hata düzeltme modelinden elde edilen hata düzeltme terimi de tam beklenen işaret ile negatif ve anlamlı çıkmıştır. Tablo 5.7’de modellerin geçerliliği ve güvenilirliğini kontrol etmek için yapılan testlerin sonucu gösterilmiştir. Bu bağlamda modelin otokorelasyon sorunu testi için Breusch-Godfrey testi, değişen varyans sorunu için Breusch-Pagan testi ve model kurma hatası için RESET testi yapılmıştır. Testlere göre modelde otokorelasyon, değişen varyans ve model kurma hatasının olmadığı tespit edilmiştir.

5.2.5. Bulguların Değerlendirmesi

Tablo 5.6’de raporlanan sonuçlara göre Türkiye’de teknolojik inovasyonun CO₂ emisyonu üzerinde uzun dönemde pozitif anlamlı ve kısa dönemde ise pozitif anlamsız etkisi olduğu görülmüştür. Ceteris paribus koşulu altında, uzun dönemde teknolojik inovasyonda (patent sayısında) %1 bir artış CO₂ emisyonunda %0,0309 bir artışa neden olmaktadır. Bu sonuç, Khan vd.(2021), Erdoğan vd.(2020) tarafından yapılan çalışmaları desteklemektedir. Khan vd. çalışmanın sonunda teknolojik inovasyon CO₂ emisyonunu artırır sonucuna varırken Erdoğan vd. ise teknolojik inovasyon yapım sektöründe emisyonu artırır sonucuna ulaşmıştır. Ancak bu çalışma Danish ve Ulucak(2021), Hashmi ve Alem(2019), Du vd.(2019) tarafından ulaşılan sonuçlarla ters gelmektedir. Danish ve Ulucak ve diğerler tarafından yapılan çalışmaların sonucuna göre teknolojik inovasyon CO₂ emisyonunun azaltmıştır. Türkiye’de

teknolojik inovasyonun CO₂ emisyonu üzerindeki pozitif etkisinin nedeni yapılan inovasyonların çevreci olmadığından ya da inovasyon faaliyetlerinde çevre faktörünü sürece dahil etmemesinden kaynaklanmaktadır. Çünkü Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde teknolojik inovasyon aktivitelerinin karşısında araştırma-geliştirme bütçe yetersizliği, nitelikli iş gücü problemi ve inovasyon aktivitelerinin sistematik biçimde yürütülmemesi gibi problemlerden dolayı çevre faktörü en azından tüketici kadar sürece dahil edilmemektedir (Yiğit, 2014). Dolayısıyla Türkiye’de teknolojik inovasyonun CO₂ emisyonu üzerinde azaltıcı etkisi olması için inovasyonların çevre odaklı (çevre yönelimli) olması gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimi değişkeninin katsayısı incelendiğinde katsayının işareti hem kısa dönemde hem de uzun dönemde negatif yani yenilenebilir enerji tüketimi ile CO₂ emisyonu aralarında ters yönlü ilişki vardır ancak istatistiksel olarak anlamsızdır. Bu sonuç katsayının işareti bakımından Danish ve Ulucak(2021), Vural(2021), Abbasi vd.(2021), Zheng vd.(2021) yaptıkları çalışmaların sonuçlarıyla uyum sağlamaktadır. Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerinde etkisinin anlamsız olduğunun sebebi bu ülkede enerji sisteminde yenilenebilir enerji tüketiminin payının az olmasıdır. Türkiye’de enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır ancak bu taleplerin %87’si birincil kaynaklardan temin edilirken sadece %13’ü temiz kaynaklardan karşılanmaktadır.

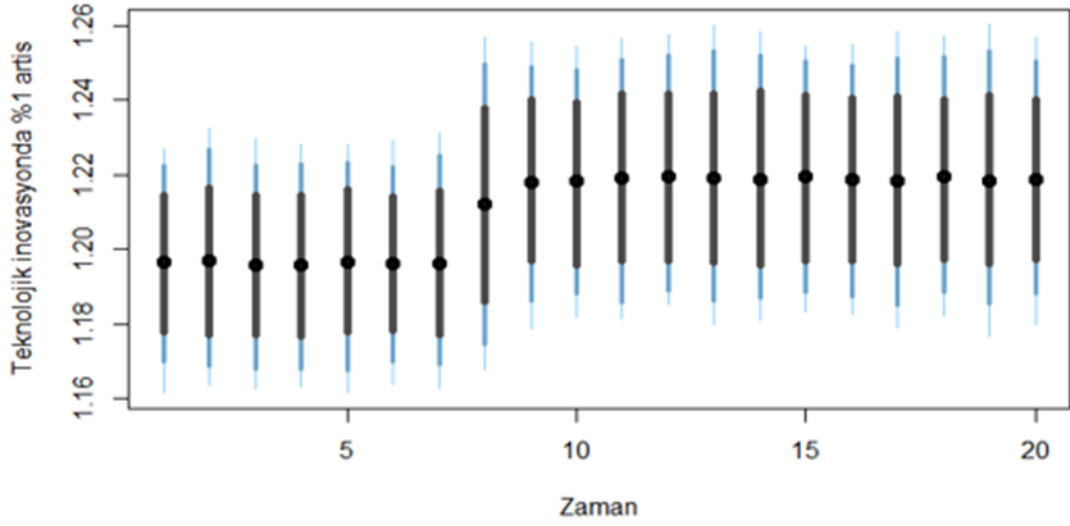
Tablo 5.6’de tahmin edilen sonuçlara göre yenilenemeyen enerji tüketiminin katsayıları hem uzun dönemde hem de kısa dönemde anlamlı ve pozitifdir. Yenilenemeyen enerji tüketiminde meydana gelen %1 bir artış uzun dönemde CO₂ emisyonunu %1,1297 artmasına neden olacağı tahmin edilmiştir. Kısa dönemde ise yenilenemeyen enerji tüketiminde gerçekleşen %1 bir artış CO₂ emisyonunda %1,044 bir artışa sebep olacağı tahmin edilmiştir. Bu sonuç literatürde olan Khan vd.(2019), Keskingöz ve Karamelikli (2018), Salehnia vd.(2018), Şahin(2018) tarafından yapılan çalışmaları sonucunu desteklemektedir. Türkiye’de enerjiye olan ihtiyacının %85-90 oranının çevreye en çok karbon salan kömür, petrol, gaz gibi kayaklardan karşılanmaktadır. Dolayısıyla yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketimi CO₂ emisyonunun çok etkilemektedir.

Tablo 5.6’de ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonunun ilişkisi uzun dönemde pozitif kısa dönemde ise negatif istatistiksel olarak anlamsız tahmin edilmiştir. Bu

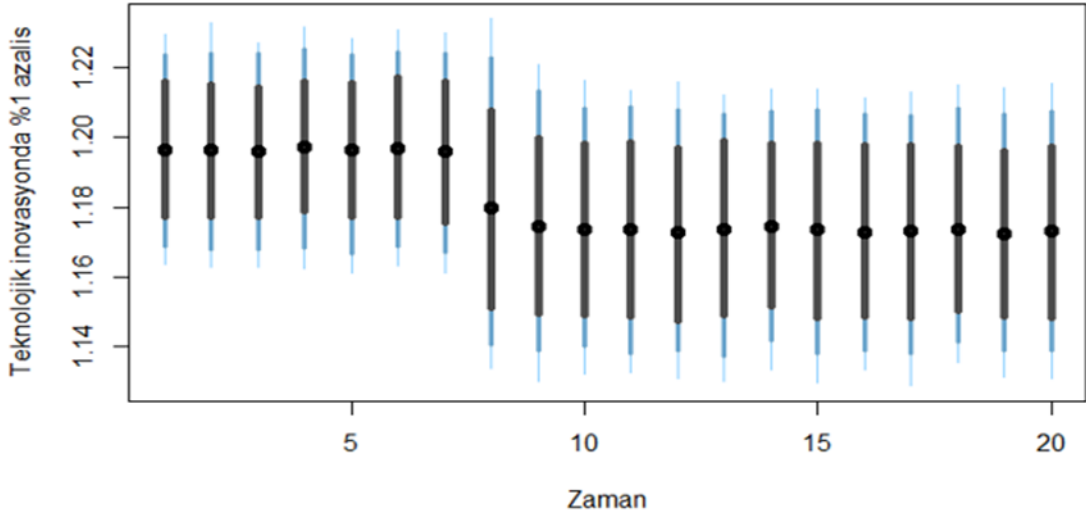
sonuç Türköz 2015 yılında ekonomik büyüme ile karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmasının sonucuyla desteklenmektedir. Türköz'ün çalışmasının sonucuna göre Türkiye'de ekonomik büyüme ile karbondioksit aralarında anlamlı ilişki bulunmamıştır. Doğrudan yabancı yatırım değişkeni CO₂ emisyonunu uzun dönemde %10 anlamlılık seviyesinde negatif etkilerken ticaret ile karbondioksit aralarında anlamlı ilişki bulunmamıştır. Türkiye'de doğrudan yabancı yatırımın karbondioksit emisyonu üzerindeki negatif etkisinin sonucu Salehnia vd. (2020) yaptığı çalışmasının sonucuyla desteklenmiştir.

Tablo 5.6'de hata düzeltme modelinden elde edilen hata düzeltme terimi (ECT) de gösterilmiştir. Hata düzeltme terimi kısa dönemdeki bir değişimin ne kadar zamanda uzun dönem dengesine yakınsayacağını ifade etmektedir. Ya da kısa dönemdeki bir dengesizliğin ne kadarını bir sonraki dönemde düzenleneceğini gösteren bir terimdir. Tablo 5.6'den de görüldüğü üzere hata düzeltme terimi -0,9108 olarak verilmiştir. Yani kısa dönemdeki bir dengesizliğin bir sonraki dönemde %91'ı ortadan kaldırılarak uzun dönem dengesine yakınsayacaktır. Model ile ilgili tanımlayıcı istatistikler Tablo 5.7'de raporlanmıştır. Bu istatistiklere göre modelde korelasyon, değişen varyans ve model kurma hatası da olmadığı tespit edilmiştir.

Şekil 5.1- 5.12 dinamik ARDL simülasyon yönteminin bağımsız değişkendeki yaşanan bir şokun bağımlı değişkende yansıtılma özelliğinden yararlanarak çizilmiştir. Bu grafikler bağımsız değişkendeki değişimin bağımlı değişken üzerinde etkisinin grafik üzerinde görmek için görselleştirilmiştir. Bu grafiklerde bağımsız değişkende pozitif ve negatif değişimi bağımlı değişken üzerinde etkisi incelenmiştir.

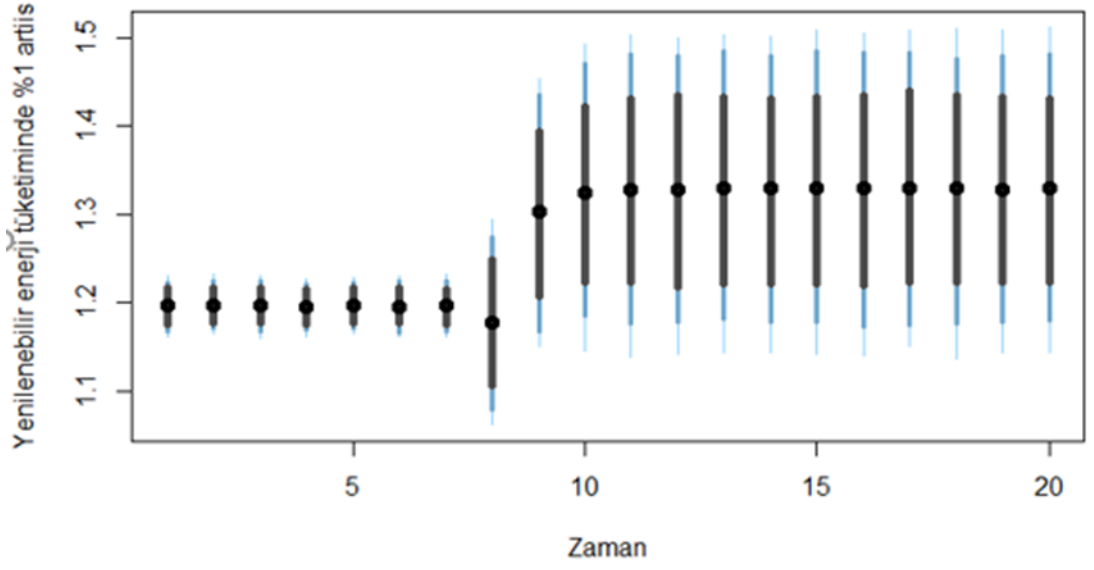


Şekil 5.1. Teknolojik inovasyonda pozitif değişim

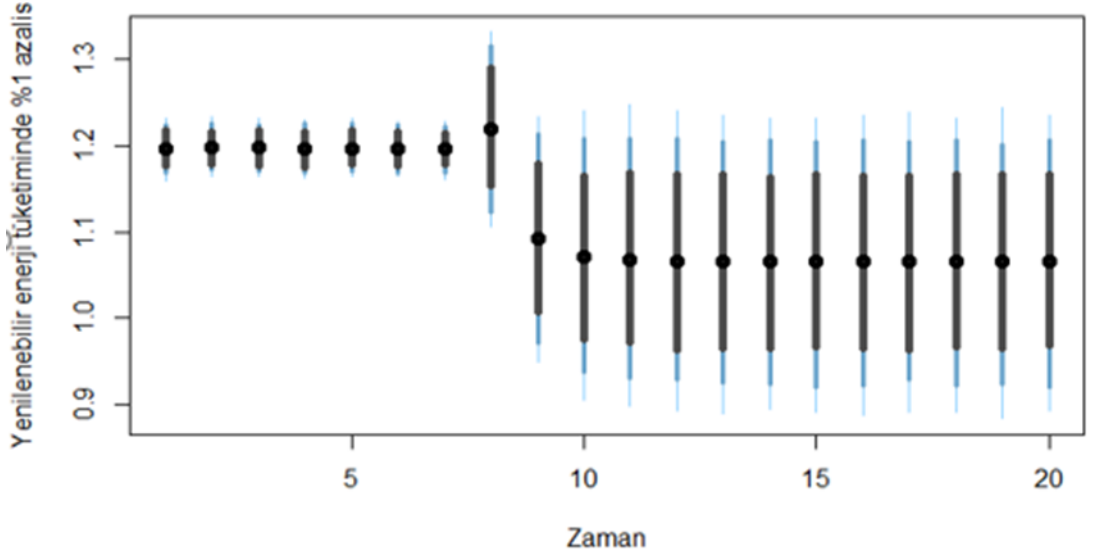


Şekil 5.2. Teknolojik inovasyonda negatif değişim

Şekil 5.1-5.2 Türkiye’de inovasyonda \pm %1 değişiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini göstermektedir. Birinci grafik inovasyonda %1’lik artış CO₂ emisyonunu hem kısa dönemde hem uzun dönemde artırmaktadır. Aynı zamanda grafikten uzun dönemin etksi kısa dönemin etkisinden büyük olduğunu öğrenebiliriz. İkinci grafik ise teknolojik inovasyonda %1’lik azalışın CO₂ emisyonunun üzerindeki uzun dönem ve kısa dönem etkisini göstermektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere inovasyonda %1’lik azalış CO₂ emisyonunun hem kısa dönemde hem de uzun dönemde azaltmaktadır.

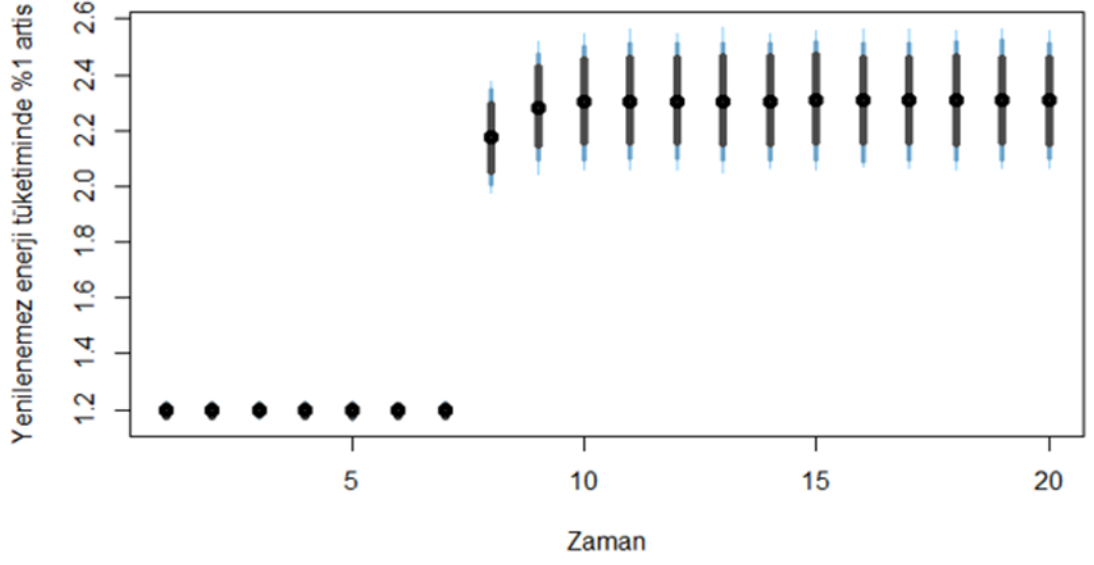


Şekil 5.3. Yenilenebilir enerji tüketiminde pozitif değişim

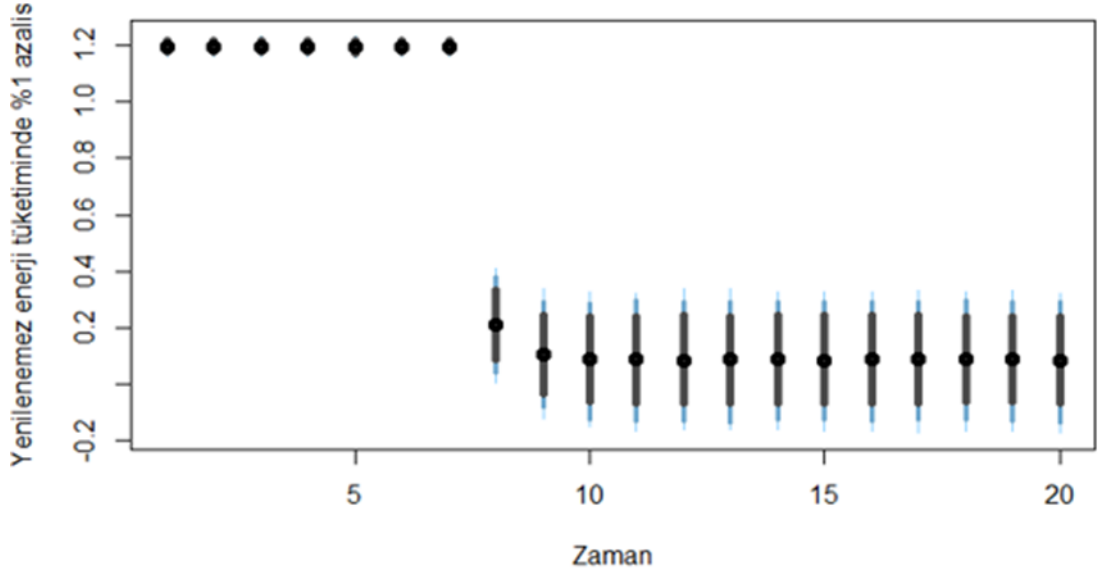


Şekil 5.4. Yenilenebilir enerji tüketiminde negatif değişim

Şekil 5.3-5.4 Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminde \pm %1 değişimin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini yansıtmaktadır. Grafikten de anlaşıldığı üzere yenilenebilir enerji tüketiminde yaşanan %1’lik artış kısa zamanda CO₂ emisyonunu azaltırken uzun zamanda ise emisyonu artırmaktadır. Aynı şekilde yenilenebilir enerji tüketiminde yaşanan %1’lik azalış kısa zamanda CO₂ emisyonunu artırırken uzun zamanda ise emisyonu azaltmaktadır.

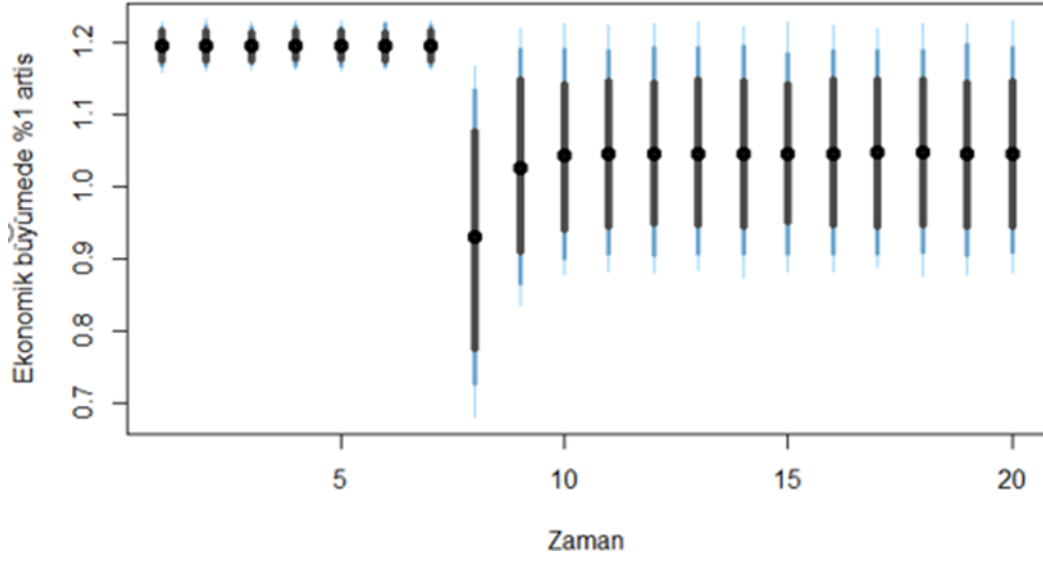


Şekil 5.5. Yenilenemeyen enerji tüketiminde pozitif değişim

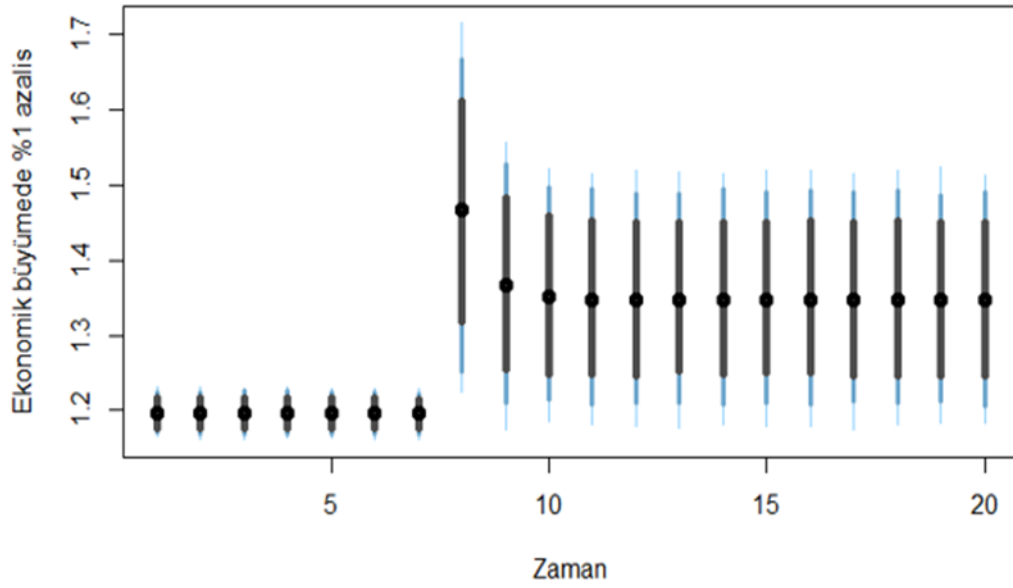


Şekil 5.6. Yenilenemeyen enerji tüketiminde negatif değişim

Şekil 5.5-5.6 Türkiye’de yenilenemeyen enerji tüketiminin \pm %1 değişimi ve bu değişimin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini göstermektedir. Birinci grafik yenilenemeyen enerji tüketiminde %1’lik artış CO₂ emisyonunu hem kısa dönemde hem uzun dönemde artırmaktadır. İkinci grafik ise yenilenemeyen enerji tüketiminin %1’lik azalışın CO₂ emisyonu üzerindeki uzun dönem ve kısa dönem etkisini göstermektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere yenilenemeyen enerji tüketiminin %1’lik azalış CO₂ emisyonunun hem kısa dönemde hem de uzun dönemde azaltmaktadır.



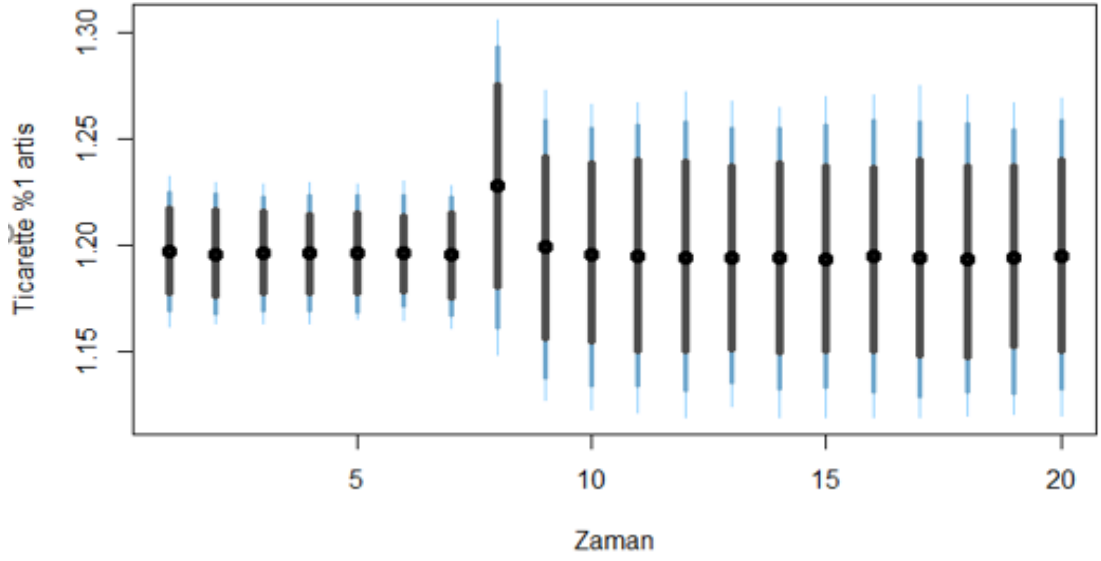
Şekil 5.7. Ekonomik büyümede pozitif değişim



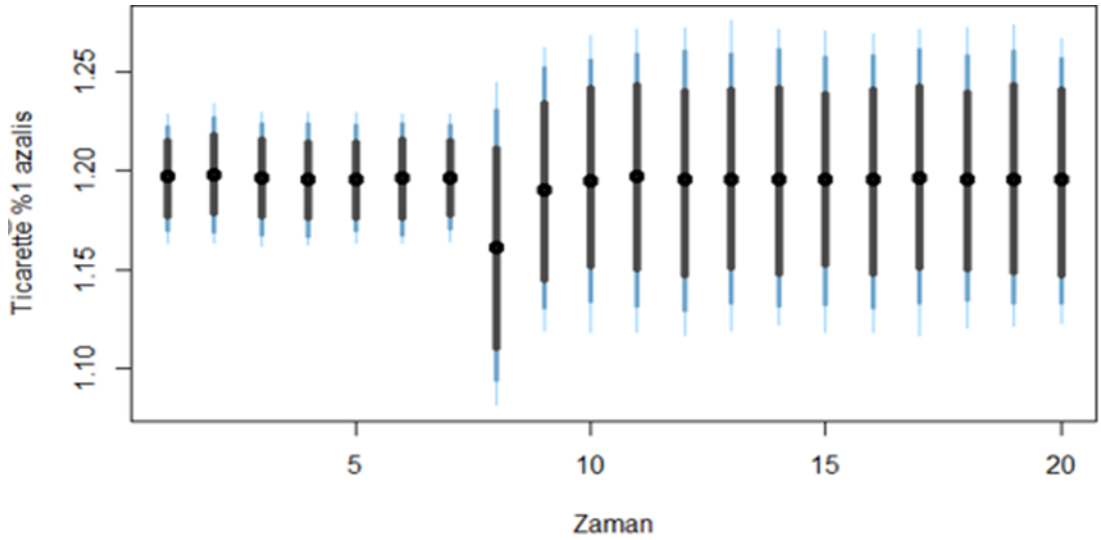
Şekil 5.8. Ekonomik büyümede negatif değişim

Şekil 5.7-5.8. Türkiye’de CO₂ emisyonunda ekonomik büyümede meydana gelen \pm %1 değişiminden kaynaklanan tepkiyi göstermektedir. Kısa dönemde CO₂ emisyonu ekonomik büyümenin %1’lik artışına karşı büyük negatif tepki gösterirken uzun dönemde ise tepkinin boyutu azalmaktadır. Yani ekonomik büyümede yaşanan %1 değişim CO₂ emisyonunu kısa dönemde uzun zamandan daha büyük etkilemektedir. Aynı şekilde kısa dönemde CO₂ emisyonu ekonomik büyümenin

%1'lik azalışına karşı büyük negatif tepki gösterirken uzun dönemde ise tepkinin



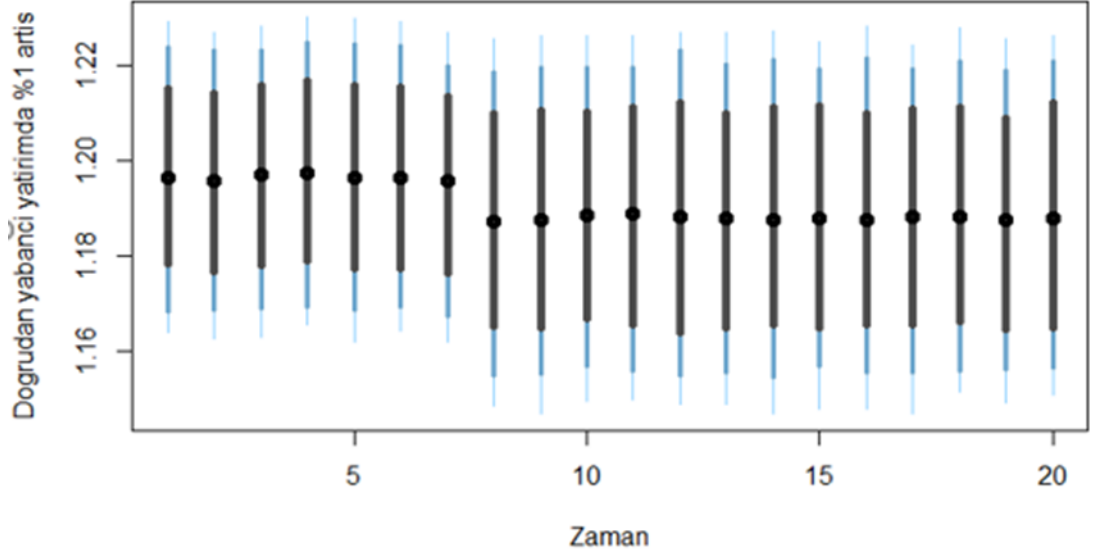
boyutu azalmaktadır.



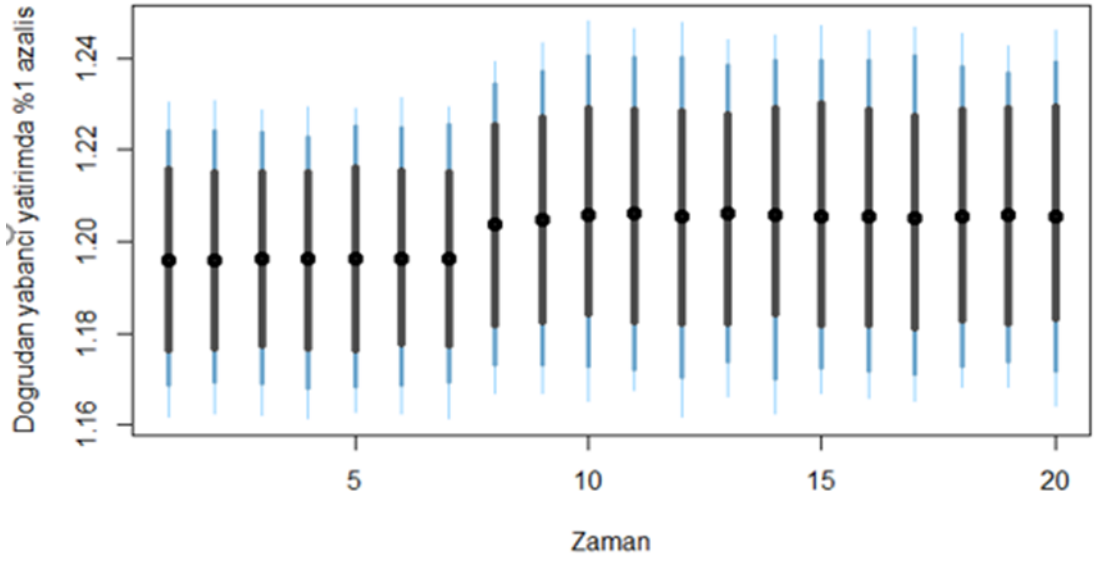
Şekil 5.9. Ticarete pozitif değişim

Şekil 5.10. Ticarete negatif değişim

Şekil 5.9-5.10 Türkiye'de ticaretin \pm %1 değişimi ve bu değişimin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini göstermektedir. İlk grafik ticarete %1'lik bir artış CO₂ emisyonunu değişim yaşanan dönemde artırırken uzun dönemde CO₂ emisyonu üzerinde etki yaratmadığını göstermektedir. Sonraki grafik ise ticarete %1'lik bir azalış değişim yaşanan dönemde CO₂ emisyonunu azaltırken uzun dönemde CO₂ emisyonu üzerinde etki yaratmadığını göstermektedir.



Şekil 5.11. Doğrudan yabancı yatırımda pozitif değişim



Şekil 5.12. Doğrudan yabancı yatırımda negatif değişim

Şekil 5.11-5.12 Türkiye’de doğrudan yabancı yatırımın \pm %1 değişimine karşı CO₂ emisyonundaki değişimi görsellemektedir. Grafikten de anlaşıldığı üzere doğrudan yabancı yatırımda yaşanan %1’lik artışa karşı CO₂ emisyonu negatif etki gösterirken bu etki zaman geçtikçe azalmaktadır. Aynı şekilde doğrudan yabancı yatırımda yaşanan %1’lik azalışa karşı CO₂ emisyonu pozitif etki gösterirken bu etki zaman geçtikçe azalmaktadır.

6. SONUÇ

Bu çalışma teknolojik inovasyon, yenilenemeyen enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticaret ve doğrudan yabancı yatırım değişkenlerinin çevre kirliliği üzerinde etkisinin inceleyen ampirik bir çalışmadır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular Türkiye’de çevre kirliliği ile ilgili çalışmalarda teknolojik inovasyon değişkeninin dikkate alınmadığından dolayı ortaya çıkan araştırma boşluğunu doldurmayı amaçladığından ve bu amaca ulaşmak için son yıllarda çevre alanlarında çok tercih edilen yöntemi kullandığından dolayı bilimsel bir yenilik niteliği taşımaktadır. Çalışmada 1990-2019 dönemine ait yıllık veriler dinamik ARDL simülasyon yöntemleriyle analiz edilmiştir. Zaman serilerinde en önemli konu serilerin durağanlık durumudur. Serilerin durağanlık testi ADF ve PP testleri ile yapılmıştır. Durağanlık testinin sonucu serilerin $I(0)$ ve $I(1)$ ’de durağan olduğunu ve hiç bir değişken $I(1)$ düzeyini geçmediğini göstermiştir. Modelin güvenilirliği ve geçerliliği için serisel korelasyon, değişen varyans testi ve model kurma hatası testi yapılmıştır. Yapılan testlerin sonucuna göre modelde korelasyon, değişen varyans ve model kurma problemi olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak Türkiye’de yenilenemeyen enerji tüketimi CO_2 emisyonunu hem kısa dönemde hem de uzun dönemde pozitif anlamlı düzeyde etkilerken, teknolojik inovasyon ise uzun dönem pozitif anlamlı ve kısa dönemde ise pozitif ancak istatistiksel olarak anlamsız etkilediği gözlemlenmiştir. Yenilenebilir enerji tüketiminin hem kısa dönemde hem uzun dönemde çevre üzerinde etkisi olumlu olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı etki etmemiştir. Ekonomik büyüme ile CO_2 emisyonunun ilişkisi uzun dönemde pozitif kısa dönemde negatifken CO_2 emisyonunu anlamlı etkilememiştir. Doğrudan yabancı yatırım değişkeni CO_2 emisyonunu uzun dönemde pozitif anlamlı ve kısa dönemde ise pozitif anlamsız etkilerken ticaret değişkenin katsayıları hem uzun dönem için hem de kısa dönem için pozitif istatistiksel olarak anlamsız tahmin edilmiştir.

Çevre ile insanların faaliyetleri kaçınılmaz biçimde etkileşim içindedir. Dolayısıyla çevresel problemler sadece devletlerin çözebileceği bir problem değildir. Devlet, yöneticiler, üreticiler ve tüketiciler çevresel sorunlarla mücadelede birlikte

hareketetmelidir. İnovasyonun çevresel sorunların çözümünde bir ekonomik araç olarak kullanılabilmesi için inovasyon faaliyetleri sürecine çevre faktörünü kesinlikle dahil edilmesi gerekmektedir. Türkiye devleti yeşil inovasyonun artmasına odaklanan özellikle temiz enerjiye erişimi sağlayan alanlarda araştırma geliştirme bütçesini artırmalıdır. Karar vericiler Türkiye’de fosile dayalı enerji sisteminden temiz enerjiye dayalı enerji sistemine geçmesine gereken adımları hazırlamalıdır. Doğrudan yabancı yatırımlar çevre yönelimli inovasyon alanlarına yatırım yapılmaya yönlendirilmelidir. Bilim adamları konferanslar ve sosyal medya ile çevrenin ne kadar önemli olduğunu ve halkın çevreci bilinçlerinin artırmasına çalışmalıdır. Tüketiciler ürün satın alırken çevreci ürünlere tercih etmesine yönlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Abbasi, K. R., Adedoyin, F. F., Abbas, J., & Hussain, K. (2021). The impact of energy depletion and renewable energy on CO2 emissions in Thailand: Fresh evidence from the novel dynamic ARDL simulation. *Renewable Energy*, 180, 1439-1450.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121012465?via%3Dihub>
- Akbulut Bekar, S., & Terzi, H. (2018). the relationship between co 2 emission and trade openness in turkey. *Ataturk University Journal of Economics & Administrative Sciences*, 32(1). <https://dergipark.org.tr/en/pub/iibfdkastamonu/issue/29618/317936>
- Aytun, C., & Akin, C. S. Türkiye’de Karbondioksit Emisyonu, Enerji Tüketimi ve Eğitim İlişkisi: Bootstrap Nedensellik Analizi. *Düzenleme Kurulu*, 260.
https://scholar.google.com/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=ak%C4%B1n+ve+aytun&btnG=
- Bayar, Y., & Şaşmaz, M. Ü. (2016). Karbon vergisi, ekonomik büyüme ve CO2 emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisi: Danimarka, Finlandiya, Hollanda, İsveç ve Norveç örneği. *International Journal of Applied Economic and Finance Studies*, 1(1), 32-41.
https://www.ijaefs.com/documents/Vol1/03_BAYAR-SASMAZ_PB.pdf
- Bilgili, F., Nathaniel, S. P., Kuşkaya, S., & Kassouri, Y. (2021). Environmental pollution and energy research and development: an Environmental Kuznets Curve model through quantile simulation approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-14506-0>
- Büyükyılmaz, A., & Mert, M. (2015). CO2 Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MS-VAR Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği. *Zeitschrift für die Welt der Türken/Journal of World of Turks*, 7(3), 103-117.
<https://diwelt.dertuerken.org/index.php/ZfWT/article/viewArticle/719>
- Büyükyılmaz, A. (2015). Markov rejim değişimli vektör otoregresif modeller ve doğrusal olmayan nedensellik analizi: OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki için bir uygulama.
<https://dspace.akdeniz.edu.tr/handle/123456789/2800>
- Chen, W., & Lei, Y. (2018). The impacts of renewable energy and technological innovation on environment-energy-growth nexus: New evidence from a panel quantile regression. *Renewable energy*, 123, 1-14.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118301708?via%3Dihub>
- Cheng, C., Ren, X., Dong, K., Dong, X., & Wang, Z. (2021). How does technological innovation mitigate CO2 emissions in OECD countries? Heterogeneous analysis using panel quantile regression. *Journal of Environmental Management*, 280, 111818.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720317436?via%3Dihub>
- Chien, F., Ajaz, T., Andlib, Z., Chau, K. Y., Ahmad, P., & Sharif, A. (2021). The role of technology innovation, renewable energy and globalization in reducing environmental degradation in Pakistan: A step towards sustainable environment. *Renewable Energy*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121007849?via%3Dihub>
- Çakmak, E., & Yıldız, G. (2018). Teknolojik İnovasyonun İhracat Üzerindeki Etkisi: Türkiye-Ab 15 Ülkeleri Örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19(2), 1-16.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/doujournal/issue/66679/1043136>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2017). Türkiye Çevre Sorunları Ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu

- Du, K., Li, P., & Yan, Z. (2019). Do green technology innovations contribute to carbon dioxide emission reduction? Empirical evidence from patent data. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 297-303.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162518306176?via%3Dihub>
- Elçi, Ş., & Karataylı, İ. (2008). İnovasyon rehberi: kârlılık ve rekabetin elkitabı. *Technopolis Group Türkiye*, 1-80. <https://www.ansiad.org.tr/upload/2017020813054488-inovasyon.pdf>
- Erdoğan, S. (2020). Enerji, çevre ve sera gazları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 277-303.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/ckuiibfd/article/670673>
- Erdoğan, S., Yıldırım, S., Yıldırım, D. Ç., & Gedikli, A. (2020). The effects of innovation on sectoral carbon emissions: evidence from G20 countries. *Journal of environmental management*, 267, 110637.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720305697?via%3Dihub>
- Ergün, S., & Polat, M. A. (2015). OECD ülkelerinde CO2 emisyonu, elektrik tüketimi ve büyüme ilişkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (45), 115-141. <https://dergipark.org.tr/en/pub/erciyesiibd/issue/5902/78044>
- Fındık, M. S. (2007). *Türkiye’de çevre kirliliğine Yol açan unsurların önlenmesi çerçevesinde yeşil Vergi* (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
<https://www.proquest.com/docview/2545973924?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- Hashmi, R., & Alam, K. (2019). Dynamic relationship among environmental regulation, innovation, CO2 emissions, population, and economic growth in OECD countries: A panel investigation. *Journal of cleaner production*, 231, 1100-1109.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221021381?via%3Dihub>
- Hassan, S. T., Khan, D., Zhu, B., & Batool, B. (2022). Is public service transportation increase environmental contamination in China? The role of nuclear energy consumption and technological change. *Energy*, 238, 121890.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221021381?via%3Dihub>
- Hepektan, E., & Sertkaya, Y. (2016). Türkiye’de Elektrik Tüketimi, Kişi Başına GSYİH, CO2 Emisyonu ve Petrol Tüketimi İlişkisi. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(12), 163-182. <https://dergipark.org.tr/en/pub/yalovasosbil/issue/27392/288662>
- İEA. (2021). Uluslararası Enerji Ajansı. Erişim adresi: <https://www.iea.org/countries/turkey>
- Jordan, S., & Philips, A. Q. (2018). Cointegration testing and dynamic simulations of autoregressive distributed lag models. *The Stata Journal*, 18(4), 902-923.
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1536867X1801800409>
- Karaaslan, A., Hayri, A. B. A. R., & Çamkaya, S. (2017). CO2 Emisyonu Üzerinde Etkili Olan Faktörlerin Araştırılması: OECD Ülkeleri Üzerine Ekonometrik Bir Araştırma. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(4), 1297-1310.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/ataunisobil/issue/34383/379818>
- Kayıkçıoğlu, H. H., & Okur, N. (2012). Sera gazı emisyonlarında tarımın rolü.
<http://adudspace.adu.edu.tr:8080/jspui/handle/11607/2607>
- Khan, A., Chenggang, Y., Hussain, J., & Kui, Z. (2021). Impact of technological innovation, financial development and foreign direct investment on renewable energy, non-renewable energy and the environment in belt & Road Initiative countries. *Renewable Energy*, 171, 479-491.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121002500?via%3Dihub>
- Khan, M. K., Teng, J. Z., Khan, M. I., & Khan, M. O. (2019). Impact of globalization, economic factors and energy consumption on CO2 emissions in Pakistan. *Science of*

- the total environment*, 688, 424-436.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719326336?via%3Dihub>
- Khan, M., & Ozturk, I. (2021). Examining the direct and indirect effects of financial development on CO2 emissions for 88 developing countries. *Journal of Environmental Management*, 293, 112812.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721008744?via%3Dihub>
- Nihat, I. Ş. I. K., & KILIÇ, E. (2014). Ulaştırma Sektöründe CO2 Emisyonu ve Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi. *Sosyoekonomi*, 22(22).
<https://dergipark.org.tr/en/pub/sosyoekonomi/issue/21082/227003>
- Öztürk, Ö. (2017). *Çevre kirliliği ve hukuki sorumluluk* (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
<https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/71677>
- Rüstemoğlu, H. (2021). Türkiye’de Konut Sektörü, Ticari Hizmetler ve Kamu Hizmetlerinin CO2 Emisyonlarının 1990-2017 Dönemi için İncelenmesi. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 21(1), 56-67.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/auuibfd/issue/62283/837207>
- Rüşen, S. E., & Mücahid, K. O. Ç. (2019). Enerji Tüketim ve CO2 Emisyon Değerlerinin Analizi; Bir Gıda Fabrikası Örneği. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(4), 1478-1488. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bitlisfen/issue/50904/549428>
- Said, T. A. Ş. (2017). İnovasyon, eğitim ve küresel inovasyon endeksi. *Bilge Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 99-123.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/busad/issue/31102/336639>
- Salehnia, N., Alavijeh, N. K., & Salehnia, N. (2020). Testing Porter and pollution haven hypothesis via economic variables and CO 2 emissions: a cross-country review with panel quantile regression method. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(25), 31527-31542. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09302-1>
- Selimoğlu, S. K., & Çalışkan, A. Ö. (2016). Sürdürülebilirlik Bağlamında Uluslararası Güvence Denetimi Standardı Gds Isae 3410-Sera Gazı Beyanları-I. *Muhasebe Ve Denetime Bakış*, 15(47), 1-22.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/mdbakis/issue/63898/967222>
- Şahin, D. (2018). Asya Ülkelerinde Co2 Emisyonu, Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları, Ekonomik Büyüme Ve Enerji Tüketimi İlişkisi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16(3), 210-218. <https://dergipark.org.tr/en/pub/busad/issue/31102/336639>
- Şimşek, T., & Yiğit, E. (2017). BRİCT ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi, petrol fiyatları, CO2 emisyonu, kentleşme ve ekonomik büyüme üzerine nedensellik analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(3), 117-136. <https://dergipark.org.tr/en/pub/oguiibf/article/335630>
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021). *İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu*. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Türkoğlu, Ü. Ç. (2021). *Çin’de CO2 emisyonu, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisi* (Master's thesis).
<http://earsiv.cankaya.edu.tr:8080/handle/20.500.12416/4948>
- Türköz, K. (2015). *Türkiye’de CO2 emisyonları ve ekonomik büyüme ilişkisi* (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
<https://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12462/2273>
- Tüyen, Z. (2020). İşletmelerde sürdürülebilirlik kavramı ve sürdürülebilirliği etkileyen etmenler. *istanbul ticaret üniversitesi sosyal bilimler dergisi*, 19(37), 91-117.

<https://dergipark.org.tr/en/pub/iticusbe/issue/54570/743704>

- Ulucak, R. (2021). Renewable energy, technological innovation and the environment: A novel dynamic auto-regressive distributive lag simulation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111433.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121007164?via%3Dihub>
- Uysal, D., & Yapraklı, H. (2016). kişi başına düşen gelir, enerji tüketimi ve karbondioksit (co2) emisyonu arasındaki ilişkinin yapısal kırılmalar altında analizi: türkiye örneği. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 16(31), 186-202.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/susead/issue/28402/302164?publisher=selcuk;>
- Ünzüle, K. U. R. T., Kiliç, C., & Özekicioğlu, H. (2019). Doğrudan yabancı yatırımların CO2 emisyonu üzerindeki etkisi: Türkiye için ARDL sınır testi yaklaşımı. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 22(1), 213-224.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/selcuksbmyd/issue/44105/487139>
- Vural, G. (2021). Analyzing the impacts of economic growth, pollution, technological innovation and trade on renewable energy production in selected Latin American countries. *Renewable Energy*, 171, 210-216.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121002470?via%3Dihub>
- Wahiduddin Khan, M. (2021). Global Warming: The divine warning of doomsday. CPS International Centre for Peace and Spirituality International.
<https://www.cpsglobal.org/books/global-warming-divine-warning-doomsday>
- WDİ, (2021). Dünya Bankası. Erişim adresi: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Yiğit, S. (2014). İnovasyonun çevreci yüzü ve Türkiye. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 251-265.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yonveek/issue/13700/165848>
- Yıldız, G. (2018). Teknolojik İnovasyonun Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye-AB (15) Ülkeleri Örneği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 41-58.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/ulikidince/issue/37268/380899>
- Zheng, H., Song, M., & Shen, Z. (2021). The evolution of renewable energy and its impact on carbon reduction in China. *Energy*, 237, 121639.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221018879?via%3Dihub>

ÖZ GEÇMİŞ

Fazel Karim QOYASH, Kabil Lisesi'ni bitirdikten sonra Kunduz Üniversitesi İktisat Fakültesi, ulusal iktisat bölümünden 25.12.2017 tarihinde mezun oldu. 2019 yılında OMÜ LEE İktisat Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Fazel Karim QOYASH iyi derecede İngilizce, Türkçe, Farsça ve orta derecede Arapça bilmektedir. Temel ilgi alanları, Ekonometrik, Makroekonomik.

İletişim Bilgileri

ORCID ID :0000-0002-8238-90-26

Yayımlar:

1. Qoyash. F.K., & Eren. M. (2022). Türkiye’de teknolojik inovasyon ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerine etkisi. *Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(2).

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

1. Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı-YTB burslusu