

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANA BİLİM DALI

KARBON EMİSYONUNUN FİRMALARIN FİNANSAL PERFORMANSINA
ETKİSİ: BORSA İSTANBUL- ANA METAL SANAYİ ENDEKSİNDE BİR
UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS

Şeyma EKEN

OCAK -2025
GÜMÜŞHANE



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İŞLETME ANA BİLİM DALI

**KARBON EMİSYONUNUN FİRMALAR FİNANSAL PERFORMANSINA
ETKİSİ: BORSA İSTANBUL – ANA METAL SANAYİ ENDEKSİNDE BİR
UYGULAMA**

**THE EFFECT OF CARBON EMISSION ON FINANCIAL PERFORMANCE OF
FIRMS: AN APPLICATION IN BORSA ISTANBUL – BASIC METAL
INDUSTRY INDEX**

YÜKSEK LİSANS

Şeyma EKEN

**OCAK- 2025
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İŞLETME ANA BİLİM DALI

**KARBON EMİSYONUN FİRMALAR FİNANSAL PERFORMANSINA ETKİSİ:
BORSA İSTANBUL- ANA METAL SANAYİ ENDEKSİNDE BİR UYGULAMA**

**THE EFFECT OF CARBON EMISSION ON FINANCIAL PERFORMANCE OF
FIRMS: AN APPLICATION IN BORSA ISTANBUL – BASIC METAL
INDUSTRY INDEX**

YÜKSEK LİSANS

Şeyma EKEN

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KARAASLAN

**OCAK- 2025
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Karbon Emisyonunun Firmaların Finansal Performansına Etkisi: Borsa İstanbul – Ana Metal Sanayi Endeksinde Bir Uygulama**” isimli tezimin tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğum intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

31/01/2025

Şeyma EKEN

TEŞEKKÜR

Bu tez sürecinde bana her zaman yol gösteren, bilgi ve deneyimiyle çalışmalarımı zenginleştiren, sabır ve desteğini hiç esirgemeyen, her koşulda beni motive eden ve ufkumu açan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KARAASLAN' a içten teşekkürlerimi sunuyorum. Onun güveni, rehberliği olmasaydı bu çalışma bu seviyeye ulaşamazdı.

Ayrıca, hayatım boyunca yanımda olan, sevgileri ve fedakârlıklarıyla beni bugünlere getiren ve bana bu fırsatları vererek yolumu açan aileme, bana inanan, güvenen, destekleyen, hayatımda oldukları için mutlu olduğum ve daima yanımda olmalarını istediğim sevgili arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Şeyma EKEN
GÜMÜŞHANE - 2025

ÖZET

Firmaların karbon salınımı, çevre kirliliği, sürdürülebilirlik ve finansal performans arasındaki ilişki, son yıllarda önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Karbon salınımını azaltmayı hedefleyen şirketler, çevre dostu uygulamalara yatırım yaparak uzun vadede sürdürülebilir bir iş modeli oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu tür çevre dostu stratejiler; enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı ve karbon emisyonunun azaltılması gibi unsurları içerirken, aynı zamanda şirketlerin finansal performansını da etkileyebilmektedir. Karbon emisyonunun firmaların finansal performansına etkisini Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi Endeksi'nde yer alan firmalar özelinde tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmanın değişkenlerine ilişkin veri seti, 2019-2023 dönemini içermekte ve yıllık gözlemden oluşmaktadır. Bağımlı değişken olarak, ilk iki modelde Aktif Kârlılık Oranı (AK), sonraki iki modelde ise Özsermaye Kârlılık Oranı (OSK) kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler olarak ise Toplam Karbon Emisyonu (lnKE), Kapsam 1 ve Kapsam 2'de yer alan değerlerin toplamı (lnK1K2), Cari Oran (CO), Varlık Devir Hızı (VDH), Borç Oranı (BO) ve Net Kâr Oranı (nKAR) kullanılmıştır. Çalışmanın analizinde statik panel veri analizinden yararlanılmış olup çalışmanın sonucunda, firmaların karbon emisyonları ile aktif kârlılığı arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü, özkaynak kârlılığı ile ise istatistiksel olarak anlamlı negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Finansal performans, Karbon emisyonu, Statik panel veri analizi, Sürdürülebilirlik

SUMMARY

The relationship between firms' carbon emissions, environmental pollution, sustainability, and financial performance has become an important research topic in recent years. Companies aiming to reduce carbon emissions aim to create a sustainable business model in the long term by investing in environmentally friendly practices. While such environmentally friendly strategies include elements such as energy efficiency, renewable energy use, and carbon emission reduction, they can also affect the financial performance of companies. The data set for the study variables, which was conducted to determine the effect of carbon emissions on the economic performance of firms in the Borsa Istanbul - Basic Metal Industry index, covers the period 2019-2023 and consists of annual observations. Return on Assets (ROA) is used as the dependent variable in the first two models, and Return on Equity (ROE) is used in the following two models. As independent variables, Total Carbon Emission (lnCCE), the sum of the values in Scope 1 and Scope 2 (lnK1K2), Current Ratio (CO), Asset Turnover Ratio (ARR), Debt Ratio (DR), and Net Profit Ratio (nKAR) are used. In the analysis of the study, static panel data analysis was utilized, and as a result of the study, a statistically significant and positive relationship was found between firms' carbon emissions and return on assets, while a statistically significant negative relationship was found with return on equity.

Keywords: Financial performance, Carbon emissions, Static panel data analysis, Sustainability

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1.GİRİŞ	1
2.EKOLOJİK AYAK İZİ.....	4
2.1.Ekolojik Ayak İzinin Ortaya Çıkışı.....	4
2.2.Ekolojik Ayak İzinin Temel Bileşenleri	5
2.2.1.Karbon Ayak İzi	5
2.2.2.Tarım Alanı Ayak İzi	5
2.2.3.Orman Alanı Ayak İzi	6
2.2.4.Otlak Alanı Ayak İzi	6
2.2.5.Yapılaşmış Alan Ayak İzi	7
2.2.6.Balıkçılık Alanı (Sahası) Ayak İzi	7
2.3.Ekolojik Ayak İzinin Hesaplanması.....	7
2.4.Dünyada Ekolojik Ayak İzi.....	8
2.5.Türkiye’de Ekolojik Ayak İzi	12
2.6.Karbon Ayak İzi Tanımı	15
2.7.Karbon Ayak İzi Bileşenleri	16
2.7.1.Birincil Ayak İzi.....	16
2.7.2.İkincil Ayak İzi	17
2.8.Karbon Ayak İzinin Hesaplanması	17
2.9.Karbon Ayak İzi Azaltma Yöntemleri	18
2.10.Enerji Kaynakları	20
2.10.1.Fosil Enerji Kaynakları	20
2.10.1.1.Kömür	21
2.10.1.2.Petrol	22

2.10.1.3.Doğal Gaz.....	23
2.10.2.Fosil Yakıt Kullanımından Kaynaklanan Başlıca Çevre Sorunları.....	24
3.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	26
3.1.Yenilenebilir Enerji Kavramı	26
3.2.Yenilenebilir Enerji Kaynakları	27
3.2.1.Güneş Enerjisi	28
3.3.Türkiye’de Güneş Enerjisinin Uygulama Alanları	29
3.3.1.Rüzgâr Enerjisi.....	30
3.3.2.Jeotermal Enerji Kaynakları.....	32
3.3.3.Biyokütle Enerjisi	33
3.3.4.Hidroelektrik Enerjisi.....	34
3.3.5.Dalga Enerjisi.....	35
3.4.Ekolojik Ayak İzini Azaltma Üzerine Gerçekleştirilen Uluslararası Anlaşmalar	37
3.4.1.Viyana Sözleşmesi	37
3.4.2.Montreal Protokolü	38
3.4.3.Stockholm Sözleşmesi	39
3.4.4.Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (Bmıdçs)	40
3.4.4.1.Türkiye’nin BMİDÇS’ye Taraf Olması	41
3.4.5.Kyoto Protokolü	42
3.4.6.Paris Anlaşması.....	44
3.4.6.1.Paris Anlaşması ile Belirlenen Küresel Hedefler:.....	44
3.5.Avrupa Yeşil Mutabakatına Genel Bakış ve Mevcut Durum	46
3.5.1.Fit For Paketi.....	49
3.5.2.Türkiye’nin Avrupa Yeşil Mutabakatına Uyum Politikası	49
3.6.Sınırdaki Karbon Düzenlemeleri.....	51
3.7.Karbon Piyasaları	52
3.7.1.Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları.....	54
3.7.1.1.Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM)	54
3.7.1.2.Ortak Yürütme Mekanizması (JI)	54
3.7.1.3.Emisyon Ticaret Sistemi (ETS)	55
3.7.2.Gönüllü Karbon Piyasaları	56
4.KARBON EMİSYONUNUN FİRMALARIN FİNANSAL PERFORMANSINA ETKİSİ: BORSA İSTANBUL- ANA METAL SANAYİ ENDEKSİNDE BİR UYGULAMA	58
4.1.Türkiye Ana Metal Sanayi Sektörlerine Genel Bakış	58

4.2.Literatür.....	58
4.3.Veri Seti, Çalışmanın Kısıtları, Metodoloji, Bulgular	65
4.3.1.Veri Seti	65
4.3.2.Çalışmanın Kısıtları	67
4.3.3.Metodoloji.....	67
4.3.4.Bulgular.....	68
5.SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER	93
KAYNAKÇA.....	95
ÖZGEÇMİŞ	104



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Avrupa Yeşil Mutabakatı temel düzenlemeler	48
Tablo 2. Çalışmada kullanılan değişkenler ve açıklamaları.....	66
Tablo 3. Çalışmanın örneklemini oluşturan firmalar	66
Tablo 4. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler.....	83
Tablo 5. Model 1’de yer alan değişkenlerin korelasyon analizi sonuçları.....	84
Tablo 6. Model 2’de yer alan değişkenlerin korelasyon analizi sonuçları.....	84
Tablo 7. Model 3’te yer alan değişkenlerin korelasyon analizi sonuçları.....	85
Tablo 8. Model 4’te yer alan değişkenlerin korelasyon analizi sonuçları.....	85
Tablo 9. Birim ve zaman etkisi varlığına ilişkin model 1 ve model 2 test sonuçları	86
Tablo 10. Birim ve zaman etkisi varlığına ilişkin model 3 ve model 4 test sonuçları	87
Tablo 11. Hausman testi sonuçları	88
Tablo 12. Levene, Brown ve Forsythe değişen varyans testi sonuçları	88
Tablo 13. Otokorelasyon testi sonuçları: Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin Watson ve Baltagi - Wu'nun yerel en iyi değişmez testleri	89
Tablo 14. Dirençli panel veri modeli tahmin sonuçları.....	89
Tablo 15. Test edilen hipotez sonuçları	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Dünya’ da ekolojik açık/ rezerv (Global Footprint Network, 2019).	10
Şekil 2. Dünyada kişi başına düşen ekolojik ayak izi (Global Footprint Network, 2019).....	11
Şekil 3. Türkiye’de kişi başı ekolojik ayak izi ve biyokapasite (Global Footprint Network, 2019).....	13
Şekil 4. Türkiye’nin ekolojik ayak izi ve biyokapasitesi (Global Footprint Network, 2019).....	14
Şekil 5. Fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre sorunları	25
Şekil 6. 55’e uyum paketi (European Union, 2022).	49
Şekil 7. Firmaların ortalama aktif kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi.....	69
Şekil 8. Firmalar özelinde ortalama aktif kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi	70
Şekil 9. Firmaların ortalama özsermaye kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi	71
Şekil 10. Firmalar özelinde ortalama özsermaye kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi	72
Şekil 11. Firmaların ortalama toplam karbon emisyonu grafiğinin yıllara bağlı değişimi	73
Şekil 12. Firmalar özelinde ortalama toplam karbon emisyonu grafiğinin yıllara bağlı değişimi.	74
Şekil 13. Firmaların ortalama kapsam-1 ve kapsam-2 karbon emisyonu değerleri toplamı grafiğinin yıllara bağlı değişimi	75
Şekil 14. Firmalar özelinde ortalama kapsam-1 ve kapsam-2 karbon emisyonu değerleri toplamı grafiğinin yıllara bağlı değişimi.....	76
Şekil 15. Firmaların ortalama cari oran grafiğinin yıllara bağlı değişimi.....	77
Şekil 16. Firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında cari oranı verisinin yıllara bağlı değişimi	78
Şekil 17. Firmaların ortalama varlık devir hızı grafiğinin yıllara bağlı değişimi	78
Şekil 18. Firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında varlık devir hızı verisinin yıllara bağlı değişimi	79
Şekil 19. Firmaların ortalama borç oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi.....	80
Şekil 20. Firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında borç oranı verisinin yıllara bağlı değişimi	81

Şekil 21. Firmaların ortalama net kâr oranı grafiğinin yıllara bağılı değışimi.....	82
Şekil 22. Firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında net kâr oranı verisinin yıllara bağılı değışimi	83



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
AKO	: Aktif Kârlılık Oranı
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BO	: Borç Oranı
BRSAN	: Borusan Birleşik boru fabrikaları sanayi A.Ş.
CBAM	: Sınırdaki Karbon Düzenlemeleri
CDM	: Temiz Kalkınma Mekanizması
CER	: Sertifikalı Emisyon Azaltma
CO	: Cari Oran
CO ₂	: Karbon Dioksit
COOL	: Ozon Tabakası Koordinasyon Komitesi
EGD / AYM	: Avrupa Yeşil Mutabakatı
EQF	: Eşdeğerlik Faktörü
ERCB	: Erciyas Çelik Boru Sanayi A.Ş.
EREGL	: Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.
ETS	: Emisyon Ticaret Sistemi
FAO	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
IEA	: Uluslararası Enerji Programı
INDC	: Niyet Edilen Ulusal Katkı
IPCC	: Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli
ISDMR	: İskenderun Demir ve Çelik A.Ş.
JI	: Ortak Yürütme Mekanizması
KCAER	: Kocaer Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş.
KOK	: Kalıcı Organik Kirleticiler
lnk1k2	: Toplam (kapsam 1+ kapsam 2)
LnKE	: Toplam Karbon Emisyonu
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NEED	: Ulusal Enerji Eğitimi Geliştirme Projesi
nKar	: Net Kâr Oranı
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Kalkınma Örgütü

OSK	: Özsermaye Kârlılık Oranı
OTİM	: Ozon Tabakasını İncelten Maddeler
PC	: Yıllık insan kaynaklı karbondioksit salınım miktarı
RES	: Rüzgâr Enerji Santralleri
SOcean	: Okyanuslar tarafından tutulan yıllık karbondioksit salınım payı
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
VDH	: Varlık Devir Hızı
WCA	: Dünya Kömür Örgütü
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü
YC	: Yıllık ortalama bir hektarlık orman tarafından tutulan karbondioksit salınım ortalaması oranı

1. GİRİŞ

Ekolojik ayak izi, insan faaliyetleri sebebiyle bozulan mevcut ekosistem dengesinin hesaplanabilmesi ve ekosisteme yeniden kazandırılması için gerekli miktarın belirlenmesine yönelik geliştirilen bir yöntemdir. Gerek insanların tabiattan talep ettiği kaynakların gerekse doğal dengenin giderek bozulması karşısında, sürdürülebilir bir gelecek için gereken dünya sayısını hesaplayabilmektir. Kentleşme, hızla yükselen nüfus ve teknolojiadaki gelişmeler de üretim ve tüketim faaliyetlerine eklenince, doğa insan ihtiyaçları karşısında zamanla yetersiz kalmış ve ekosistem dengesini giderek kaybetmeye başlamıştır.

20. yüzyılın ortasında doğa üzerinde oluşan olumsuz etkenler fark edilebilir seviyeye ulaşmıştır. 1990'ların başında ise sürdürülebilirliğin öncülerinden M. Wackernagel ile ekolojist W. Rees ekolojik ayak izi kavramını gündeme getirerek ekolojik sürdürülebilirliği ölçen doğal kaynak hesaplama aracı ortaya koymuşlardır. Ekolojik ayak izi, doğaya verilen hasarın azaltılmasını ve mümkünse ortadan kaldırmak için çözümler geliştirerek, verimli doğal alanların kapasitesini ölçmek amacıyla oluşturulmuş bir yöntemdir.

Ekolojik ayak izinin alt bileşenlerinden en yaygın olan karbon salınımı, fosil yakıtların yanması sonucu oluşan karbondioksit gazının atmosfere yayılmasıdır. Bireysel ve kurumsal kullanımlar sonucu ortaya çıkan karbondioksit gazının havaya salınımı, hava kirliliğine neden olarak küresel ısınmayı kaçınılmaz hale getirmiştir. Küresel ısınmayla birlikte, dünya üzerinde yaşayan tüm canlıların hayatları tehlikeye girmiş ve birçok bitki ile hayvan türü yok olma tehlikesiyle karşılaşmıştır. Küresel ısınmanın boyutunun artması ve insan hayatını tehdit etmesi sonucunda, tüm dünyada çevresel problemler gündeme gelmiş ve küresel ısınmayla mücadele girişimleri başlatılmıştır.

Son yıllarda, küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünya genelinde çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri giderek artan küresel bir sorun haline gelmiştir. Bu soruna karşı ortak hareket edebilmek amacıyla geçmişten günümüze birçok önemli uluslararası anlaşma ve protokol imzalanmıştır. 1997 yılında kabul edilen Kyoto Protokolü, sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hedefleyen ilk kapsamlı girişimlerden biridir. 2015 yılında imzalanan Paris Anlaşması ise ülkelerin küresel sıcaklık artışını 2 derecenin altında tutma ve hatta 1,5 derece hedefine yaklaşma konusundaki gönüllü taahhütlerini ortaya koymaktadır. Ayrıca Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

(BMİDÇS) ve Montreal Protokolü gibi diğer uluslararası metinler de ozon tabakasını korumak, emisyonları azaltmak ve sürdürülebilir kalkınma anlayışını yaygınlaştırmak amacıyla önemli iş birlikleri sunmaktadır. Bu anlaşmaların tamamı, ülkelerin çevre dostu politikalar geliştirerek iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerini en aza indirmesini ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakılmasını hedeflemektedir.

1990'lar ve sonrasında birçok önemli uluslararası anlaşma ve protokollerin de etkisiyle, küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele etmek amacıyla yenilenemeyen enerji kaynaklarına alternatif olarak daha güvenilir, temiz ve doğaya daha duyarlı olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları, rezerv problemi olmaması, doğada devamlı var olması ve yenilenemeyen enerji kaynakları gibi karbon salınımını artırmaması nedeniyle son dönemlerde oldukça önemli hale gelmiştir. Ekolojik ayak izini azaltmaya yönelik uluslararası anlaşmalar imzalanmıştır.

Günümüzde, şirketlerin karbon salınımı ve çevre kirliliği yaratan faaliyetleri, uzun vadede hem kurumsal itibarlarını hem de finansal performanslarını doğrudan etkileyebilmektedir. Günümüzde tüketicilerin ve yatırımcıların çevreye duyarlı yaklaşımlar benimseyen işletmelere yönelmesi, şirketleri sürdürülebilirlik ve yeşil stratejiler geliştirmeye teşvik etmektedir. Enerji verimliliğini artıran, atık yönetim sistemlerini iyileştiren ve yenilenebilir kaynaklara yönelen firmalar, kısa vadede maliyet avantajları elde ederken uzun vadede de yasal düzenlemelere uyumu kolaylaştırarak cezai riskleri azaltırlar. Böylece çevreyi koruyan uygulamalar, işletmelere karşı toplumsal güveni pekiştirerek işletmelerin marka değerini yükseltirken aynı zamanda rekabetçi konumlarını da güçlendirebilmektedir. Bu nedenle, karbon salınımı ve çevre kirliliğinin en aza indirilmesi ile finansal performans arasındaki denge, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak isteyen şirketler için stratejik bir öncelik taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı; karbon emisyonunun firmaların finansal performansına etkisini Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi Endeksi'nde yer alan firmalar özelinde tespit etmektir. Çalışmanın ilk bölümünde ekolojik ayak izi kavramı, ekolojik ayak izinin temel bileşenleri ve enerji kaynaklarından söz edilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde yenilenebilir enerji kaynakları, ekolojik ayak izini azaltmak amacıyla gerçekleştirilen uluslararası anlaşmalar ve karbon piyasaları üzerinde durulmuştur. Çalışmanın üçüncü ve son bölümünde ise karbon emisyonunun firmaların finansal performansına etkisini tespit etmek için gerçekleştirilen statik ve panel veri analizine ilişkin bulgulara yer verilmiş; çalışma, sonuç ve öneriler kısmı ile tamamlanmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışma, karbon emisyonunun firmaların finansal performansına etkisini Borsa İstanbul-

Ana Metal Sanayi Endeksi'nde yer alan firmaları kullanarak statik panel veri yöntemiyle analiz etmesi yönüyle literatürden farklılaşmakta ve mevcut literatüre katkı sunması beklenmektedir.



2. EKOLOJİK AYAK İZİ

2.1. Ekolojik Ayak İzinin Ortaya Çıkışı

Ekolojik ayak izi, alanın faaliyetleri karşılama kapasitesine göre insanların kaynakları tüketme ve atık üretme yoğunluğunu ölçen alan tabanlı göstergedir (Wackernagel ve Yount, 1998). Ekolojik ayak izi tahsis edilmiş taşıma kapasitesi olarak da adlandırılabilir, çünkü her insan doğanın üretken kapasitesini tahsis eder. (Wackernagel ve Yount, 2000).

İnsanlar dünyanın dört bir yanındaki kaynakları tükettiği için bir kişinin ekolojik ayak izi, gezegendeki konumundan bağımsızdır (WWF, 2006). Ekolojik ayak izi kavramı Mathis Wackernagel ve William Rees adlı kişiler tarafından 1990'lı yıllarda geliştirilerek ekolojik ölçümler yapılması için kullanılmıştır. 1992'de alan yazında ortaya konulan ilk çalışma W. Rees tarafından gerçekleştirilmiştir. M. Wackernagel'de doktora tezinde bu tanıma ilişkin hesaplama yöntemini ortaya koymuş, sonrasına çalışmasından sağladığı ölçüme ekolojik ayak izi tanımını yapmıştır.

M. Wackernagel ve W.Rees 1996'da sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik ayak izi kavramı ilişkisini açıkladıkları bir kitap yayımlayarak, bu konudaki hesaplama yöntemlerini geliştirmeye çalışmışlardır. Ölçüm yöntemiyle dünyanın sahip olduğu kapasite ortaya konulabilecek, kullanım durumundaki kaynakların miktarı öğrenilerek beraberinde doğal kaynakların devamlı tüketilmesinin önüne geçebilecek çözümler üretilecektir (Tosunoğlu, 2014: 138-139).

Ekolojik ayak izi, tüketilen malları yeniden üretmek, atıkları ise özümlemek için biyolojik açıdan verimi yüksek toprak ve su alanı olarak ölçülür (Keleş, 2010). Aynı alanda eş zamanlı yapılan ekolojik işlevler yalnızca bir kez sayılmaktadır. Ekolojik ayak izi sınırlı kaynaklara sahip dünyada yaşamının gerçekliğini gösteren, sürdürülebilirliğin ekolojik boyutunun ölçümüdür. Bir ülkeyi, bölgeyi, şehri, bireyi ve tüm dünya nüfusunu desteklemek için gereken arazi alanı (hektar) cinsinden nihai rakam sağlamaktadır. Ekolojik ayak izi, taşıma kapasitesi tanımını tersine çevirmiş ve dünyanın kaldırabileceği insan sayısını değil, insanların mevcut tüketim düzeyini ve gerekli olan arazi alanını dikkate almıştır (EEA, 1995).

2.2. Ekolojik Ayak İzinin Temel Bileşenleri

Ekolojik ayak izi ve biyo-kapasite hesaplamaları farklı bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenler, arz ve talep kısımlarının birbirine eklenmesiyle ekolojik ayak izi ve biyo-kapasitenin tahmin edilmesini sağlar (Kitzes vd., 2007: 4). Bölge, ülke ve küresel ölçüde sahip olunan kullanılabilir durumdaki varlıklar arz tarafını oluştururken, nüfusun faydalandığı yenilenebilir nitelikte olan kaynakların yanı sıra ekolojik hizmetlerin ortaya konulabilmesinde gereksinim duyulan, biyolojik açıdan değerli kara ve deniz sahaları ise talep tarafını oluşturmaktadır (Galli vd., 2014: 122).

İnsanlar tarafından tüketilen kaynaklar ve bu kaynakların üretiminin sağlandığı alanlar türlerine göre ayrı ayrı ele alınır. Ürün, imalat ve servislerin tüketimi karbon ayak izinin çeşitli türlerine göre farklılık ortaya koyar ve ölçümleme işleminin daha rahat yapılmasını sağlar (Keleş, 2007: 65).

Ekolojik ayak izini oluşturan bileşenler (WWF, 2010);

- Karbon ayak izi,
- Tarım alanı ayak izi,
- Orman alanı ayak izi,
- Otlak alanı ayak izi,
- Yapılaşmış alan ayak izi ve
- Balıkçılık alanı ayak izidir.

2.2.1. Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi, insanların enerji kullanımından doğan karbondioksitin emilmesi için ihtiyaç duyulan orman arazisinin ölçümlemesidir (Keleş, 2007: 66).

Diğer bir tanıma göre; insanlar tarafından fosil yakıtların kullanılması başta olmak üzere atmosfere farklı yollarla karbondioksit salınır. Okyanus emilimi, doğal süreçler ve fotosentez sırasında bitkiler tarafından atmosferden karbondioksit uzaklaşır. Bununla beraber, insan ekonomisinin karbondioksit emisyonlarının emilimi için gereken biyolojik alanı temsil eder (Kitzes vd., 2007: 6).

2.2.2. Tarım Alanı Ayak İzi

Tarım alanı ayak izi, tüketilen tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi için kullanılan arazinin verimliliğini ve büyüklüğünü gösterir. Dünyada en büyük ikinci ayak izi bileşenidir (WWF, 2012: 31). İnsanlar tarafından tüketilen gıda, lif, yağ bitkileri, hayvan yemi ve kauçuk üretiminde kullanılan alanın yüz ölçümünün hesaplandığı ayak izi türüdür (WWF, 2010).

Üretim ile tüketim arasından denge olmak zorundadır. Tarım mamullerinde, arz ve talep birbirlerini geçmemelidir (URL-1, 2023). Tarım alanı ayak izinde, küresel ölçekte ekolojik açıktan söz edilemez (WWF, 2012: 31).

Küresel ölçekte açık olmaması, tarımsal uygulamalarda ekolojik sorunların olmadığını gösterir. Hesaplama yapılırken aşırı su tüketimi, arazi ve iklim yapısına uygun olmayan ürün tercihi, aşırı derecede yanlış ilaç ve gübreleme gibi sürdürülebilir olmayan tarım faaliyetlerinin olumsuz etkileri yer almamaktadır (WWF, 2012: 32).

2.2.3. Orman Alanı Ayak İzi

Orman alanı ayak izi, Dünyada ve Türkiye’de üçüncü büyük orana sahiptir. İnsanların talepleri doğrultusunda ya da ihtiyaç duyulmadan kesilen ağaçların ve bu ağaçlardan elde edilen kağıt hamuru, kereste, yakacak odun vb. üretebilmek için gerekli orman alanı hesaplamasıdır (WWF, 2012: 32).

Temelde bireylerin ihtiyacı, sanayi ve inşaat sektörü gibi yerlerde kullanılan ürünlerin üretildiği alanlardır. Ormanlar, karbondioksit gibi birçok zararlı sera gazlarını emerek atmosferi temizlerken, diğer yandan orman ürünlerinin üretilmesini sağlamaktadır.

Türkiye’deki orman alanları günümüzde gereksinimleri karşılayabilecek ölçüdedir fakat bu gereksinimlerin büyük bir kısmı ithal olarak karşılanmaktadır. Sonuçta ayrı bir ayak izi maliyeti ortaya çıkarır (URL-2, 2023).

2.2.4. Otlak Alanı Ayak İzi

Otlak alanı ayak izi, insanların tüketiminde ihtiyaç duyulan et, süt, yün ve deri gibi hayvansal ürünlere olan talepler için kullanılan otlak alanlardır. Otlak alanı ayak izi dünya da bir kişiye 0,21 kha/kişi olarak gerçekleşirken toplam ayak izinin %11’ne denk gelmektedir. NFA hesaplamalarına göre Türkiye’de ise, ulusal ayak izinin 0.08 kha/kişi ile %3’ünü oluşturmaktadır.

CLUM hesaplarında otlak kullanımı sonucu ortaya çıkan ayak izi 0,05 ile Türkiye’nin ekolojik ayak izinin aşağı yukarı %2 düzeyine eşittir. Türkiye’nin otlak alanlar bakımından sahip olduğu biyolojik fırsat, otlak ayak izinin üstünde olmasına rağmen ülke otlak ayak izinin hemen hemen %32’si yurt dışından temin edilmektedir. Bunun nedenleri arasında kişi başı otlak ayak izinin ülke içinde zamanla düşmesi, hayvanların beslenmesi için otsu bitkiler yerine tarım arazilerinde üretilen mısır vb. gibi yem ürünlerinin tercih edilmesinde ortaya çıkan artışlardır (WWF, 2012: 34).

2.2.5. Yapılaşmış Alan Ayak İzi

İnsan ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla konut, ulaşım, enerji santralleri ve endüstriyel üretim için altyapı ve üstyapı ile kaplı alanının yüz ölçümünün hesaplanmasıdır. Çarpık kentleşme, dağınık altyapı ve yollar sebebiyle hesaplanması diğer ayak izlerine göre daha zordur (Kitzes vd., 2007: 5).

Yapılaşmış alan biyolojik kapasitesi ayak izine eşit olup, bu arazi türünün ticareti olanaksızdır. Yapılaşmış alanlar, su kaynaklarına yakın yerlerde ve verimli tarım arazilerine uygun düzlüklere yoğunlaştıklarından zengin tarım arazilerine denktir. Yapılaşmış alan kullanımı, CLUM ve NFA hesaplamalarına göre, dünya genelinde %2'sini Türkiye'de ise %3' ünü oluşturur (WWF, 2012: 35).

2.2.6. Balıkçılık Alanı (Sahası) Ayak İzi

Balıkçılık alanı (sahası) ayak izi, denizlerin yanı sıra tatlı sularda yer alan canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri, bu sulardan gereken gıdalarının karşılanabilmesi için gerekli su alanı düzeyinin hesaplanmasıdır (URL-3, 2023).

NFA ve CLUM hesaplarına göre balıkçılık alanı (sahası) kullanımından kaynaklanan ayak izi, dünya ülkelerinde %4, Türkiye'de ise yaklaşık %2 oranındadır. Yapılan araştırmalar, 2005'te su ürünleri üretimi toplamında Türkiye'de 544.773 mt şeklinde hesaplanmış, deniz ürünleri avcılığı %61, yetiştiricilik %22, iç sular su üretimi avcılığı %8 ve kabuklar %9 olmak üzere diğer deniz ürünleri avcılığından sağlanmıştır (FAO, 2011).

2.3. Ekolojik Ayak İzinin Hesaplanması

Ekolojik ayak izi, dünya tarafından israf edilen atıkların yok edilmesi için gerek duyulan su ve kara alanlarını, bireylerin, şehirlerin ve ülkelerin kullanmış oldukları biyolojik üretken alan miktarını ve gelecekte ihtiyaç duyulan gezegen sayısını hesaplayan tekniktir (Rapport, 2000: 367). Ekolojik ayak izi hesaplaması sürdürülebilir yaşamın bir göstergisi olarak yeryüzü üzerinde insan talepleri ve bu talepler ile yerkürenin kendi kendine yenilenebilme potansiyelini ölçme imkânı veren hesaplama biçimidir (Kitzes, vd., 2007).

Ekolojik ayak izi hesaplanırken iki basit temele dayandırılır: Birincisi, ürettiğimiz atıklar ve tükettiğimiz kaynakların çoğunu takip etmektir. İkincisi ise atık ve kaynakların çoğu için gerekli olan biyolojik üretken alanı oluşturmaktır. Bu sayede ekolojik ayak izi bize doğal kaynakların ne kadarını tükettiğimizi göstermektedir. Fakat bu ayak izi sürekli arazi parçası olmayıp, tükettiğimiz bütün ekolojik hizmetlerin bize

sağlamış olduğu dünya ortalama üretkenliğe sahip alanların toplanmasıyla hesaplanır (Wackernagel, 1997: 2).

Ekolojik ayak izi hesaplamaları, en kapsamlı kaynak olan Global Footprint Network (GFN) tarafından sağlanan veriler ile yapılmaktadır. GFN dünyadaki tüm ülkeler için ekolojik ayak izi ve biyokapasite verilerini izlemektedir. GFN' nin verileri Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) vb. ulusal ve uluslararası istatistiklerden faydalanılarak 4 yıllık gecikmeli verileri ile her yıl düzenli güncellenmektedir (Wackernagel vd., 2019: 272).

Günümüzde araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen ekolojik ayak izi hesaplamaları, yalnızca matematiksel formüllerle sınırlı kalmayıp, üretim, tüketim ve nüfus değişkenlerin çarpan etkisinin de göz önüne alınması suretiyle ortaya konulmaktadır (Özer, 2002). Ekolojik ayak izi altta yer alan formülle hesaplanabilir;

$$\text{Ekolojik Ayak İzi(ha)} = \text{Tüketim} \times \text{Üretim Alanı} \times \text{Nüfus}$$

Formüldeki değişkenlerden; 'tüketim', üretilen ürünün ağırlığını (kg), enerji vb. türünden kullanılan malın ölçüsünü, 'üretim alanı', tüketim amacıyla kullanılan ürünlerin yetiştirilmesinde gerekli olan biyoüretken alanı, son olarak 'nüfus' ise bölgede yaşayan kişi sayısını vermektedir (Akıllı vd., 2008).

2.4. Dünyada Ekolojik Ayak İzi

Ekolojik ayak izi, belirli yerlerdeki bireylerin, kuruluşların, şehirlerin, bölgelerin veya milletlerin doğanın ne kadarını tükettiğini hesaplayarak su ve arazi alanlarını ne ölçüde verimli kullandıklarını göstermektedir (Wilson ve Anielski, 2005).

Wackernagel ve Rees'in tanımladığı ekolojik ayak izi, ulusal ve küresel ölçekte insanların doğayla kurduğu ilişkinin oluşturduğu çevresel baskıyı ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu kavram, ülkenin biyolojik açıdan verimli toplam arazi sahası (biyolojik taşıma kapasitesi) ile hesaplanan ekolojik ayak izini karşılaştırarak, ülkenin doğal sınırlarını aşıp aşmadığını belirlemeye yarar. Eğer biyolojik taşıma kapasitesi, ekolojik ayak izinden daha düşükse; bu durum, ülkenin ekonomik faaliyetlerinin, ekili arazi, orman ve diğer doğal kaynakları, tükettiğini ve doğanın atıkları absorbe etme kapasitesinden fazlasının üretildiğini göstermektedir (Keleş, 2007).

1970'ten bu yana nüfus artışı, artan tüketim, küreselleşen ticaretin ivme kazanması ve buna bağlı yaşam tarzı değişiklikleri, dünyanın kendini bugüne kadar dünyanın kendini yenileme kapasitesinin aşılmasıyla zorlanmasına yol açmıştır. Doğal

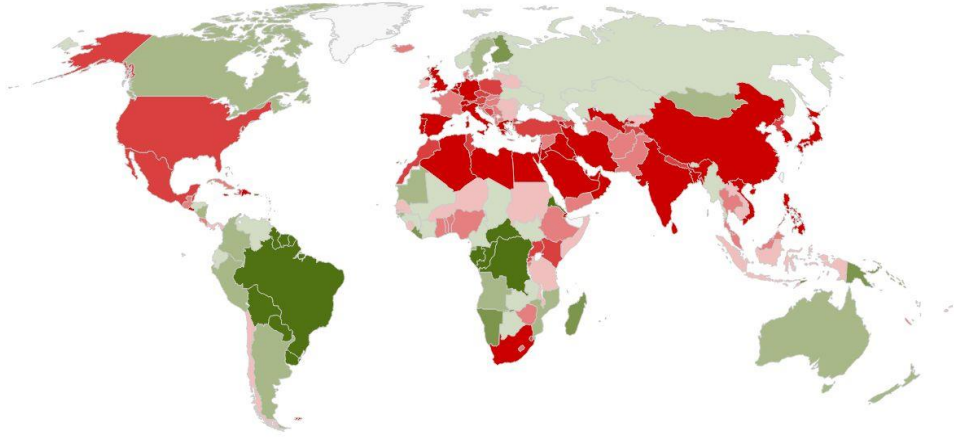
kaynaklar ve bu kaynaklara duyulan ihtiyaçlar açısından bakıldığında, dünya genelinde kaynak dağılımında eşitlik sağlanamamıştır. Bir ülkenin üretim kaynaklı ekolojik ayak izi, diğer ülkelerden yapılan ithalatın eklenip ihracatın çıkarılmasıyla, o ülkenin tüketim düzeyini yansıtan bir gösterge haline gelir. Toplam tüketim seviyesi ve nüfus göz önüne alındığında ise kişi başına düşen ekolojik ayak izi hesaplanır. lkeler arasında bireysel ekolojik ayak izi farklılıkları, her ülkenin fırsatları, performansı ve maruz kaldığı kaynak riskleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (WWF, 2020).

Kişi başına düşen ekolojik ayak izi oranlarına bakıldığında, ülkeler arasında büyük eşitsizliklerin bulunduğu görülmektedir. Sanayileşmiş lkeler küresel biyoretken alan seviyesi çok fazla açan bir yaşam eğiliminde iken, sanayileşmesini tamamlamayan lkelerde ortalama kişi başına düşen küresel biyoretken kapasite düzeyinin aşağısında yaşam eğilimi sürdürmektedir (Wilson ve Anielski, 2005).

Yaşayan Gezegen Raporu (2010)'nda, Küresel Ayak İzi Ağına göre, ekolojik ayak izinin 1961- 2007 yılları arasında iki katına çıktığı belirtilmiştir. 2007 yılında insanlığın toplam ayak izinin 2.7 gha olduğu ifade edilmiş olup buna karşılıklı dünyanın biyolojik kapasitesi ise sadece 11.9 milyar gha, yani kişi başına düşen biyolojik kapasite ise 1.8 gha olarak hesaplanmıştır. Böyle devam ettiği sürece 2030'da 2.0 gezegen; 2050'de ise 2.8 gezegene ihtiyaç olacağı öngörülmüştür.

Farklı ekonomik ve kalkınma düzeyine sahip lkelerde gözle görülebilir bir farklılık olduğu ortaya çıkmıştır. Örneğin bir ABD'linin ayak izinin, 43 Afrikalıya eşit olduğu hesaplanmıştır. Bunun sonucunda dünya nüfusunda ABD ya da BAE'ndeki bireylerin ortalama tüketimlerine sahip olması durumunda ihtiyaçların karşılanması için 4.5 gezegenin gerekli olduğu farkına varılmıştır.

Dünya genelinde ortalama birey başına var olan biyolojik kapasite 1.7 kha olarak belirlenirken, bazı lkelerde bu kapasitenin altı katına kadar çıkabildiği gözlemlenmektedir. Bu durum, belirtilen lkelerdeki bireylerin kendi paylarına karşılıklı gelen doğal kaynak payından çok daha fazlasını kullanarak, ekosisteme sürdürülemez derecede bir baskı uyguladığını gösterir. Öte yandan, gelir seviyesi çok düşük lkelerde ortalama bireylerin sahip olduğu ekolojik ayak izi, dünya ortalamasında belirlenen biyolojik kapasitenin yarısından düşük seviyelerde seyretmekte; bu da bu lkelerde yaşayan insanların, çoğunlukla temel ihtiyaçlarını karşılayabilme mücadelesi verdiğini ortaya koymaktadır (WWF, 2016).



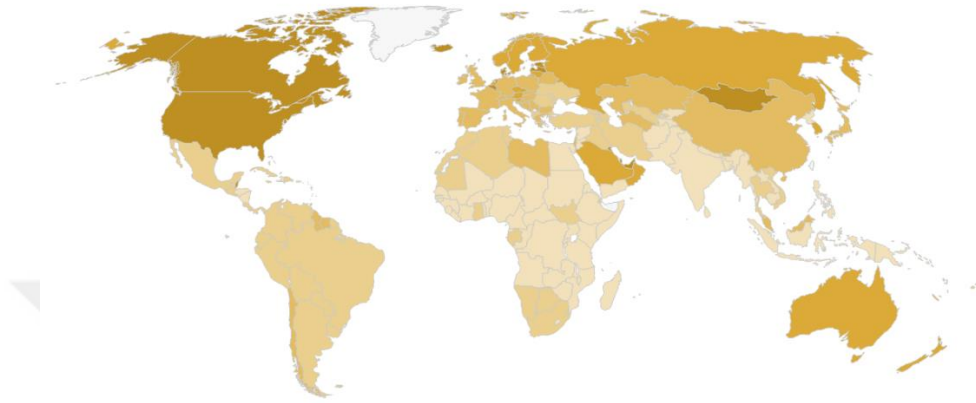
Şekil 1. Dünya’da ekolojik açık/ rezerv (Global Footprint Network, 2019).

Yukarıdaki harita, dünya genelindeki ülkelerin ekolojik açık ve ekolojik rezerv durumlarını gösterir. Ekolojik açık, bir nüfusun o nüfusa açık alanın biyolojik kapasitesini geçtiği anda ortaya çıkmaktadır. Ulusal ekolojik açık, ülkenin ticaret yoluyla biyolojik kapasiteyi ithal ettiği, ekolojik varlıkları tasfiye ettiği ya da kendi ekosistemlerinden daha fazla karbondioksit atığını atmosfere bırakmasıdır. Tüm bunlara karşılık ekolojik rezerv, bir bölgenin biyolojik kapasitesinin nüfusunun ekolojik ayak izi’ni aştığı zaman ortaya çıkar.

Kırmızı tonlar, gelişmiş ülkeleri göstermekte olup, bu ülkeler ekolojik açığı olan ülkelerdir. Bu, ülkelerin ekosistemlerinin üretebileceği doğal kaynaklardan daha fazlasını tükettiğini ve çevre üzerindeki baskıların daha yüksek olduğunu gösterir. Bu durum, yüksek enerji tüketimi, karbon emisyonları ve sürdürülemez tarım uygulamaları gibi nedenlere bağlıdır. Kuzey Amerika, Avrupa, Orta Doğu ve Asya’nın büyük bir kısmı bu kategoriye girmektedir (Almanya, Çin, Hindistan, İran, Birleşik Krallık, Mısır, Suudi Arabistan).

Yeşil tonlar, gelişmekte olan veya düşük tüketimli ülkeleri göstermektedir. Daha az tüketim ve geniş doğal kaynak alanlarına sahip olmaları sayesinde ekolojik rezerv avantajına sahiptir. Bu da ülkelerin tükettiğinden daha fazla doğal kaynak üretebildiğini gösterir. Bunun nedeni, bu bölgelerde çoğunlukla geniş orman alanları, düşük sanayileşme oranları ve daha az nüfus yoğunluğu olabilir. Afrika’nın bazı bölgeleri ve Güney Amerika bu kategoriye dahildir (Brezilya, Kanada, Rusya, Finlandiya, Kongo, Orta Afrika).

Sonuç olarak, ekolojik açığı olan ülkeler daha sürdürülebilir tüketim politikalarına geçmeli, karbon emisyonlarını azaltmalı ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelidir. Ekolojik rezervde olan ülkeler ise, doğal kaynaklarını korumalı, ekosistemlerini sanayileşme ve ormansızlaşmadan korumalıdır.



Şekil 2. Dünya’da kişi başına düşen ekolojik ayak izi (Global Footprint Network, 2019).

Kişi başına düşen ekolojik ayak izi, bir ulusun toplam ekolojik ayak izinin o ulusun toplam nüfusuna bölünmesiyle elde edilir. Gezegenin kaynakları dahilinde yaşamak için dünyanın ekolojik ayak izinin, gezegenimizde kişi başına düşen mevcut biyokapasiteye eşit olması gerekir. Bu da şu anda 1.6 küresel hektardır. Yani bir ulusun kişi başına düşen ekolojik ayak izi 6.4 küresel hektar ise, o ulusun halkı gezegenin yeniden üretebileceği ve atmosferde emebileceği kaynak ve atıkların dört katını talep ediyor anlamına gelmektedir.

Koyu renk ile gösterilen ülkelerin; kişi başı daha yüksek ekolojik ayak izine sahip olduklarını göstermektedir. Bu, ülkelerdeki bireylerin tüketim seviyelerinin ve doğal kaynak kullanımlarının daha yoğun olduğunu gösterir. Gelişmiş ülkeler, genellikle yüksek enerji tüketimi, sanayileşmiş üretim süreçleri ve refah düzeyi nedeniyle ekolojik ayak izlerinde ön plana çıkmaktadır (Kanada, Amerika Birleşik Devleti, Çin, Rusya, Suudi Arabistan, Avustralya, Moğolistan, Almanya, Fransa).

Açık renk ile gösterilen ülkelerde, kişi başına düşen ekolojik ayak izi oldukça düşüktür. Bu durum, bu bölgelerdeki bireylerin genelde daha düşük tüketim seviyelerine ve daha sınırlı kaynak kullanımına sahip olduklarını söyler. Fakat bu bölgelerin çevresel etkisinin düşük olduğu anlamına gelmemektedir. Çünkü toplam

nüfus büyüklüğü ve doğal kaynakların aşırı kullanımı da ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır (Afrika, Güney Asya ve Güney Amerika'nın bazı bölgeleri, Afganistan, Pakistan, Nijer, Nijerya, Sudan, Endonezya, Kongo, Mozambik, Madagaskar).

Sonuç olarak, harita ekolojik kaynakların dünya genelinde adaletsiz dağılımını ve tüketim alışkanlıklarının çevresel etkisini ortaya koymaktadır. Özellikle koyu renkle gösterilen ülkelerin daha sürdürülebilir bir gelecek için, bireysel ve toplumsal düzeyde kaynak kullanımını azaltmaya yönelik adımlar atılması ciddi önem taşımaktadır.

2.5. Türkiye’de Ekolojik Ayak İzi

Doğayı korumak ve sürdürülebilir bir gelecek inşa edebilmek için, ülkelerin ekolojik ayak izlerinin tespit edilmesi büyük önem taşır. Bu ölçüm yöntemi, her ülkenin mevcut çevresel durumunu ortaya koyarak, kaynak yönetimi için ihtiyaç duyulan verilerin elde edilmesini ve geleceğin güvence altına alınmasını sağlar. Ekolojik ayak izini hesaplayabilen ülkeler, doğal zenginliklerinin değerini ölçümleyip, bunları etkin bir şekilde yönetebilme imkânına sahip olmaktadır. GFN iş birliğiyle WWF Türkiye tarafından Türkiye’de ilk defa ‘Türkiye’nin Ekolojik Ayak İzi Raporu’ hazırlanmıştır (WWF, 2012).

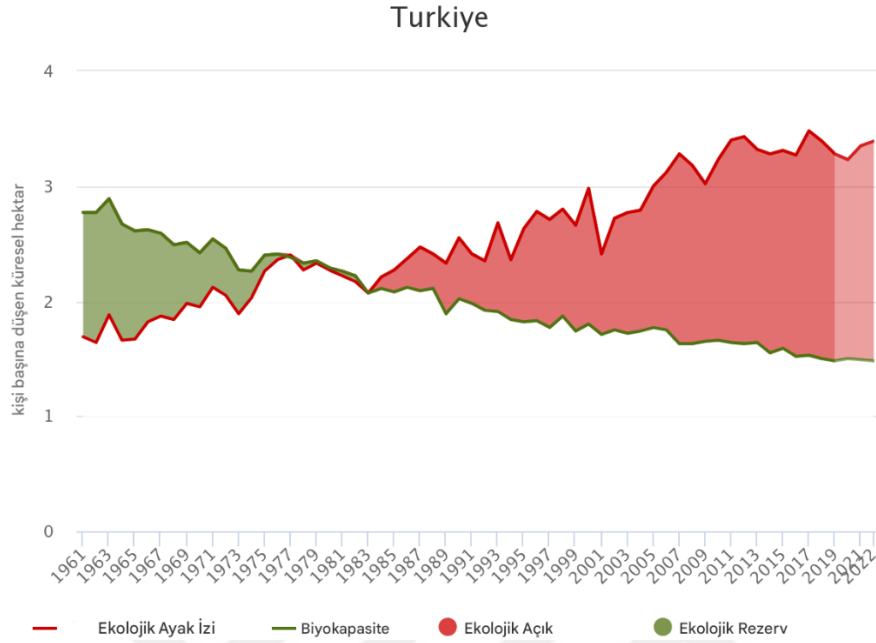
Türkiye, kişi başına düşen ekolojik ayak izi sıralamasında 154 ülke arasında 63. sırada yer almaktadır (WWF, 2010).

Türkiye, yüksek üretken arazi verimliliğine sahip olmasına rağmen, yoğun nüfus nedeniyle kişi başına düşen biyolojik kapasite bakımından dünya ortalamasının gerisinde kalmaktadır. 2007 verilerine göre Türkiye’de kişi başı tüketimden kaynaklanan ekolojik ayak izi 2.7 gha seviyesinde iken, kişi başına düşen biyolojik kapasite sadece 1.3 gha olarak tespit edilmiştir.

Bu durum, Türkiye’de yaşayan bireylerin ulusal düzeyde oluşturduğu ekolojik borcun, dünya ortalamasının üzerinde olduğunu göstermektedir. Üretime dayalı toplam ekolojik ayak izi, 1972 yılında ilk kez ulusal biyolojik kapasitenin üzerine çıkarak, 2007 yılına gelindiğinde bu oranın iki katına ulaşmıştır (WWF, 2012).

Özetle, Türkiye’de de tıpkı dünyada olduğu gibi ekolojik ayak izi oranı 2 ila 3,5 kha arasında seyredip artış göstermektedir. Bununla birlikte, Türkiye’nin Yaşayan Gezegen Endeksi sıralamasında gerilemesi, ülkemizdeki biyolojik çeşitliliğin hızla azaldığını ortaya koymaktadır. Bu durumun somut örneği, Anadolu’da yaşam alanlarının daralması sonucu nesli tükenme riskiyle karşı karşıya kalan leopar ve kelaynak türlerinin yok olma eşiğine yaklaşmasıdır. Ayrıca Kızılırmak Deltası’nda

1970’lerde yaklaşık 60-70 çift olan tepeli pelikan popülasyonu, 1984’te 30-50 çifte ve 1992’de 6 çifte kadar gerilemiştir (WWF, 2018).



Şekil 3. Türkiye’de kişi başı ekolojik ayak izi ve biyokapasite (Global Footprint Network, 2019).

- Türkiye’nin ekolojik ayak izi (kırmızı) ile biyokapasite (yeşil) arasındaki ilişkiyi gösteren grafikte dikey eksen, kişi başına düşen küresel hektar birimini kullanarak ekolojik dengeyi ölçerken, yatay eksen yılları temsil etmektedir. Grafik şu şekilde yorumlanabilir:

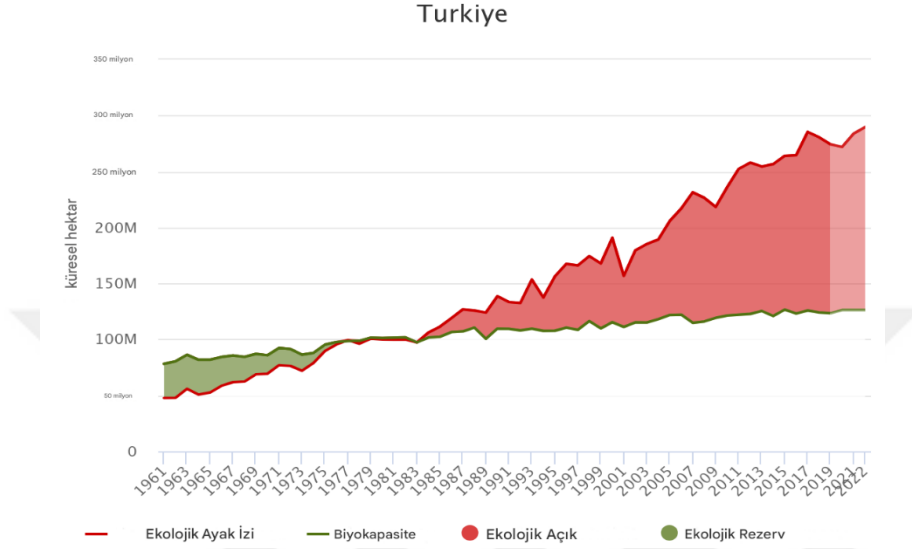
- 1961-1970 yılları arası: Türkiye’nin biyokapasitesi (yeşil alan) ekolojik ayak izinden (kırmızı çizgi) yüksek olup çizginin üzerinde kalır. Bu, Türkiye’nin doğal kaynaklarını sürdürebilir biçimde kullanabildiğini yani ekolojik rezerve sahip olduğunu gösterir.

- 1970’ler sonrası: 1970’lerden itibaren ekolojik ayak izi artmaya başlarken, biyokapasite yavaşça azalmakta ve durağan hale gelmektedir. Bu durum Türkiye’nin doğal kaynaklarını daha hızlı tüketmeye başladığı sonucuna ulaşılır.

- 1990’lar sonrası: 1990’larda Türkiye ilk kez ekolojik açık ile karşılaşmıştır. Ekolojik ayak izinin biyokapasiteyi aştığı ve Türkiye’nin doğal kaynaklarını yenilenme hızından ziyade daha çabuk tüketmeye başladığı görülmüştür.

- 2000 ve sonrası: Ekolojik ayak izi hızla artmaya devam ederken biyokapasite aynı seviyede kalmış ya da az bir artış göstermiştir. Bu ise ekolojik açığın daha fazla büyüdüğünü, özellikle 2010 yılından sonra daha net bir şekilde ortaya çıkarmıştır.

Sonuç olarak, Türkiye özellikle 1990’lardan itibaren sürdürülebilirlik açısından zor bir döneme girmiştir. Bu yıllardan itibaren ekolojik ayak izi biyokapasiteyi devamlı aşmakta ve ülkenin doğal kaynaklarını sürdürülemez hale getirerek hızla tüketilmesine neden olmuştur. Son yıllarda Türkiye’nin kaynaklarını yenileme kapasitesi ile tüketimi arasında yüksek bir fark oluşturarak ciddi çevresel baskılara zemin hazırlamıştır.



Şekil 4. Türkiye’nin ekolojik ayak izi ve biyokapasitesi (Global Footprint Network, 2019).

Grafik, Türkiye’nin 1961-2022 yılları arasında ‘Ekolojik Ayak İzi’ ve ‘Biyokapasitesi’ni karşılaştırmaktadır.

Kırmızı Çizgi: Ekolojik ayak izini ve ülkenin doğal kaynaklarını tüketme hızını gösterir.
Yeşil Çizgi: Biyokapasiteyi ve doğal kaynakların kendini yenileme kapasitesini gösterir.
Ekolojik Açık (Kırmızı Gölge): Ekolojik ayak izinin biyokapasitenin üzerinde kaldığı noktada, doğal kaynak tüketiminde açığın olduğunu göstermektedir.
Ekolojik Rezerv (Yeşil Gölge): Biyokapasitenin ekolojik ayak izinden büyük olduğunu gösterir.

Grafik şu şekilde yorumlanır:

- 1961-1970’ler: Ekolojik ayak izi ile biyokapasite birbirine oldukça yakın hatta biyokapasite zaman zaman daha büyüktür. Bu nedenle ülkede doğal kaynak kullanımında denge sağlanmış denilebilir.
- 1980’lerden itibaren: Ekolojik ayak izi hızla artmaya başlamış ve biyokapasiteyi geçmiştir. Bu da Türkiye’nin doğal kaynaklarını aşırı tüketmeye başladığını gösterir.
- 1990’lardan sonra: Kırmızı gölge (Ekolojik açık) gittikçe artmıştır. Ekolojik açık yükseldikçe, doğanın kendini yenileme hızının önüne geçerek doğal kaynakları hızlı bir

şekilde tükettiği görülüyor. Bu da doğal kaynaklar üzerinde baskının önüne geçilemez boyutlara ulaştığını gösterir.

- 2020’ler: Grafik özellikle son yıllarda ekolojik açığın zirve yaptığını, biyokapasitenin sabit olduğunu ve ekolojik ayak izinin yüksek oranda arttığını gösteriyor. Bu durum, Türkiye’nin daha fazla ekolojik borç içinde olduğunu yani sürdürülebilir olmayan tüketim yapısına sahip olduğunu işaret etmektedir.

Sonuç olarak, 1960’lardan bu zamana kadar geçen süreç de Türkiye’nin doğal kaynak kullanımı hızla artmış ve biyokapasitenin üzerinde seyrederek ekolojik sürdürülebilirlik konusunda ciddi açık vermiştir.

2.6. Karbon Ayak İzi Tanımı

Karbon ayak izi, insan nüfusunu sürdürebilmek için gerek duyulan küresel hektar olarak ifade edilen, biyolojik üretken, kara ve deniz alanını oluşturan ayak izidir. İnsan yaşamının doğada oluşturduğu karbondioksit miktarıdır ve enerji türüne, miktarına göre değişiklik gösterir. Kömür, doğalgaz ve petrol gibi fosil yakıtların yansımından kaynaklı olarak doğada karbondioksit salınımı oluşturur (Wiedmann ve Minx, 2008: 4).

İnsan faaliyetleri sonucunda oluşan karbon ayak izinin doğal yaşamdaki karşılığı, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin de etkisiyle doğal yaşamın yok edilmesi olarak da tanımlanabilir. Bu bağlamda, “ayak izi” terimi, herhangi bir organizmanın kütle ve ayak büyüklüğüne bağlı olarak, bastığı zeminde uyguladığı basıncın sonucu olarak ortaya çıkan ve zamanla değişiklik gösterebilen iz anlamına gelmektedir (Özer, 2002: 82).

Karbon ayak izi, karda bıraktığımız izlere benzetilerek, nicel veriler ve bilimsel yöntemlerle ölçülebilen bir kavramdır. İnsanların tüketim eğilimleri, en temel gereksinimlerden biri olmasına rağmen, artan talep ve çevreye verilen zararlar nedeniyle gezegenin kirlilik düzeyi sürekli yükselmektedir. Bireyler, yaşamları boyunca barınma, ulaşım ve sosyal etkinlikler gibi çeşitli faaliyetleri aracılığıyla doğal çevre üzerinde izler bırakmaktadır. Bu süreçte ortaya çıkan karbon salınımı, sera gazı üretimini artırarak atmosferin katmanlarının zarar görmesine sebep olmaktadır (Ertekin, 2012: 5).

Bir başka tanımda karbon ayak izi, bireyin yerkürenin ısınmasına sebep olan kişisel olumsuz etkisinin hesaplanmasıdır (Tatar, 2010: 19). Küresel ısınma, değişen iklim koşullarının başındaki en büyük problemlerden birisidir. Küresel ısınmaya neden olan ana etmenler ise karbondioksit ve metan gazlarıdır. Her iki gazlarda zararlı olmasına rağmen karbondioksit daha tehlikeli olup, karbondioksit artışıyla evrenin sıcaklığının artışı doğru orantılıdır. Atmosfere karışan karbondioksit onu zayıf hale

getirerek, güneşten gelen zararlı ışınların dünyaya süzülmesine izin vermektedir. Bu da dünyanın zararlı şekilde ısınmasına sebep olmaktadır (Neale 2009'dan aktaran Ünalı 2016: 19).

Birey, kuruluş, işletme, proje, etkinlik ya da ürün gibi doğrudan ve dolaylı olarak neden olduğu sera gazı emisyonlarının toplamı karbon ayak izini oluşturur. Karbon ayak izi, bir ürün veya hizmetin yaşamı boyunca veya işletme için bir mali yılda salınan toplam karbondioksit ve diğer sera gazları miktarı olarak da adlandırılır (Karbon ayak izi etiketlemesi, 2008).

2.7. Karbon Ayak İzi Bileşenleri

Karbon ayak izi, ulaşım, beslenme, aydınlatma ve ısınma gibi pek çok alanda ortaya çıktığı için, bireylerin çevresel etkilerini daha net biçimde ortaya koyabilmek amacıyla belirli kategoriler altında değerlendirilmektedir (Kitzes vd., 2008).

Karbon ayak izinin belirli kategoriler temelinde incelenmesi, bireylerin kaynak kullanımı ve sürdürülebilirlik düzeylerinin izlenmesini kolaylaştırmaktadır. Bu tür sınıflandırmalar, hangi bileşenlerde daha fazla sorumluluk üstlenilmesi gerektiğine ilişkin farkındalık sağlamaktadır. Ayrıca, söz konusu kategoriler, Kyoto Protokolü doğrultusuna belirlenen CO₂ salınım standartları çerçevesinde bireysel ve toplumsal konumun diğer ülkelerle karşılaştırılabilmesini ve bu doğrultuda çözüm önerileri geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Mattila, vd., 2011).

Karbon ayak izi birincil ve ikincil ayak izi olmak üzere iki grupta incelenir.

2.7.1. Birincil Ayak İzi

Birincil ayak izi, öncelikle fosil yakıt kullanımının yanı sıra, hane enerji tüketimi ve ulaşım faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan karbondioksit emisyonlarının hesaplanmasıyla belirlenir. Fosil yakıtlar bitkilerin ve hayvanların ölümü ardından çürüme süreçleriyle toprağa karışan organik maddelerden elde edilen enerjiyi ifade eder hane ısınma sistemi, elektrik üretimi ve sanayi alanı gibi birçok alanın tercih ettiği yakıtlardır.

Bu süreç sonucunda ortaya çıkan çürümüş atıklar, kömür, doğalgaz ve petrol gibi enerji kaynaklarının temelini oluşturur. Yüksek enerji verimliliğine sahip olmalarına rağmen, bu yakıt türleri sera gazı emisyonları açısından oldukça yüksek değerlere sahiptir ve küresel karbondioksit salınımının yaklaşık %77'sinden sorumlu kabul edilir. Birincil ayak izinin yanı sıra, karayolu, demiryolu, havayolu ve denizyolu gibi ulaşım ağlarının da karbon salınımına etkisi bulunmaktadır. Tüm ulaşım ağlarının küresel sera

gazı emisyonlarının yaklaşık %17'sinden sorumlu olduğu gözlemlenmektedir. Ulaşım kategorisi her yıl değişkenlik göstererek farklı oranlara sahip olsa da doğaya verilen zarar eşit derecede tehlikelidir. Özellikle havayolu küresel ısınmayı önemli derecede etkileyen ulaşım türüdür (Atabey, 2013: 22).

2.7.2. İkincil Ayak İzi

İkincil ayak izi, tüm tüketilen ürünlerin üretiminden başlayarak, ürünlerin yaşam döngüsünün değerlendirilmesi ve tüketim sonrası bozulmaları sonucunda dolaylı olarak hesaplanan karbondioksit emisyonunu ifade eder (URL-4, 2024).

Talep edilen hizmet ve ürünler hesaba katıldığı zaman ikincil ayak izinin daha yaygın olduğu görülmektedir. İkincil ayak izini gıda, giyim, tatil, eğlence ve sosyal aktiviteler gibi kullanılan ulaşım ağları oluşturur. Birincil ve ikincil ayak izleri birbirinden bağımsız düşünülemez, ölçümleri beraber hesaplanmaktadır (Atabey, 2013: 33-34).

2.8. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması

Karbon ayak izi, bireylerin yaşamları boyunca gerçekleştirdikleri eylemlerin çevreye etkisini belirlemede önemli bir yere sahiptir. Toplumun ve bireylerin gündelik faaliyetleri sonucunda oluşan karbon ayak izini hesaplamak ise oldukça karmaşık bir süreci gerektirmektedir.

Toplumsal ölçekte değerlendirildiğinde, bu hesaplama ortalama ulusal tüketim düzeyi ve biyolojik verimli alan gibi göstergeler göz önünde bulundurularak yapılır. Bu çerçevede, Borucke ve arkadaşları (2011) karbon ayak izi büyüklüğünü aşağıda belirtilen formül aracılığıyla hesaplamışlardır.

$$EF_C = \frac{P_C \cdot (1 - S_{Ocean})}{Y_C} * EQF \quad (Eşitlik 1)$$

P_C : Yıllık insan kaynaklı karbondioksit emisyon tutarı

S_{Ocean} : Okyanusların tuttuğu yıllık karbondioksit salınımı

Y_C : Yıllık ortalama bir hektarlık orman tarafından tutulan karbondioksit salınım ortalama oranı

EQF : Eşdeğerlik Faktörü

Diğer yandan Lynas (2009) bireysel karbon ayak izini sade olarak aşağıdaki gibi formülize etmiştir.

$$\text{Bireysel Karbon Ayak İzi} = \text{Evsel Karbon Salınımı} + \text{Ulaşım Karbon Salınımı} + \text{Gıda Karbon Salınımı}$$

Formülde yer alan evsel karbon salınımı, evlerde ısıtma ve aydınlatma için kullanılan enerjinin neden olduğu salınımları ifade eder. Ulaşım karbon salınımı ise, kullanılan taşıtın hareket halinde iken ürettiği emisyonları temsil eder. Gıda karbon salınımı ise, günlük hayatta tüketilen besinlerin üretim, tüketim ve atık süreçlerinde ortaya çıkan karbondioksit miktarını göstermektedir.

Söz konusu formülde, bireysel karbon ayak izi kilogram cinsinden hesaplanmaktadır. Genel olarak karbon ayak izi büyüklükleri ise kütle ölçü birimleri (örneğin kilogram, ton gibi) kullanılarak ifade edilmektedir (Wiedman vd., 2011).

Bunun yanı sıra, m², ha gibi ölçü birimleri dönüşüm aşamalarında farklı varsayımlara dayandığından, elde edilen sonuçlarda tutarsızlık ve hata payının artmasına neden olur. Bu sebeple, karbon ayak izi büyüklüğünün birimi olarak tercih edilmemektedir (Lenzen, 2006).

2.9. Karbon Ayak İzi Azaltma Yöntemleri

Yenilebilir ve nükleer enerji, birçok ülkenin enerji ihtiyacını karşılamakla birlikte karbon emisyonlarının azaltılmasında da önemli rol oynar. Dünya çapında nükleer santrallerin işletilmesi sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlarken diğer yandan karbon emisyonlarının yaklaşık %10'unu tasarruf etmektedir (Adamantiades ve Kessides, 2009).

2004 yılında dünya, toplam birincil enerji arzının %13.1'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş, rüzgâr, jeotermal, biyo-enerji vb.) oluşturmuştur. Uluslararası enerji ajansı tarafından oluşturulan senaryoya göre 2050 yılına kadar yenilenebilir enerjinin elektrik üretimdeki payı 2004'te %18'den 2050'de %39'a çıkma ihtimali vardır. Buna karşılık nükleer enerjinin 2050 yılına kadar küresel karbon ayak izini azaltma hedefinin yalnızca %6'sına katkıda bulunması öngörülmektedir (EIA, 2009).

Karbon ayak izi azaltma yöntemleri şunlardır (URL-5, 2024):

- Fosil yakıt tüketimini önlemek için araç kullanmak yerine yürümek,
- Bireysel araç kullanımı yerine toplu taşımaya geçmek,
- Karbon ayak izini en çok artıran araçlardan olan uçak kullanımını azaltmak,
- Uçak yolculuğuna alternatif olarak tren yolculuğu tercih etmek,
- Kullanılmayan elektriği ve elektrikle çalışan aletleri kapatmak, fişini çekmek,
- Elektrikle çalışan araçları, benzinle çalışan araçlara tercih etmek,
- Tasarruf sağlayan ampulleri tercih etmek,

- Yeşil enerji kullanımının artırılması,
- Et tüketimi azaltmak, yerine daha fazla sebze ve meyve tüketmek,
- Besinlerin uzak mesafeden gelmesi yerine, yerli ve mevsimine uygun yiyeceklerin üretilip tüketilmesi,
- Gıda israfını önlemek için ihtiyaç kadar alınıp tüketilmeli,
- Geri dönüştürülebilen malzemeleri atmak yerine ayrıştırmalı, doğaya geri dönüştürülebilecek organik atıkları biriktirmeli ve toprağa geri kazandırmalı,
- Canlılar için temiz oksijen kaynağı olan yeşil alanları tahrip etmek yerine çoğaltılmalı,
- Sokak, cadde, deniz, ev veya şehri temiz tutmak,
- Eşyaları uzun süre kullanmalı, gerekmedikçe yenisi alınmamalı,
- Karbon ayak izine dair ortak çalışmalar yürütülmeli ve her yaştan bireylerin bilinçlendirilmesi için eğitim kampanyaları düzenlenmelidir.

Karbon ayak izini azaltmak için kurumlar aşağıdaki yolları izleyebilir (URL-6, 2024):

- İşletmelerin karbon ayak izini azaltmasının en basit ve hızlı yollarından biri, yeşil veya sertifikalarla desteklenen yenilenebilir enerji tarifesine geçmek.
- Karbon ayak izini azaltma hedeflerinizi tedarikçilerinizle paylaşılmalı ve aynı fikirde olan işletmelerle çalışmaya öncelik verilmelidir.
- Dijital ayak izinin farkında olunmalı, mail trafiği azaltılmalıdır; çünkü standart bir e-posta yaklaşık dört gram karbondioksit emisyonuna sahiptir ve bu oran ekli dosya boyutuyla orantılı olarak artar.
- Çalışanlar, sürdürülebilir tedarik hakkında eğitim almalıdır.
- Zorunlu olmadıkça uluslararası toplantıların online yapılması, bu sayede seyahatler daha sınırlı sayıda yapılır.
- IEA'ya göre işe arabayla tek yön ortalama 10 km giden bir kişinin uzaktan çalışması, evde artan enerji kullanılmasına rağmen daha az karbon ayak izi oluşturur.
- İşletmelerin daha çevreci olabilmelerinin en iyi yollarından biri, kendilerini sürdürülebilir konularda eğitmektir.

Türkiye'de karbon ayak izini azaltmak için alınacak önlemler (URL-7, 2024):

- Güneş enerjisinden faydalanmak,
- Hidroelektrik kaynakların kullanılması,
- Elektrik kullanımında yenilenebilir enerji kaynaklarını artırmak,

- Rüzgâr enerjisi gücünün artırılması,
- Jeotermal potansiyelinin tamamını işletmek,
- Yenilenebilir ve yerli enerji kaynaklarının kullanılmasına karşılık doğalgaz kullanımını azaltmaktır.

2.10. Enerji Kaynakları

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hızlı nüfus artışı ve sanayileşme, enerji talebinin yükselmesine sebep olmuştur. Enerji, bir ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınma potansiyelini yansıtan zorunlu bir üretim unsurudur. Sosyal kalkınma ile enerji tüketimi genellikle doğrusal bir ilişki sergilerken, ekonomik büyüme ve refah düzeyindeki artışın da enerji tüketimini yükselttiği gözlemlenmektedir. Günlük yaşamın her aşamasında kullanılan enerji, nükleer, kimyasal, termal (ısı), güneş, jeotermal, rüzgâr, mekanik (kinetik ve potansiyel) ve elektrik enerjisi gibi değişik türlerde var olabilmekte; uygun yöntemler aracılığıyla birbirine dönüştürülebilmektedir (Koç ve Şenel, 2013: 33).

Enerji kaynakları kullanım şekillerine göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji, dönüştürülebilirliklerine göre ise birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak sınıflandırılmıştır (Koç ve Kaya, 2015: 37).

Birincil (primer) enerji, herhangi bir fiziksel veya kimyasal değişime uğramamış enerji biçimini ifade ederken, ikincil (sekonder) enerji, bu birincil enerjinin dönüştürülmesi neticesinde elde edilen enerji türüne karşılık gelmektedir. Yenilenemez enerji kaynakları ise, kısa sürede tükenme olasılığı bulunan fosil yakıtlara ve nükleer enerji kaynaklarına dayalı olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Diğer yandan yenilenebilir enerji kaynakları, kendilerini sürekli yenileme kapasitesine sahip olmaları sayesinde uzun vadede tükenmesi beklenmeyen doğal enerji kaynaklarını temsil etmektedir (Koç ve Şenel, 2013: 33).

2.10.1. Fosil Enerji Kaynakları

Fosil yakıtlar, artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla en çok tercih edilen kaynaklardan biridir. Bu enerji türleri, jeolojik devirdeki sıcak ve yağışlı dönemlerde yetişen yoğun bitki örtüsünün, zamanla taş ve tabakalar arasında sıkışarak yakıt maddelerine dönüşmesiyle oluşur (Şahin vd., 2007'den aktaran Anatürk, 2019). Dünyada katı, sıvı ve gaz halinde bulunan fosil yakıtların içinde bulundurduğu enerjilerin yakılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesine fosil kaynaklı enerji denir (Alemdaroğlu, 2007: 13).

Fosil yakıtlar, delerek (sondaj) ya da kazarak yeryüzüne çıkarılabilir. Geçmişten günümüze kadar bitkilerin ve hayvanların çürümesi ile fosil yakıtlar oluşmuş, günümüzde de yeraltındaki ısı ve basınçla bu yakıtlar oluşmaktadır. Fakat kısa sürede tükenebildikleri için yenilenemeyen enerji kaynakları olarak değerlendirilirler. Bu yakıtların tükenmesi, fiyatların sürekli artması ve yanmaları sonucu çevreye ve insan sağlığına verdikleri zararların etkisi de önemlidir (Öztürk, 2008: 15).

İnsanoğlu tarihi boyunca enerji gereksinimi karşılamak amacıyla erişimi ve dönüşümü kolay olan fosil temelli kaynaklar öncelikli tercihi oluşturmuştur. Fosil kaynakların yakılarak enerji elde edilmesinin ardından tekrar kullanılmaması giderek artan talep, mevcut rezervlerin hızla tükenmesine neden olmaktadır. Yapılan araştırmalar, 2030 yılı itibarıyla tespit edilen kömür rezervlerinin yaklaşık %25'inin, doğal gaz rezervlerinin %65'inin ve petrol rezervlerinin %85'inin tükeneceğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, istatistiksel değerlendirmelere göre kömürün 230 yıl, petrolün 41 yıl, doğal gazın ise 62 yıl daha kullanılabileceği hesaplanmıştır. Dünyadaki fosil (tükenbilir) enerji kaynaklarının başında ise kömür, petrol ve doğal gaz gelmektedir (Yakıncı ve Kök, 2017: 46-47).

2.10.1.1. Kömür

Kömür, bitkilerin zamanla sıcaklık-basınç altında değişim geçirmesi sonucunda oluşan ve bilinen en eski enerji kaynaklarından. Dünya Kömür Birliği (WCA)'ne göre, milyonlarca yıl içinde gerçekleşen kömürler organik olgunluklarına göre farklı şekillerde sınıflandırılmış ve farklı alanlarda kullanılmıştır. Kömür, kalorifik değerine dikkate alındığı sınıflanmaya göre; linyit, taşkömürü, turba, grafit ve antrasit şeklinde beş ana gruba ayrılmaktadır. Kömür, demir-çelik sanayi (metalurji), termik santrallerdeki elektrik üretimi, çimento imalatı, endüstriyel süreçlerde buhar üretme ve ısınma amacıyla kullanılmaktadır (WCA 2011' den aktaran Yapraklı, 2013).

Ekonomik alanda kömüre yönelik talep, sanayi devriminde ve sanayi devrimi sonrasında artmıştır. 19. yüzyıldaki elektrik üretimindeki gelişmeler sayesinde kömürün geleceği elektrik üretimine bağlanmış ve evlerin ışıklandırılması amacıyla elektrik üretimi kömür yakıtlı elektrik jeneratörü ile başlamıştır (Yamak 2006' dan aktaran Yapraklı, 2013).

Ulusal Enerji Eğitimi Geliştirme Projesi (National Energy Education Development Project NEED)'ne göre 1960'lara kadar kömür, enerji üretiminde temel hammadde olarak kullanılmıştır. Maliyetlerin düşmesi, üretim kapasitesinin artması ve taşıma sektöründeki önemli gelişmelerle birlikte petrol fiyatlarının gerilemesi, petrol

tüketimini hızla artırarak dünya enerji tüketiminin büyük kısmını petrole bağımlı hale getirmiştir. Ancak 1970’li yıllarda yaşanan küresel petrol krizleri sonrasında, petrol rezervleri sınırlı ülkeler petrole bağımlılıklarını azaltmak amacıyla çeşitli önlemler almış, kömür üretimini artırmış ve aynı zamana alternatif enerji kaynaklarının araştırılması ile geliştirilmesine büyük önem vermeye başlamışlardır (NEED, 2011a: 1-2).

Mevcut enerji kaynakları içinde en büyük paya sahip olan ve üretim sürecine katılan kömürün temel özellikleri şu şekildedir (Rohde 1999’dan aktaran Yapraklı, 2013) :

- Dünyadaki mevcut kullanılabilir enerji kaynaklarının en bol olanıdır ve dünyanın belirli kesimlerinde değil genelinde bulunur.
- Kömür katı ve dayanıklı yapıda olduğu için taşınması, depolanması ve kullanımı emniyetli fosil yakıttır.
- Alternatif enerji kaynaklarına göre daha düşük maliyetle elde edilmektedir.
- Kömür, kullanıcılar tarafından her zaman ulaşılabilen, güvenli ve rekabet içinde fiyatları belirlenebilen enerji kaynağıdır.
- Elektrik enerjisi üretimi için genellikle maliyet etkili rekabetçi bir yakıttır.
- Çevresel problemlere zemin hazırlayan bir kaynak olmakla beraber temiz kömür teknolojileri sayesinde çevreye ciddi zararlar vermeden kullanılabilir.
- Dünya kömür tüketimindeki dağılım açısından kömürün daha çok az gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler tarafından elektrik ve sanayi üretimi için yoğun olarak talep edildiği görülmektedir.

2.10.1.2. Petrol

En önemli birincil enerji kaynaklarının başında petrol gelmektedir. Petrol, petrokimya endüstrisi tarafından çok çeşitli ürünlerin elde edilmesiyle, enerji dışındaki işlemlerde hammadde olarak da yoğun kullanılır. Petrol rezervleri ve denizlerde yeni bulunan petrol alanları ile birlikte önümüzdeki çeyrek asır boyunca artan talebi karşılayacağı ihtimali yüksektir. Hiçbir rezerv bulunmaması durumunda ve yıllar bazında artan talep de göz önüne alındığında, mevcut rezervlerin otuz beş yıl yetebileceği kabul edilmiştir. Fakat ekonomik ve politik nedenlerle ülkeler bazında, bölgesel bazda hatta dünya genelinde 1970’lerde yaşanan ambargo gibi yeni bir petrol krizi oluşması olasılığı göz ardı edilmemelidir. Bu sebeple çok sayıda ülke petrole olan bağımsızlığı azaltmak yönünde ulusal politikalar geliştirmekte ve uygulamaya geçmektedir. Petrol ürünleri çok geniş alanda kullanım bulmaktadır.

En bilinen ve sık kullanılanları, benzinin yakıt olarak arabalarda kullanılması ve buharlı lokomotif yakıt türü ile evlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Petrol ve türevlerinin gıda sektörü, plastik sektörü, ilaç sanayiinde ve diğer pek çok sayıda sektörde yaygın olarak enerji dışı tüketimi vardır. Petrolün başlıca kullanım alanları aşağıdaki gibidir (Özil vd., 2012: 31-39);

- Petrol tüketiminin ana kullanıcısı olan sektörler enerji ve enerji dışı kullanım,
- Enerji sektöründe bulunan sanayi kuruluşları,
- Dönüşüm sektörü,
- Sınırlı da olsa, petrol taşımacılığı ve dağıtım sektörüdür.

2.10.1.3. Doğal Gaz

Doğal gaz, fosil yakıtlar sınıfında yer alan ve hidrokarbon temelli bir enerji kaynağıdır. Yaygın kabule göre, milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan kalıntılarının yer altındaki yüksek basınç ve sıcaklık koşulları altında geçirdiği kimyasal dönüşümler sonucunda oluşan organik kökenli bir kaynak niteliğindedir. Metan, etan, bütan, propan, karbondioksit, oksijen, nitrojen ve hidrojen sülfür gibi çeşitli gazlardan oluşan doğal gaz, genellikle petrol yataklarında bulunur (Macmillan Encyclopedia of Energy 2001'den aktaran Akpınar vd., 2011).

Doğal gaz mevcut ekonomik önemini ancak yakın dönemde elde etmiştir. Bunun temel nedeni, doğal gazın pazara ulaştırılabilmesi için büyük ölçekli altyapı yatırımlarının zorunlu olması ve pazarlama sürecinde yaşanan zorluklardır. Bu sebeple, dünya genelindeki pek çok geniş doğal gaz rezervi uzun süre işletmeye açılmamış, yerine ağırlıklı olarak petrol kaynakları tercih edilmiştir (Tümerterkin ve Özgüç, 2007).

Günümüzde pek çok ülke hızlı bir ekonomik büyüme sürecinden geçmekte, küresel nüfus artış göstermekte ve yaşam kalitesiyle refah seviyesi yükselmektedir. Bu durum, enerji talebini ve tüketimini doğal olarak artırmaktadır. Tüm bu etkenler göz önüne alındığında, kömür ve petrol gibi geleneksel enerji kaynaklarının yanı sıra, alternatif kaynak arayışlarının önem kazandığı açıktır. Özellikle sanayileşmiş ülkeler, iklim değişikliği ve çevre sorunlarına bağlı nedenlerden dolayı, yüksek kirletici ve sera etkisi potansiyeline sahip kömür ve petrol yerine, daha temiz bir seçenek sunan doğal gaza yönelmeye başlamışlardır (Chandler 2000'den aktaran Akpınar vd., 2011).

Temel enerji kaynaklarından olan doğal gazın temel özellikleri şu şekildedir (Tank 2008'den aktaran Yapraklı, 2013: 33-34);

- Renksiz, kokusuz, yanıcı ve havadan hafif bir gaz karışımıdır.
- Kaynağından çıkarıldığı haliyle işleminden geçirilmeden kullanılabilir.

- Kömür ve petrole göre çevreye daha az zarar verir, üretimi ve tüketim noktalarına taşınması daha kolay bir kaynaktır.
- Karbonmonoksit içermediği için zehirsizdir, yandığı zaman atık bırakmaz, külsüz ve dumansızdır.
- Doğal gaz kömür ve petrol gibi depolanmak zorunda olmadığı için maliyet avantajı oluşturur ve doğal gazı ekonomik bir enerji kaynağı haline getirir.
- Sıvılaştırılmış (LNG) ve sıkılaştırılmış (CNG) olarak depolanır ve doğal gaz alt yapısı olmayan yerlerde temiz, çevre dostu ve ekonomik yakıt türü olarak kullanılabilir.
- Doğal gaz en güvenilir LNG ve CNG olarak depolanmakta ve boru hatları ile taşınmaktadır fakat, bu tarz yöntemlerin çalıştırılması inşaat ve yönetim için yüksek miktarda mali kaynak gerektirir.

2.10.2. Fosil Yakıt Kullanımından Kaynaklanan Başlıca Çevre Sorunları

Bütün insan faaliyetleri doğal çevreyi etkilemektedir. Fakat bu faaliyetlerin en kuvvetlilerinden biri enerji alanıdır. Çevre ve enerji zıt kavramlar olarak görülse de, sürdürülebilir bir denge içinde uyum sağlayabilir ve birlikte gelişebilmektedirler. Sanayi devriminin başlangıcından bu yana zamanla artan, aşırı boyutlara ulaşan ve artışı tükenme noktasına kadar gelen fosil yakıt kullanımı çevre-enerji problemlerinin oluşmasında temel nedendir.

Diğer enerji kaynaklarının çevresel etkileri bulunmakla birlikte, bu türlerin kullanımı fosil yakıtlarla kıyaslandığında daha sınırlıdır ve teknolojilerindeki farklılıklar nedeniyle etkileri de nispeten kısıtlı kalmaktadır. Teknik olarak, “enerjinin kirlisi yoktur, fakat üretim teknolojisinin kirlisi vardır” yaklaşımı benimsenmiştir. Bu doğrultuda, temiz üretim ve temiz ürün çözümleri gündeme gelmiştir. Günümüzde enerji kirliliği denildiğinde akla ilk olarak fosil yakıtların yanma emisyonları gelmektedir. Bu yanma süreçleri sonucu salınan fosil yakıt emisyonları, birincil ve ikincil kirleticiler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır.

Birincil kirleticiler arasında CO_x, SO_x, NO_x, PbO_x ve TSP hidrokarbonlar gelirken, bu kirleticiler güneşin ultraviyole ışınları ve yanma dışı reaksiyonlar sayesinde ikincil kirleticilere dönüşebilir. İkincil kirleticiler arasında aerosoller, aldehytler, olefinler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, nitrosaminler, oksidantlar gibi maddeler bulunmaktadır. Bazı birincil ve ikincil kirleticiler, sera etkisi oluşturarak iklim değişikliğine yol açmakta, bazıları ise ekosferi zehirlemektedir. Özellikle PAH bileşikleri ve halojenli yakıtlardan salınan dioksin ve furan (PCDD/PCDF) türündeki yanma ürünleri, kanserojen etkiler göstermektedir (Ültanır, 1998: 229).

Atmosfere salınan sera gazları yalnızca fosil yakıtların yansımından kaynaklanmaz; bitkilerin ve atıkların çürümesi, bataklıklar, tarımsal faaliyetler, orman yangınları ve volkanların püskürmeler gibi doğal ve insan kaynaklı süreçler de atmosfere sera gazı etkisi yaratabilen kimyasal maddeler salar. Ancak, fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan gaz ve partiküllerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri daha belirgin ve yaygın niteliktedir. Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan başlıca çevre sorunları şu şekildedir (Akova, 2008: 13).



Şekil 5. Fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre sorunları

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

3.1. Yenilenebilir Enerji Kavramı

Yenilenebilir enerji, doğadan temin edilen ve doğal döngüler sayesinde sürekli olarak kendini yenileyebilen enerji türüdür; yani kaynağı tamamen doğadır. Bu enerji, doğal süreçlerle varlığını sürdüren kaynaklardan elde edilir ve insan faaliyetleri, hayvanlar ya da sanayi tesisleri gibi unsurlar tarafından kalıcı olarak tüketilmesi mümkün değildir.

Yenilenebilir enerji, kullanıldığı hızdan daha kısa sürede kendini yenileyebilen ve enerji üretiminde doğal kaynaklardan yararlanan enerji türlerini ifade etmektedir. Bu özelliği sayesinde “tükenme” olgusu söz konusu değildir. Yenilenebilir enerji, kullanıma bağlı olarak kendiliğinden azalmayan ya da tükenmeyen kaynaklara dayandığından, sürekli ve kesintisiz şekilde kullanılan enerji türüdür (URL-8, 2024).

Yenilenebilir enerji kaynakları, karbondioksit emisyonlarının azaltılması yoluyla çevre korumasına katkı sağlamaları açısından öne çıkmaktadır. Ayrıca, yerli kaynaklardan temin edilmeleri nedeniyle enerji alanında dışa bağımlılığı azaltırken, istihdamın artırılmasına da katkı sunmakta ve bu durum kamuoyundan geniş ve güçlü destek almalarına yol açmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik, mevcudiyet ve kabul edilebilirlik özellikleri taşımaktadır (Özkaya, 2004: 1-2).

Yenilenebilir enerji kaynakları çoğu kez biyokütle bazlıdır ve yaşam kalitesini artırmaktadır. Doğada sınırsız miktarda mevcuttur. Yenilenemeyen enerjiye nispeten kısa süre içinde kendilerini yenileyebilirler. Ayrıca bunlar arasında orman bitkilerinden elde edilen odun, bitki biyokütlesi, hayvan gübresi, güneş, rüzgâr enerjisi vb. doğada kendilerini yeniden üreterek, planlama ve yönetim yoluyla sürekli hasat edilebilirler (Renewable Energy And Energy Managamet).

Yenilenebilir enerji dışa bağımlılığın azaltılması, sürdürülebilir enerji kullanımı ve çevreye verilen zararların azaltılması bakımından önemlidir (Güven ve Atalay, 2018: 167-168). Doğadan beslenen, temiz ve yenilenebilir niteliklere sahip alternatif enerji kaynakları, belirlenen sınırlar dahilinde kendilerini sürekli yenileyebilme kapasitesine sahip olduklarından tükenme riski taşımamaktadır (Akova, 2008: 18).

Günümüzde yenilenebilir enerjiye ilişkin ekonomi sektörü dünya ekonomilerinde en hızlı büyüyen sektördür. Seneden seneye, üretilen GSYH'nin değeri ve sermaye harcamaları kararlı bir şekilde artmaktadır. Bu durum, yenilenebilir enerji üretiminde verimliliğin artışına ve bu tür enerjilerin üretilmesine imkân sağlayan teknoloji

tesislerinin maliyetinin azalması anlamına gelmektedir. Yenilenebilir enerji üretim süresinin geliştirilmesinin, dünyada her an elektriğe erişimi olmayan milyonlarca insanın durumuna olumlu yönde katkı sağlayacağı tahmin edilmektedir. Temiz elektriğe yaygın erişim, sadece çevrenin kalitesini artırmakla kalmayarak, aynı zamanda kalitesi birçok ülkede elektriğin kullanılabilirliği eğitim hizmetlerini ve sağlık hizmetlerini de geliştirecektir (Shi vd., 2022).

Fakat yenilenebilir enerji sektörünün etkisi açısından en büyük beklentiler çevrenin korunmasına yöneliktir (Lglinski vd., 2023). Geleneksel enerji tüketiminden yenilenebilir enerjiye geçiş, karbon nötrlük hedeflerine ulaşma konusunda önemli bir strateji haline gelmiştir (Yuan vd., 2022'den aktaran Gyamfi vd., 2024).

Yenilenebilir yatırımlar, temiz ve sürdürülebilir enerji ortamı sağlayarak, karbon yoğun enerji kaynaklarına olan bağımlılığı doğrudan azaltarak küresel yörüngemize daha düşük karbonlu gelecek için yön vermektedir (Hassan vd., 2022'den aktaran Asongu 2024).

3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Hızlı sanayileşme ve artan nüfusla birlikte gelişmekte olan ekonomiler benzeri olmayan bir ikilem içindedirler. Geleneksel olarak bununla ilişkili çevresel maliyetleri azaltırken ekonomik kalkınmaların nasıl sürdürüleceğine ilişkin tartışma söz konusudur (Tian vd., 2020'den aktaran Yadav vd., 2024).

Bu zorluğun kaynağında, daha yeşil bir gelecek için umut olarak ortaya çıkan yenilenebilir enerji yatırımlarının dönüştürücü potansiyeli bulunmaktadır (Saud vd., 2024; Zhu vd 2024).

Bu yatırımların karbon emisyonunu azaltmasındaki hedefi sadece sermaye değil, aynı zamanda stratejik yeşil finansmanın karmaşık durumuna yön vermektir (Halkos vd., 2021'den aktaran Yadav vd., 2024).

İklim değişikliğinde küresel ısınma, ekonomi ve çevre üzerindeki gelişen etkileri göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir enerji yatırımlarının yönetim ve finans arasındaki etkileşimi sürdürülebilir kalkınma ve karbon emisyonlarının azaltılmasında odak noktasıdır (Chandio vd., 2024'den aktaran Yadav vd., 2024). Yenilenebilir enerji yatırımı bu çabaların temel kaynağıdır. (Chu vd, 2012).

Yenilenebilir enerji, doğada doğal olarak mevcut olan ve sürekli olarak yenilenen kaynaklardan elde edilen enerji türleridir. Güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, dalga ve hidroelektrik enerjisi gibi kaynaklar, fosil yakıtların aksine zamanla tükenmez ve sürdürülebilir enerji ihtiyacına kalıcı bir alternatif sunar (URL-9, 2024).

3.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, bilinen en eski enerji kaynaklarından biri olup, Güneş'in çekirdeğinde gerçekleşen ve hidrojen atomlarının helyuma dönüşmesiyle gerçekleşen nükleer füzyon süreci sayesinde ortaya çıkan devasa enerjiye dayanır. Bu sürecin sonucunda açığa çıkan enerjinin, Dünya'ya ulaşan küçük bir kısmı bile, insanlık ihtiyaçlarını fazlasıyla karşılayabilecek güçtedir. Ayrıca, doğrudan veya dolaylı olarak diğer tüm geleneksel enerji türlerinin temel kaynağı olarak kabul edilir (TÇV, 2006: 35).

Günümüzde tüketilen enerji kaynaklarının büyük çoğunluğu güneş kökenli olup, güneş enerjisi iklimsel döngülerin, rüzgâr oluşumunun, gezegenimizin aydınlanmasının ve fotosentez yoluyla canlı yaşamının sürdürülmesinin temelini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, güneş enerjisi sınırsız bir kaynak olarak değerlendirilmektedir (Acaroğlu, 2003: 15).

Birincil enerji kaynağı olarak değerlendirilen güneş enerjisi, yeryüzünde bilinen en eski enerji türüdür. Hem çevre dostu hem de sürdürülebilir özellikleri sayesinde, dünya genelinde geniş ölçüde mevcuttur. Elektrik üretiminde kullanılan güneş panelleri, üzerine düşen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Yüksek verimlilik sağlayan bu paneller, güneş pillerinin seri ve paralel bağlantılarla oluşturulan hücre dizilimlerinden meydana gelmektedir (Baş vd., 2017'den aktaran Kılıç vd, 2023: 122).

Güneş panelleri elektrik ihtiyacının bulunduğu her bölgede elektrik üretimi imkânı sunmaktadır. Bu paneller, akümülatörler, inverterler, şarj kontrol cihazları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile entegre edilerek fotovoltaiik sistemleri meydana getirmektedir. Böyle sistemler, yerleşim alanlarından uzak, elektrik şebekesinin olmadığı ya da jeneratörlerin yakıt ihtiyacının karşılanması hem zor hem de maliyetli olduğu durumlarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Ayrıca, güneş panelleri, jeneratörler ya da diğer güç sistemleriyle hibrit bir şekilde de kullanılabilir (Güneş vd., 2021).

Güneş enerjisi, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemlidir ve bu enerji atmosfere salınan zararlı gaz emisyonlarını azaltarak su ve hava kalitesini düzeltirken, ayrıca fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır. Güneş enerjisi sistemlerinin işletilmesi esnasında herhangi bir karbon emisyonu üretmez. Fosil yakıtların tam tersine, güneş panelleri üretirken karbondioksit, kükürt dioksit veya azot oksit gibi zararlı gazları yaymaz.

Güneş enerjisinin bazı faydaları şunlardır (URL-10, 2024):

- Güneş enerjisi küresel ısınma ve iklim değişikliğinde mücadelede önemli bir faktördür.

- Güneş enerjisi, doğal habitatların ve ekosistemlerin korunmasına katkı sağlar ve fosil yakıtların meydana getirdiği çevresel zararlara karşı daha az çevresel etkiye sahiptir.

- Ekonomik büyüme ve istihdam anlamında, yeni iş imkânları sunar ve güneş enerjisi projelerinin kurulumu, bakımı, geniş bir çalıştırma alanı sunarak yerel ekonomide katkıda bulunarak büyümesini sağlar.

- Uzak ve kırsal bölgelerde enerjiye erişimi sağlayarak enerji güvenliğini güçlendirir ayrıca kalkınma için temel unsur olarak enerjiye erişimi olmayan toplumların yaşam kalitesini düzeltir.

- Bazı hükümetler, güneş enerjisi kullanımını teşvik etmek için politikalar ve düzenlemeler geliştirerek, güneş enerjisinin yaygınlaşmasını ve çevresel sürdürülebilirliğin artırılmasını hedeflemektedir.

- Güneş enerjisi, düşük karbonlu, sürdürülebilir bir geleceğe geçişte anahtar rol oynar. Bu enerji kaynağının benimsenmesi, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları da etkiler.

- Güneş enerjisinin geniş alanlara yayılması, küresel ısınmayla mücadelede önemli bir adımdır. Fosil yakıtların sebep olduğu zararlı emisyonların azaltılmasına katkı sağlar.

- Güneş enerjisi, uzun vadeli çevresel yararlar sunar ve bu kaynağın kullanımı, gelecek nesillere daha temiz ve sağlıklı bir çevre bırakmayı hedefler.

3.3. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Uygulama Alanları

Güneş enerjisi hem düşük maliyetli hem de oldukça verimli bir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağının kullanım alanları Aktif Güneş Sistemi ve Pasif Güneş Sistemi olarak iki kısımda incelenir.

Aktif Güneş Sistemi: Elektrik üretimi sayesinde ısıtma ve soğutma ihtiyaçları karşılanır.

Pasif Güneş Sistemi: Güneş enerjisi üretiminde ilettilmiş olan en eski sistemlerden birisidir. Binaların ısınma ve soğutma ihtiyaçlarının gereksinimleri için oluşturulmuştur.

Türkiye’de en yaygın pasif güneş sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem, seraların ve konutların ısıtılması, ayrıca tahıl gibi zirai ürünlerin kurutulması gibi uygulamalarda tercih edilmektedir. Öte yandan, aktif güneş sisteminde güneş kolektörleriyle su ısıtma

işlemi gerçekleştirilir; bu sistem, üretim kolaylığı sayesinde pek çok evin su ısıtma ihtiyacını karşılamada yoğun olarak kullanılmaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisinden yararlanma potansiyelinde en önemli etken, ülkenin coğrafi konumu ve yıl boyunca yüksek düzeyde güneş ışığı alma kapasitesidir. Avrupa ve diğer dünya ülkeleri ile kıyaslandığında, Türkiye pek çok coğrafi bölgesinde sene boyunca yüksek verimlilikle güneş enerjisi elde etmesi bakımından önemli bir avantaja sahiptir. Dünyaya gelen güneş ışığının saniyedeki enerji birimi 170 milyon mw iken, güneş pilleri de Türkiye'de güneş enerjisinin yoğun olarak kullanıldığı sistemlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalar sonucuna göre Türkiye'de en fazla güneş enerjisi haziran ayında üretilirken en az enerji ise aralık ayında üretilmektedir. Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesi Güneş enerjisi üretiminde en verimli iki bölgedir. Türkiye'de güneş enerjisinin yaptığı işlemi güneş kolektörleri de yerine getirebilir.

Güneş kolektörleri, özellikle Ege ve Akdeniz bölgelerindeki konutlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu talep doğrultusunda, Türkiye'de güneş kolektörü üreten birçok şirket faaliyet göstermektedir. Güneş kolektörlerine alternatif olarak, güneş enerjisinin bir diğer kullanım biçimi de güneş panelleridir. Bu paneller, güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülerek depolanmasına olanak tanır. Depolanan elektrik, özellikle merkeze uzak veya elektrik iletim altyapısının yetersiz olduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Bu tür coğrafi kısıtlamaların getirdiği yüksek iletim maliyetleri nedeniyle, güneş panelleri ekonomik açıdan tercih edilen bir seçenek olarak öne çıkmaktadır (URL-11, 2024).

3.3.1. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, temelinde güneşin atmosfere yaydığı ısı farkları sonucu oluşan hava akımlarının kinetik enerjisinden yararlanır. Bu özellik, rüzgâr enerjisi sistemlerinin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha düşük kurulum maliyetlerine sahip olmasını sağlar. Güneş atmosferi ve yeryüzünü sabit derecede ısıtamamaktadır. Bu nedenle ısı açısından bambaşka sıcaklık farklılıkları ve basınç ortaya çıkar. Basınç ve sıcaklık farklarından hava akımı oluşmaktadır. Oluşan hava akımı sabit sıcaklıktan daha fazla ısınır ve yukarı yükselir ve sıcak hava akımı yerini soğuk hava akımına bırakır. Hava gruplarının bu şekilde oluşturduğu değişim rüzgâr olarak tanımlanmaktadır. Güneşin yeryüzüne gönderdiği enerjinin yaklaşık %2'si gibi düşük bir payı rüzgâra dönüşmektedir (ETKB, 2022).

Dolayısıyla, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisinin dolaylı bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en gelişmiş teknolojik

altyapıya sahip ve ticari açıdan en uygun seçeneklerden biri olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, rüzgâr enerjisinin çevreye zarar verici etkileri bulunmadığı gibi, güneş ışığının mevcut olduğu sürece tükenme riski de söz konusu değildir (Akova, 2008: 77).

M.Ö. 4000 yıllarında sulama, buğday-mısır öğütülmesinde ve yelkenlere yön sağlamada kullanılan rüzgâr enerjisi üretimde kullanılmaya başlanmıştır. İlk defa ABD'nin New York kentinde 1882 yılında rüzgârdan elektrik enerjisi üretilmiştir. Rüzgâr enerjisiyle elektrik üretimi fazla olduğu ülke ABD'dir. Bu sırayı Çin ve Almanya takip etmektedir (Eniş 2003'den aktaran Yıldırım, 2024: 13).

Rüzgâr enerjisinden faydalanabilmek için en başta potansiyelin ve yerinin belirlenmesi gerekmektedir. Rüzgâr enerjisi kullanarak elektrik üretmek için Rüzgâr enerji santralleri (RES) kurulur. Rüzgâr tribünleri hareketlenmeye başlayan havanın oluşturduğu rüzgârla birlikte rüzgârın içinde bulunduğu kinetik enerjiyi mekanik enerjiye çevirerek elektrik üretimini gerçekleştirir (GMKA 2022'den aktaran Yıldırım, 2024).

Rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminin teknolojik gelişmelerle ekonomik değer kazanması, yalnızca enerji sektörüne katkı sağlamakla kalmayıp, ekolojik dengenin korunmasına da olumlu etki yapmaktadır. Türkiye'de yıllık ortalama rüzgâr değerleri incelendiğinde, en verimli rüzgâr kaynaklarına sahip bölgeler yüksek bayırlar, kıyı şeritleri, dağ zirveleri ve geniş açık alanlara yakın yerlerde yoğunlaşmaktadır.

Rüzgâr enerjisi santralleri ham madde sıkıntısı yaşamayan, dışa bağımlı olmayan, insanı ve doğayı olumsuz etkilemeyen, ayrıca kullanımında arazi açısından az yer kaplayan işletmelerdir. Rüzgâr enerjisi ile üretilen elektrik enerjisi, yenilenebilir enerji grubu içinde yer alarak Kyoto Protokolü'ne istinaden elektrik enerjisi ihracatına zemin hazırlamıştır (URL-12, 2024).

Ayrıca RES'in gelişimi, geleneksel kimya endüstrisinin yerine geçen ürünlerin üretilmesini, besin maddelerinin yenilenmesini ya da uygun maliyetli karbon tutulmasını mümkün kılan biyorafinasyon gibi çevresel açıdan olumlu diğer bölümlerle ilişkilendirilebilir (Marousek ve Gavurova, 2022).

Rüzgâr enerji santralleri, sektörün daha hızlı gelişmesine neden olmakla birlikte bu alandaki yatırımların ve yenilik düzeylerinin devamlı yükselmesini kazandırır. Enerji dönüşüm sürecinin dünyanın sosyo-ekonomik değişimi üzerindeki etkisi bakımından en büyük potansiyelin RES üzerinde olduğu göz ardı edilmemelidir.

3.3.2. Jeotermal Enerji Kaynakları

Jeotermal kaynaklar, Dünya'nın derin katmanlarında biriken ısınn etkisiyle ortaya çıkan sıcak su, buhar ve gazlar gibi kimyasal bileşenlerden oluşmaktadır. Bu kaynaklardan doğrudan ya da dolaylı yollarla yararlanılarak elde edilen jeotermal enerji, yenilenebilir bir enerji türü olarak dikkat çekmektedir. Jeotermal enerji, sürdürülebilir, tükenmeyen, çevre dostu, ekonomik, güvenilir ve özellikle yerel üretim potansiyeli yüksek bir yeşil enerji kaynağıdır (URL-13, 2024).

Jeotermal enerji, özellikle jeotermal elektrik santrallerinin ozon tabakasına zarar vermemesi ve sağlık açısından herhangi bir olumsuz risk taşıması nedeniyle temiz bir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Jeotermal enerji kullanımıyla elektriğin üretimi, Türkiye'de ilk olarak 1975 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından kurulan ve 0.5 mw'e güce sahip Kızıldere Santrali ile başlatılmıştır.

Jeotermal kaynak potansiyeli açısından Türkiye 1000'in üzerinde kaynak ile Avrupa'da ilk sırada yer alırken, uyguladığı politikalar sayesinde kurulu güç potansiyeliyle dünya üzerinde ilk 4'e girmiştir. Jeotermal kaynak potansiyeli olan ülkelerden dünyada ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda ilk beş ülke sıralamasındadır (Koç ve Kaya 2015'den aktaran Yıldırım, 2024).

Jeotermal enerji, yaygın olarak elektrik ve ısı üretiminde kullanılsa da bu enerjinin sağlık ve turizm sektöründe kullanımı da mevcuttur. Bu nedenle doğrudan ve dolaylı olarak iki grupta incelenir (URL-14, 2024).

Doğrudan kullanım alanları;

- 150°C altındaki seralarda ve bölge ısıtmalarında,
- Endüstriyel işlemlerde ve Tarımsal faaliyetlerde,
- 40 °C'nin üzerinde jeotermal kaynaklar sayesinde merkezi sistem ile şehir ve binaların içi ısıtılmaktadır.

- Meyve, sebze ve çiçekçilik için seralarda ısıtma işlevi görmektedir.

Dolaylı kullanım alanları;

- Elektrik üretimi,
- Elektrik üretimi aşamasında sondaj ile kaynaktan çıkarılan yaş, kuru, su ve buhardan faydalanılır.

▪ Üretilen enerji evlerde, iş yerlerinde ve tarım arazilerinde kullanılabilir. (Sarayköy/ Kızıldere Jeotermal Santrali Denizli-Aydem Türkiye'nin yüksek sıcaklığa sahip jeotermal enerji biridir. Bu bölgede ısıtma amacıyla jeotermal enerji kullanımı oldukça yaygındır).

Jeotermal enerji, kısa süreli atmosferik koşullardan etkilenmez ve kullanımında hiçbir risk faktörü taşımaz (patlama, yangın, zehirlenme vb). Ek olarak, jeotermal enerjiyle elektrik üretimi, yalnızca sülfür emisyonlarına bakılsa dahi, neredeyse sıfır atık ürettiği için fosil yakıtlara kıyasla belirgin bir avantaja sahiptir (URL-15, 2024).

Jeotermal Enerji aşağıdaki avantajları sağladığı için tercih edilmelidir:

- Jeotermal enerji ülkenin kendi kaynağıdır.
- Ülkenin cari açığına olumlu katkı sağlar, ayrıca ucuzdur.
- Entegre kullanıma uygundur.
- Fiyatının tespitinde uluslararası piyasalara bağlı değildir.

Jeotermal enerji kaynakları açısından Türkiye, Avrupa'nın en önde gelen ülkelerinden biri olarak dikkat çekerken, kurulu güç açısından da dünyada dördüncü durumdadır. Ülkemizin yüksek jeotermal potansiyeli, alan dağılımı bakımından incelendiğinde, bu potansiyelin %78'inin Batı Anadolu, %9'unun İç Anadolu, %7'sinin Marmara Bölgesi, %5'inin Doğu Anadolu ve %1'inin diğer bölgelerden oluştuğu görülmektedir. Ayrıca, jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan ısıtma, termal turizm ve çeşitli endüstriyel uygulamalar için kullanılabilirken; %10'u elektrik enerjisi üretimi gibi dolaylı uygulamalara yöneliktir (URL-16, 2024).

3.3.3. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, bitkilerin fotosentez aracılığıyla güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürmesi sonucu oluşan canlı organizmalar ve organik maddelerden meydana gelir. Karbonhidrat bileşikleri içeren bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal materyaller, biyokütle enerji kaynağının temelini oluşturur. Bu kaynaklardan üretilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak adlandırılmaktadır. Başka bir deyişle, yüzyıllık zaman dilimlerinden daha kısa sürelerde kendini yenileyebilen; karasal ve sucul bitkiler, gıda endüstrisinin atıkları, hayvan artıkları, orman ürünleri ve kentsel atıklardan elde edilen organik materyallerin kullanımıyla sağlanan enerji türüdür (İllez vd., 2004).

Biyokütlenin tükenmez bir kaynak olması, her yerde yetiştirilmesi ve sosyoekonomik gelişmelere katkıda bulunması sebebiyle önemli bir enerji kaynağıdır. Biyokütle kullanımı, tükenmekte olan petrol, doğalgaz, kömür vb. gibi kısıtlı ve çevre kirliliğine neden olan fosil yakıtlara karşı enerji sorununu çözmek için önemlidir (Karaosmanoğlu, 2006: 8).

Biyoenjerji, dünya enerji kaynakları arasında dördüncü sırada yer almakta olup, hem mevcut enerji ihtiyacını karşılamakta hem de geleceğin enerji taleplerine yanıt verebilme potansiyeli ile öne çıkmaktadır (Karayılmazlar vd., 2011: 64).

Yenilenebilir enerji kaynakları için önemli bir konuma sahip olan biyokütle enerjisi, her çeşit atıklardan (bitkiler, yosunlar, otlar, gübre, algler ve sanayi atıkları) elde edilen enerji çeşididir. Biyokütle ile fotosentez yakıtları arasındaki en temel fark, fosiller yer altındaki basınç ve sıcaklıkla değişime uğrayarak yakıldıkları an havaya birden fazla zararlı maddeler salgılar ve havadaki karbondioksit dengesini bozarak küresel ısınmaya sebep olur.

Biyoküttelede ise organik maddeler fotosentez yoluyla karbondioksit harcayarak, canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni atmosfere verirler. Bu organik maddelerin yakılması sonucunda ortaya çıkan karbondioksit, fotosentez sırasında harcanan karbondioksiti karşıladığı için enerji elde edilmesi sırasında karbondioksit salınımından korunmuş olur ve böylelikle çevre kirliliği oluşturmazlar (URL-17, 2024).

Biyokütle enerjisi, artan dünya nüfusu ve hızlanan sanayileşme dolayısıyla yükselen enerji gereksinimini, çevresel kirlilik oluşturmaksızın ve sürdürülebilir bir yaklaşımla karşılayabilen en önemli kaynaklardan biridir. Bu enerji türü farklı üstünlükleri ile ön plana çıkmaktadır. Bu üstünlükler şöyle sıralanabilir (Türe 2001'den aktaran Kapluhan, 2014:101);

- Neredeyse her alanda yetiştirilebilirler.
- Üretim ve teknolojileri iyi bilinmektedir.
- Tüm ölçeklerde enerji üretimine uygunluğunun olması.
- Depolanabilir olması.
- Düşük ısı şiddetlerinin yeterli olması.
- Sosyoekonomik gelişmelerde önemli yer edinmesi.
- Çevre kirliliği oluşturmaması.
- Diğer enerji kaynaklarına nazaran sera etkisi oluşumuna daha az sebep olması.
- CO₂ atmosferde dengede durması.
- Asit yağmurlarına neden olmaması.

Türkiye'de biyokütle enerjisi potansiyeli biyokütle malzemesi üretimi açısından elverişli olup güneş, su kaynakları, iklim koşulları ve tarımsal alanın kullanılabilirliği açısından biyokütle enerjisi için fazla ölçüde kaynak sunabilecek yapıya sahiptir.

3.3.4. Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik enerji, elektrik üretimi için hareketli suyun doğal akışını bozmadan kullanılan enerji kaynağıdır (Kızılırmak, 2023: 12).

Hidroelektrik enerji, gelişmiş ve köklü teknolojik altyapısı sayesinde mevcut enerji kaynakları arasında en temiz seçeneklerden biridir. Gelişen ülkeler için büyük bir

potansiyel barındırmaktadır. Ayrıca, şehirlerin aydınlatılması ve fabrikaların çalıştırılması için gerekli olan büyük miktardaki elektriği temin etmektedir (Bozkurt ve Tür, 2010: 323).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında olan hidroelektrik enerji, sera gazı emisyonunu azaltma konusunda fosil yakıt kullanımına oranla daha fazla tercih edilir. Enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların sosyal, çevresel ve ekonomik etkileri göz önünde bulundurulduğunda ise daha çok kullanılır (Kramarz 2021'den aktaran Kızılcın, 2023).

Hidroelektrik enerji santralleri çevreye olan uyumu, yüksek verimli olması, yakıt gideri olmaması, işletme gideri çok düşük ve uzun ömürlü dışa bağlı olmayan yerli enerji kaynağıdır (Kızılcın, 2023: 12).

Hidroelektrik enerji, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye çevrilmesi sonucunda üretilmekte olup, bu süreç büyük ölçüde yağış rejimindeki değişimlere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Üst kotlardan alt kotlara doğru akan suyun taşıdığı kinetik enerji, türbinleri döndürerek elektrik enerjisi üretir. Su döngüsünün kesintisiz devam etmesi sayesinde, hidroelektrik enerji yerli, yenilenebilir ve stratejik bir enerji kaynağı olarak tükenmez (Bozkurt ve Tür, 2010: 322).

Hidroelektrik enerjinin su gücünden yararlanılmasının ekonomiye olumlu etkileri şu şekildedir (Demir 1968'den aktaran Erol, 2007):

- Dünyada kullanılan tükenbilir enerji kaynaklarına (petrol, doğalgaz, odun, kömür vb.) karşın yenilenebilir enerji kaynağı olmasıyla su gücünden daha fazla faydalanma ve enerji kaynaklarının daha uzun vadeli kullanılmasına olanak sağlar.
- Birinci kaynakların kıt olduğu ülkelerde su gücünden faydalanılarak elde edilecek olan elektrik, ekonomik gelişme için önem teşkil etmektedir.
- Elektrik üretiminde su gücüne sahip olan bir ekonomi diğer kaynaklara ihtiyaç duymadan ya da daha az ihtiyaç duyarak enerji bilançosuna olumlu katkıda bulunabilir.

Hidroelektrik enerji, Paris Anlaşması ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda, ülkeleri iklim değişikliğinin olumsuz yönlerinden (kuraklık ve taşkınlık) korumaktadır ve diğer enerji kaynaklarına kıyasla en düşük sera gazı salınımına sahiptir. Türkiye'de hidroelektrik enerjisi üretiminde baraj tipi santraller daha sık kullanılırken, nehir tipi santraller daha nadir kullanılmaktadır (Bayazıt, 2021: 444).

3.3.5. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi, deniz ve okyanus yüzeyinde oluşan dalga hareketlerinden elde edilen bir enerji türü olup, bu dalgaların meydana gelmesinde rüzgâr etkisi, gelgit

olayları ve diğer deniz dinamikleri önemli rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan dalga enerjisi, çevre dostu bir üretim yöntemi olarak kabul edilmektedir (Energy Is Future, 2024).

Dünya yüzeyindeki ısısal farklılıkların neden olduğu rüzgâr akımlarının deniz yüzeyine çarpması neticesinde oluşan deniz dalgalarındaki kuvvet, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha yoğun olarak hesaplanmıştır. Bu enerji kaynağı, ihtiyaç duyulduğunda bol miktarda temin edilebilmekte ve pek çok ülke tarafından kullanılabilir düzeydedir (Sağlam vd., 2005: 1).

Dalga enerjisi, güneş ve rüzgâr enerjisine kıyasla daha yüksek enerji yoğunluğu ve gün boyunca daha geniş bir kullanılabilirlik süresine sahiptir. Bu özellikleri, dalga enerjisinin daha istikrarlı ve verimli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak öne çıkmasını sağlamaktadır. Son zamanlarda güneş ışınlarından elektrik üretimi yapan güneş panellerinin kullanılması teknolojik gelişmelere sahip olmakla birlikte, güneşin dünya yüzeyini farklı sıcaklıklarda ısıtması ile de yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi oluşmaktadır. Rüzgârın ise deniz ve okyanus yüzeylerinde esmesiyle dalga oluşumu meydana gelmektedir. Rüzgâr sebebiyle üretilen bu dalgalar elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır (Altaş vd., 2019: 44).

Dalga enerjisinin olumlu yönleri şu şekildedir (Sağlam ve Uyar, 2005: 2):

- Güç kaynağının sonsuz ve çok olması,
- Elektrik şebekesinin bulunmadığı alanlara elektrik sağlaması,
- İş sahası açma,
- Tuzlu suyun tatlı suya dönüştürülüp ihtiyaç duyulan bölgeye pompalanması,
- Deniz ortamında yapılacak bir diğer çalışmalarda mevcut teknolojinin kullanımına imkân sağlaması,
- Deniz dibi zenginliklerini yüzeye ulaştırması ve kıyıların korunması gibi alanlara yeni yaklaşım getirmektedir.

Dalga enerjisi çoğu zaman dönüştürücü olarak kullanılan cihazlar aracılığı ile toplanır ve bu cihazlar dalga hareketlerini hidrolik veya mekanik enerjiye dönüştürerek elektrik enerjisi üretir. Dalga enerjisi; dönüştürücüler, salınım çubukları, deniz dibinde sabitlenmiş cihazlar, yüzey platformlar gibi çeşitli tasarımlara sahip ve kıyı bölgelerdeki enerji ihtiyacını karşılamak için daha iyi bir seçenek olmaktadır. Ayrıca, denizdeki dalga enerjisi de devamlı bir kaynaktır ve hava koşullarından bağımsız olarak elektrik üretir. Dalga enerjisi teknolojisi, denizlerdeki ve okyanuslardaki enerji potansiyelini değerlendirmenin yanı sıra, kıyı alanlarında temiz ve sürdürülebilir enerji sağlama konusunda önemlidir. Fakat bu teknolojinin ticari ölçekte kullanılabilmesi için daha

fazla araştırma, geliştirme ve maliyet düşürme çalışması gerekmektedir (Energy Is Future, 2024).

Dalga enerjisinin ekonomik ve başarılı kullanımı, büyük ölçüde yalnızca dünyanın belirli bölgelerinde gözlemlenmektedir. Bu bölgeler arasında Washington, Oregon ve Kaliforniya eyaletleri; Kuzey Amerika'nın batı kıyısının diğer alanları; ayrıca İskoçya, Afrika ve Avustralya kıyıları yer almaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde, dalga enerjisi, yalnızca ilk yatırım ve bakım giderleri dışında ek maliyet yaratmayan, doğaya zarar vermeyen, ekonomik, temiz ve çevreci özellikleri sayesinde yüksek bir güç yoğunluğu sunmaktadır. Gel-git enerjisinin, fiziksel olayların belirgin olduğu okyanus kıyılarında kullanılabilirliği göz önüne alındığında, bu enerji Türkiye açısından öncelikli bir seçenek oluşturmamaktadır. Ancak, Marmara Denizi hariç olmak üzere yaklaşık 8200 km'lik kıyı uzunluğuna sahip ülkemiz için dalga enerjisi, önemli bir potansiyel barındırmaktadır.

Türkiye'de dalga enerjisinden verimli bir şekilde yararlanmak için en uygun deniz bölgeleri, İzmir ile Antalya arasında ya da Dalaman ile Finike arasına denk gelen alanlardır. Ülkemizin batı kıyıları, özellikle kuzey kesimleri, dalga enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengindir. Bu bölgelerde, Tip 2a ve Tip 3a (sabit OWC) sistemlerinin kurulmasıyla küçük yerleşimlerin elektrik ihtiyacı sürekli olarak karşılanabilmektedir. Böylece, orta vadede yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik enerjiye destek sağlanırken, uzun vadede dalga enerjisinin kullanımını artırmak için önemli fırsatlar geliştirilebilir (Demirci, t.y.).

3.4. Ekolojik Ayak İzini Azaltma Üzerine Gerçekleştirilen Uluslararası Anlaşmalar

3.4.1. Viyana Sözleşmesi

Ozon tabakasını zayıflatan maddelerin ilk kez gündeme taşınması, 1976 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) Yönetim Konseyi'nde gerçekleşmiştir. Ardından, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve UNEP işbirliğiyle, ozon tabakasında meydana gelen değişimleri düzenli biçimde gözlemlemek üzere Ozon Tabakası Koordinasyon Komitesi (CCOL) oluşturulmuş; 1977'de bu alanda uzmanların katıldığı ilk toplantılar düzenlenmiştir. Ozon tabakasını incelten maddelerin (OTİM) sınırlandırılmasına yönelik hükümetler arası görüşmeler 1981 yılında başlamış ve bu süreç sonucunda 1985'te Ozon Tabakasının Korunmasına dair Viyana Sözleşmesi kabul edilmiştir.

Viyana Sözleşmesi, ozon tabakasının düzenli olarak izlenmesi, CFC üretiminin kontrol altına alınması ve bu konuda bilgi paylaşımının artırılması hususunda hükümetler arası işbirliğini teşvik etmiştir. Sözleşme, yasal bağlayıcılığı olan spesifik kontroller veya hedefler öngörmeyen, daha ziyade bir çerçeve anlaşması niteliğindedir. Taraf devletlere, ozon tabakasını olumsuz yönde etkileyen insan kaynaklı faaliyetlere karşı çevre ve insan sağlığını korumak amacıyla genel önlemler alma görevi verilmiştir. Bu anlaşmanın ardından, ozon tabakasına zarar veren maddelerin üretim ve kullanımını düzenleyip kısıtlayacak bir protokol geliştirme süreci hızlanmış; neticede, Eylül 1987’de Montreal Protokolü kabul edilmiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Başkanlığı).

3.4.2. Montreal Protokolü

Viyana Sözleşmesi’nin imzalanmasından iki ay sonra, Mayıs 1985’te İngiliz araştırma grubunun Antarktika’da ozon tabakasının zarar gördüğünü tespit etmesi ve kısa bir süre sonra NASA’nın, ozon tabakasındaki incelmenin tüm Antarktika bölgesini kapsadığını gösteren görüntüleri yayınlaması, bu sorunun basında ve kamuoyunda yeniden gündeme gelmesini sağlamıştır. Bu gelişme, uluslararası girişimlerin hızlanmasına zemin hazırlamıştır (Hammit 1997’den aktaran, Duru).

Viyana Sözleşmesi’nin öngördüğü doğrultuda, bağlayıcılığı olan bir protokol hazırlanması amacıyla, Nisan 1987’de Cenevre’de düzenlenen toplantıda, 1990’dan itibaren CFC tüketimlerinin belirlenen düzeyde dondurulması ve 1992’ye kadar bu seviyeden %20 oranında azaltılması hususunda uzlaşmaya varılmıştır. Aynı yıl Eylül’de Montreal’de gerçekleştirilen toplantıda, bağlayıcı hükümler içeren bir protokol oluşturulması da kararlaştırılmıştır. 16 Eylül 1987’de imzalanan Montreal Protokolü, ozon tabakasına zarar veren maddelerle ilgili olarak Cenevre’de üzerinde uzlaşılan düzenlemeden farklı yükümlülükler getirmektedir. Protokol, CFC tüketiminin daha uzun bir zaman diliminde, ancak daha yüksek oranlarda azaltılmasını öngörmektedir. Buna göre, taraf devletler beş tür CFC kullanımını 1989’a kadar 1986 seviyesinde donduracak, 1993’e kadar bu seviyeden %20 ve 1998’e kadar %30 oranında azaltmaya gideceklerdir. Gelişmekte olan ülkelere ise aynı yükümlülüklerle uyum sağlamaları için ek 10 yıl süre tanınmıştır; yani, taraf devletler 1998’e kadar CFC tüketimini yaklaşık yarıya indireceklerdir. Ayrıca, protokol, Şubat 1992’den itibaren üç tür halon tüketiminin 1986 düzeyinde dondurulmasını öngörmektedir (Thompson 1997’den aktaran Duru, 308).

Montreal Protokolü, 196 ülkenin onayladığı, çevre alanında oluşturulmuş en başarılı çok taraflı anlaşma olarak kabul edilmektedir. Türkiye, protokole 19 Aralık 1991 tarihinde taraf olmuş; bugüne kadarki tüm değişiklikleri kabul ederek uygulamada önemli bir başarı sergilemiştir. Montreal Protokolü kapsamında yürütülen ulusal ve uluslararası çalışmaların takibi ise Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın koordinasyonu altında gerçekleştirilmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı).

3.4.3. Stockholm Sözleşmesi

22 Mayıs 2001'de Türkiye dahil 125 ülke, kalıcı organik kirleticilerin (KOK) emisyonlarını azaltmayı ve ortadan kaldırmayı amaçlayan Stockholm Sözleşmesini imzalamıştır. Ayrıca bu sözleşme Birleşmiş Milletler Çevre Programının (UNEP) adı altına 17 Mayıs 2004'te yürürlüğe girerek, insan sağlığını ve çevreyi kalıcı organik kirleticilerden korumayı amaçlamaktadır. Sözleşme, üye devletlerin bu zararlı maddelerin üretim, kullanım ve yayılımını kontrol altına alarak, küresel ölçekte çevrenin korunmasını sağlamayı hedefler (URL-19, 2024)

Sözleşmenin tarafları;

- Kalıcı organik kirleticiler, zehirli özellikleri nedeniyle doğada kolayca ayrışmazlar. Bu özellikleri sayesinde, biyolojik organizmalar ve ekosistemler içinde birikim yaparlar. Hava, su ve göçmen türler aracılığıyla uluslararası sınırları aşarak, salıverildikleri noktalardan çok daha uzak bölgelerde bile birikebilme eğilimindedirler. Bu durum, çevre ve insan sağlığı açısından büyük riskler oluşturduğunu göstermektedir,
- Başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere, KOK'a maruz kalmalarından kaynaklanan sağlık sorunlarının olumsuz etkilerinin farkında olmak,
- Bu sözleşme ile ticaret ve çevre alanındaki diğer uluslararası anlaşmaların karşılıklı olarak birbirini desteklediklerini bilmek,
- Basel ve Rotterdam Sözleşmesi'nin 11. Maddesi çerçevesinde bölgesel anlaşmalar dahil olmak üzere, uluslararası ticarete konu olan tehlikeli maddeler ve pestisitlerle ilgili çevre sözleşmelerinin kuralları dikkate alınarak,
- Gelişmekte olan ülkeler, özellikle en az gelişmişler ve ekonomik dönüşüm sürecinde olan ülkeler koşullarını, özel şartlarını, kimyasal maddelerin yönetimine ilişkin ulusal kapasitelerin teknoloji transferi, mali ve teknik yardım sağlamasıyla taraflar arasında iş birliğinin teşvik edilmesi yoluyla güçlendirilmesi gerektiğini dikkate alarak,

- Kalıcı organik kirletici üreticilerinin, ürünlerinin yol açtığı olumsuz etkileri azaltma yükümlülüğünü üstlenmeleri ve kullanıcılara, hükümetlere ile kamuoyuna bu kimyasal maddelerin tehlikeli özellikleri konusunda bilgi aktarımının sağlanmasının önemi, çevresel risk yönetimi ve kamu sağlığı açısından kritik bir rol oynamaktadır.

- Pestisitler ve sanayide kullanılan kimyasal maddelerle ilgili düzenleyici programların bulunmadığı tarafların, bu alanda kapsamlı düzenleyici uygulamalar geliştirmeleri için desteklenmesi önem arz etmektedir.

- Kimyasal maddelerin geliştirilmesi sürecinde, çevreye duyarlı alternatif yöntemlerin benimsenmesinin ve uygulanmasının öneminin kabul edilmesi,

Taraflar, insan sağlığını ve çevreyi kalıcı organik kirleticilerin zararlı etkilerinden korumak amacıyla, yukarıda belirtilen Stockholm Sözleşmesi hükümleri üzerinde anlaşmaya varmışlardır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından hazırlanan ve kalıcı özellikleri nedeniyle çevre ile insan sağlığı üzerinde olumsuz etki yaratan 12 kimyasal maddenin kullanımını yasaklayan veya sınırlayan “Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stockholm Sözleşmesi”, Türkiye’de 12 Ocak 2010 tarihinde resmi olarak yürürlüğe girmiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı).

3.4.4. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (Bmıdçs)

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından 1988’de ortaklaşa kurulan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli’nin (IPCC), insan kaynaklı küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine dikkat çekmesi sonucu, 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzaya açılmıştır. Aralarında Türkiye’nin de yer aldığı 197 ülke bu sözleşmeye taraf olmuştur (URL-20, 2024). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), Avrupa Birliği’nin onayıyla 1994 yılında yürürlüğe giren ilk çevre anlaşması niteliğindedir. Sözleşme, insan kaynaklı kirliliğin iklim değişikliği üzerindeki olumsuz etkilerini vurgularken, sera gazı yoğunluğunu düşürmeyi ve bu gazların yol açtığı zararları asgari düzeyde tutmayı hedeflemektedir. Böylece sosyo-ekonomik ve çevresel sonuçları hafifletecek çeşitli önlemlerin alınabileceği öngörülmektedir (Lovett 2005’den aktaran Çetintaş, 2017: 152).

Bu sözleşmenin ve Taraflar Konferansınca benimsenebilecek tüm yasal düzenlemelerin temel amacı, sözleşmenin esasları doğrultusunda, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunu insan kaynaklı etkilerin iklim sistemi üzerindeki zararlı etkisini kontrol edebilecek seviyede dengeye ulaştırmaktır. Bunun yanı sıra, ekosistemlerin iklim değişikliğine doğal yollarla uyum sağlayabilmesi, gıda üretiminin güvence altına

alınması ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir biçimde devam etmesine olanak tanıyacak bir zaman çerçevesi içinde bu hedefe ulaşılması öngörülmektedir (URL-21, 2024).

Sözleşmenin Temel İlkeleri

Sözleşmenin amaçlarına ulaşması ve hükümlerini yerine getirmesi için tarafların yapacakları eylemlerde, diğer hususlar eşliğinde aşağıdaki maddeler yol gösterecektir.

Taraflar;

- İklim değişikliğinin nedenlerini önceden tahmin etmek, önlemek ya da en aza indirmek ve zararlı etkilerini azaltmak için önlemler almalıdır.
- Sözleşmeye taraf olan gelişmekte olan ülkelerin, özellikle iklim değişikliğinin olumsuz yanlarına karşı savunmasız, fazla ya da anormal yük altında olanların ihtiyaç ve özel koşulları önemslenmelidir.
- Ekonomik gelişmenin gerekli olduğu göz önünde bulundurulmalı ve sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi, bu hakkın kullanılmasının yanı sıra aktif olarak teşvik edilmelidir.
- Özellikle gelişmekte olan ülkeler söz konusu olduğunda, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmayı teşvik edecek, aynı zamanda iklim değişikliğiyle daha yakından ilgilenmelerine imkan tanıyacak şekilde destekleyici bir uluslararası ekonomik sistemin oluşturulması amacıyla iş birliğine gidilmelidir.
- İklim değişikliğine karşı benimsenen önlemler, tek taraflı uygulamalar da dahil olmak üzere, keyfi veya haksız ayrımcılık yaratabilecek ya da uluslararası ticareti örtülü şekilde kısıtlayabilecek bir araç şeklinde düzenlenmemelidir (United Nations Framework Convention On Climate Change, 1992: 7).

3.4.4.1. Türkiye'nin BMİDÇS'ye Taraf Olması

Ülkemiz, 16 Ekim 2003 tarihli ve 4990 sayılı kanunda öngörülen uygunluk koşullarını yerine getirerek, 21 Ekim 2003 tarihli ve 25266 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan düzenleme doğrultusunda, 24 Mayıs 2004 tarihinde 189. Taraf Ülke statüsünde sözleşmeye katılmıştır. Sözleşmenin yürürlüğe girdiği dönemde, Türkiye her iki ekte de yer almaktaydı. OECD'nin kurucu üyesi olarak gelişmiş ülkeler arasında yer alan ülkemiz, sözleşmenin EK-I ve EK-II listelerine dahil edilmiştir. Ayrıca, 2001 yılında gerçekleştirilen 7.Taraflar Konferansı'nda alınan karar neticesinde, BMİDÇS'nin EK-I listesindeki farklı konumu tanınarak EK-II listesinden çıkarılması hususunda uzlaşa sağlanmıştır.

BMİDÇS'nin en üst karar alma organı olan Taraflar Konferansı'nda, kararlar tüm taraf ülkelerin oy birliği ile alınmaktadır. Türkiye, ilk Taraflar Konferansı toplantılarından itibaren çeşitli gündemler kapsamında konumunun değiştirilmesi gerekliliğini öne sürmüştür; özellikle Kyoto Protokolü'nün kabul edildiği 3. Taraflar Konferansı (1997) sonrasında, sözleşme kapsamındaki konumunun revize edilmesi gerektiğini resmi olarak beyan etmiştir. Buna ek olarak, 2001 yılında Türkiye'nin Ek-II listesinden çıkarılması, tüm taraf ülkelerin oy birliğiyle alınan bir karar sonucudur (URL-22, 2024).

3.4.5. Kyoto Protokolü

Küresel iklim değişikliği, insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarının yarattığı ısı tuzaklama etkisi neticesinde iklim sisteminde meydana gelen değişiklikler olarak tanımlanmaktadır. Bu durum, öncelikle ekolojik sistemler olmak üzere sosyokültürel ve ekonomik alanlarda da etkili olan, çok boyutlu ve karmaşık bir küresel sorun olarak ele alınmaktadır. Ayrıca, küresel iklim değişikliğinin gezegenimizde biyoçeşitliliğin azalması, deniz seviyelerinin yükselmesi, sıcaklık artışı, kuraklık, hastalıkların yaygınlaşması ve gıda güvenliğinin tehlikeye girmesi gibi olumsuz sonuçlar doğuracağı hususunda farkındalık oluşmuştur (Cary ve Stephens, 2024).

Küresel ısınmanın yol açtığı çevresel sorunlar ve bu sorunların canlı yaşamı üzerindeki olumsuz etkilerinin farkına varılması, dünya çapında bir çevre bilincinin gelişmesine neden olmuş; uluslararası alanda kirliliğin önlenmesi amacıyla çeşitli adımlar atılmaya başlanmıştır (Çömert vd., 2013: 884).

Bu gelişmeler neticesinde, 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kabul edilmiştir. Sözleşmenin temel amacı, atmosferdeki sera gazı birikiminin tetiklediği tehlikeli insan kaynaklı etkileri, iklim sistemi üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmayacak düzeye indirerek durdurmaaktır. Böylelikle, ekosistemin iklim değişikliğine doğal yollarla uyum sağlayabilmesi, gıda üretiminin olumsuz etkilenmemesi ve ekonomik gelişmenin sürdürülebilir biçimde devam etmesi hedeflenmektedir (URL-23, 2024).

Bu sözleşmenin imzalanmasının ardından Kyoto Protokolü 1997 yılında sera gazı salınımlarını azaltmak için yürürlüğe girmiştir (Binboğa, 2017: 208). Kyoto Protokolü, karbondioksit emisyonlarını azaltmak ve küresel iklim değişikliğinin sonuçlarını kolaylaştırmak amacıyla 1997 yılında imzalanan uluslararası bir anlaşmadır (Cary ve Stephens, 2024).

BMİDÇS'nin ilk uygulama sözleşmesi niteliğinde olan Kyoto Protokolü, 1997'de kabul edilmesine karşın ancak 2005 yılında yürürlüğe girebilmiştir. Protokol kapsamında ülkeler iki farklı kategoriye ayrılmıştır.

İlk taahhüt dönemi, 2008–2012 yıllarını kapsamakta olup, Sözleşme'nin Ek-1 listesinde yer alan ülkelerin 1990 yılı salınım düzeylerine kıyasla en az %5'lik bir azaltım yapma yükümlülükleri bulunmaktadır. Öte yandan, Kyoto Protokolü'nün Ek-B listesinde tanımlanan ikinci taahhüt dönemi 2013–2020 yıllarını içermekte ve 2020 yılı itibarıyla 1990 düzeyine kıyasla en az %18 oranında azaltım hedeflenmektedir (URL-24, 2024). Ek-I listesinde gelişmiş ülkeler, Ek-II listesinde ise gelişmekte olan ülkeler yer almaktadır. Gelişen ülkeler (Ek-I) sera gazı salınımlarını azaltmayı tercih ederken, Ek II ülkeleri ise Ek I'de yer almayan gelişmekte olan ülkelerin borçlarını ödemekle yükümlü tutulmuşlardır. Gelişen ülkelerin (Ek-I) dışındaki ülkelerin sera gazı sorumlulukları yoktur fakat her yıl düzenli olarak sera gazı envanter raporu vermektedirler (Çömert vd., 2013: 884).

Birinci Taahhüt Dönemi kapsamında yükümlülük altına giren ülkeler; Avustralya, Japonya, Rusya ve Kanada olarak belirlenmiştir. Buna karşın, İkinci Taahhüt Dönemi'nde taraf ülkelerden herhangi bir zorunluluk öngörülmemiştir. Kyoto Protokolü'nün İkinci Taahhüt Dönemi'nin yürürlüğe girebilmesi için 144 ülkenin onayına ihtiyaç duyulmuş ve bu dönem 31 Aralık 2020 tarihinde resmîyet kazanmıştır.

Türkiye, Kyoto Protokolü'ne 2009 yılında taraf olmuştur. Ancak 1997 yılında Protokolün kabul edildiği sırada BMİDÇS üyesi konumunda yer almadığı için, emisyon azaltım ve kısıtlama yükümlülüklerinin belirtildiği Ek-B listesine dahil edilmemiştir. Bu nedenle, Türkiye'nin Kyoto Protokolü kapsamında sayısallaştırılmış sera gazı emisyon azaltım veya kısıtlama taahhüdü bulunmamaktadır (URL-25, 2024).

Türkiye, OECD üyesi olarak, 5386 Sayılı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamındaki Kyoto Protokolü'ne katılım sağlamayı uygun bulmuş ve bu karar 5 Şubat 2009 tarihinde TBMM'de kabul edilmiştir. Ardından, 13 Mayıs 2009 tarihli Bakanlar Kurulu kararıyla protokol 26 Ağustos 2009 itibarıyla resmî biçimde onaylanarak taraf statüsüne geçilmiştir.

Kyoto Protokolü'nün asıl gayesi, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunu, iklim üzerinde tehdit oluşturmayacak bir seviyede sabit tutmayı güvence altına almaktır. Bu çerçevede, protokol, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik olarak sanayileşmiş ülkelere bağlayıcı hedefler öngörmektedir. Ayrıca, Kyoto Protokolü kapsamında taraf ülkelerin hem ortak hem de farklı sorumlulukları bulunmaktadır (Çömert vd., 2013: 885).

Bütün taraflar;

- Ulusal emisyonu düşürmek,
- Emisyonlara ait veri kalitesini artırma yönünde ilerleme sağlamak,
- Çevreye dost teknolojiler geliştirmek ve bu teknolojilere rahat erişebilmek,
- İklim değişikliğiyle ilgili eğitim, öğretim gibi faaliyetlere destek olmak,
- İklim değişikliğiyle alakalı araştırmalar ve çalışmalar için iş birliklerini artırmakla mesuldürler.

3.4.6. Paris Anlaşması

Paris Anlaşması, temel olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi üzerine inşa edilmiştir. Kyoto Protokolü'nün sona ermesinin ardından, 2020 sonrası iklim değişikliğiyle mücadeleleri düzenlemeyi hedeflemektedir (T.C Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı).

Paris Anlaşması, sözleşmenin 197 tarafın tamamının olduğu kapsamlı, dengeli ve sürdürülebilir uluslararası anlaşmadır. Paris Anlaşmasının tarihteki en hızlı yürürlüğe giren ve tarafların geniş katılımına sahip uluslararası anlaşmalardan biri olduğu kanıtlanmıştır. Paris Anlaşmasından beklenen; küresel dünyanın ortak hedeflerine ulaşması amacıyla ülkelerin anlaşma kapsamındaki temel ve yöntemle sorumluluklarını yüksek kalitede yerine getirebilmeleridir. Ayrıca teşvik ederek anlaşmanın sürekli iyileştirecek etkili kurallar sistemi uygulamasını oluşturabilmesi ve işletebilmesi beklenmektedir (Chao vd., 2016).

3.4.6.1. Paris Anlaşması ile Belirlenen Küresel Hedefler

Paris anlaşmasında üç küresel hedef belirlenmektedir. İlk hedef, küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelere göre 2°C'nin altında tutabilmek ve sıcaklık artışını 1,5 °C üzerinde sınırlamaya yönelik çalışmaları devam ettirebilmektir. Taraflar aynı zamanda iklim değişikliği riskini ve etkisini büyük ölçüde azaltacağına, düşük seviyede sera gazı emisyonlarıyla kalkınmanın sağlanacağını farkına varmaktadır. Bu maddenin amacı, sözleşmenin atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun, iklim sistemine tehlikeli insan müdahalesini önleyecek düzeyde sabitlenmesi gerektiği şeklinde 2. maddesini tekrarlamaktadır (Ruo-Shui Sun vd., 2022: 603).

Emisyonun azaltımı konusunda önemli bir yapı taşı olan “Niyet Edilen Ulusal Katkı” (INDC) taahhütlerinin yerine getirebilmesi gerekmektedir. MFA'nın uygulanabilmesi için gerekli maddi kaynakların oluşturulması, etkin bir şekilde

yönetilerek uygun ülke ve alanlara aktarılması öngörülmektedir. Bu çerçevede, anlaşmanın temel önceliği gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarının azaltılmasıdır.

Paris Anlaşması, iklim değişikliğine ilişkin yasal açıdan bağlayıcı uluslararası bir anlaşmadır. 12 Aralık 2015'te Fransa'nın Paris kentinde düzenlenerek Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı'nda 197 ülke tarafından kabul edilmiştir. Çok taraflı iklim değişikliği müzakerelerinde önemli bir dönüm noktası olarak görülen bu anlaşma, yasal bağlayıcılık unsurlarını ilk kez aynı çerçevede buluşturarak, ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadele ve bu değişikliğin etkilerine uyum sağlama çabalarında ortak bir platformda bir araya gelmesini hedeflemektedir (Bozoğlu 2019' dan aktaran Kaya, 2020).

Paris Anlaşması Aşağıdakiler Üzerinde Durmuştur (Stallerd Esme, 2024):

- Sanayi öncesi dönemde kaydedilen sıcaklıkların 2,0° üzerinde olabildiğince altında tutmaya çalışmak için çabaları devam ettirmek,
- Küresel sıcaklık artışlarını 1,5°C ile sınırlandırmak,
- Her ülke kendi emisyon azaltım hedeflerini belirleyecek ve bu hedefleri artırmak için 5 yılda bir kontrol edilecektir,
- İnsan faaliyetlerinin neden olduğu sera gazı emisyonlarını 2050-2100 yılları arasında ağaçların, toprağın ve okyanusların net sıfır seviyesi ile aynı seviyeyle sınırlandırmak,
- Zengin ülkelerin, iklim değişikliğine uyum sağlamaları ve yenilenebilir enerjiye geçmeleri için iklim finansmanı sağlanarak yoksul ülkelere yardım edilecektir.

Paris Anlaşması, 2020 sonrası iklim değişikliği çerçevesini oluşturacak temel belge olarak 2015 yılında Paris'te düzenlenen BMİDÇS 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. COP 21'de, 2020 sonrası dönem için ilk defa, tüm ülkeler sera gazı emisyonlarını azaltma yükümlülüğünü üstlenmek zorunda bırakılmıştır. Anlaşmanın, küresel sera gazı emisyonlarının %55'ini kapsaması ve en az 55 ülkenin onayını alması şartıyla 5 Ekim 2016'dan itibaren yürürlüğe girmesi, 4 Kasım 2016 tarihinde resmîyet kazanmasını sağlamıştır. Böylece Paris Anlaşması, kabulünden yalnız bir yıl sonra yürürlüğe giren ilk küresel anlaşma olma özelliği taşımaktadır.

Paris Anlaşması'nın, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ile kıyaslandığında en çarpıcı yönü, tüm ülkelerin gönüllülük esasıyla belirlediği katkılara dayalı bir sistem öngörmesidir. Ayrıca, iklim değişikliğiyle mücadele bağlamında ulusal katkılar, uyum, kayıp ve zararlar, azaltım, finansman,

teknoloji geliştirme ve transferi, kapasite oluşturma, şeffaflık ve uygulamaların değerlendirilmeye tabi tutulması gibi unsurları tek bir çerçeve içerisinde toplayarak bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

Türkiye, 22 Nisan 2016'da New York'ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde, 175 ülke temsilcisiyle birlikte Paris Anlaşması'nı imzalamış ve bu süreçte "gelişmekte olan ülke" statüsüne vurgu yaptığı ulusal beyanını sunmuştur. Anlaşma, 7 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanı Kararı ile onaylanarak iç hukuk süreci tamamlanmış; onay belgesi ve ulusal beyan, 11 Ekim 2021 tarihinde Birleşmiş Milletler Sekreterliği'ne iletilmiştir (T.C Dışişleri Bakanlığı).

3.5. Avrupa Yeşil Mutabakatına Genel Bakış ve Mevcut Durum

İklim değişikliğiyle mücadele edip sürdürülebilir bir yaşam ortamına ulaşma hedefinde "Yeşil Mutabakat" ifadesi, ilk olarak Ocak 2007'de Thomas Friedman tarafından kullanılmıştır. Avrupa Birliği, 11 Aralık 2019 tarihinde yaptığı açıklamayla, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın (European Green Deal) kapsamlı bir politika ve eylem planı niteliğini taşıdığını ilan etmiştir. Bu mutabakatın temel gayesi, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasında denge oluşturmak olup, söz konusu dengeyi sağlarken özellikle çevrenin korunmasına öncelik vererek sürdürülebilir kalkınma, yenilenebilir enerji ve iklim değişikliğiyle mücadele hedeflerine odaklanmaktadır (European Commission, 2019).

Paris İklim Anlaşması'nın getirdiği yeşil dönüşüm sürecine paralel olarak, Avrupa Birliği'nin stratejik yol haritası olarak Avrupa Yeşil Mutabakatı (EGD) oluşturulmuştur. Avrupa Komisyonu tarafından 11 Aralık 2019'da duyurulan bu girişim, AB'nin 2050 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonuna ulaşarak Avrupa'yı dünyanın ilk "iklim nötr kıtası" yapmayı amaçlayan kapsamlı ve modern bir büyüme stratejisidir (Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı AB İşleri Başkanlığı).

Avrupa Yeşil Mutabakatı, AB'yi destekleyen, eşit, kalkınmış, refah içinde, üretken ve başarılı bir topluma dönüştürmeyi amaçlayan yeni bir büyüme stratejisidir. AB'nin 2030 sürdürülebilir kalkınma hedefine yönelik planın önemli bir parçası olup, ayrıca vatandaşları çevresel zararlardan ve dış etmenlerden korumayı, adaletli ve daha kapsamlı olmayı hedeflemektedir. EGD için refah, ekonomi politikasının merkezine yerleştirilecektir (Fetting, 2020: 5).

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı oluşturan sekiz temel alan mevcuttur:

- 1) Avrupa Birliği'nin 2030 ve 2050 için iklim hedefinin yükseltilmesi,
- 2) Temiz, uygun maliyetli ve güvenli enerji sağlanması,

- 3) Sıfır ve dönüşümlü bir ekonomi için sanayinin harekete geçmesi,
- 4) Enerji ve kaynak verimli bir şekilde yenilenip inşa edilmeli,
- 5) Zehirsiz bir çevre hedefi için sıfır kirlilik,
- 6) Biyolojik çeşitliliğin ve ekosistemlerin korunması ve güçlendirilmesi,
- 7) Tarladan sofraya: eşit, sağlıklı ve çevre dostu gıda sisteminin uygulanması,
- 8) Sürdürülebilir ve aynı zamanda akıllı hareketliliğe geçişin hızlandırılmasıdır.

Yeşil Mutabakat, Avrupa Birliği'nin büyüme stratejisinin ayrılmaz bir parçası olarak, kıta genelinde iklim nötrlüğüne ulaşmayı, doğal yaşamı korumayı ve yalnızca insan haklarını değil, diğer canlıların yaşam hakları, yaşam alanları ve refah düzeylerini de sürdürülebilir kılmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, AB, 2050 yılına kadar kıta sınırları içerisinde iklim bakımından nötr bir yapıya kavuşarak kirliliği asgariye indirmeyi; aynı zamanda, şirketlerin temiz ürün ve teknolojiler alanında küresel ölçekte öncü konuma gelmelerine destek sağlayacak, adil ve kapsayıcı bir geçiş süreci oluşturmayı amaçlamaktadır (European Commission: 2019).

Yeşil Mutabakat, yasal bir düzenleme olmanın ötesinde, güçlendirilmiş siyasi bir hareket olarak öne çıkmaktadır. AB'nin şimdiye kadar doğrudan yer aldığı en büyük karbonsuzlaşma taahhüdü olarak değerlendirilen bu inisiyatif, Avrupa'nın 2050 yılına dek iklim açısından nötr bir kıta olma hedefiyle ilgili bağlayıcı bir taahhüdü bulunmaktadır (Chitanava vd., 2021'den aktaran Yolcu, 2023). Bu doğrultuda, Temmuz 2021'de gündeme getirilen "Fit For 55" yasası, Avrupa Birliği ekonomisindeki tüm sektörlerin söz konusu hedefe uyumunu sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, benzeri birçok düzenleme de 2030'a kadar en az %55 oranında emisyon azaltımını hedefleyerek, 2050 için belirlenen iklim amaçlarına ulaşmada kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatının odak noktasında aşağıdaki amaçlar vardır:

- Ekonomi ve toplumları dönüştürmek,
- Sürdürülebilir ulaşım,
- Yeşil endüstri devrimi,
- Enerji sistemini temizlemek,
- Yeşil yaşam tarzları için binaları yenilemek,
- Doğa ile işbirliği yaparak gezegeni ve sağlığı korumak,
- Küresel iklim eylemini artırmak,

Avrupa Yeşil Mutabakatı, Avrupa'nın iklim değişikliğiyle mücadelede lider bir rol üstlenme arzusu ve yeşil geçişin hem insanlar hem de endüstriler için yararlı olmasını

hedefleyen kararlı taahhüdünün bir yansımasıdır. Ayrıca, bu mutabakat endüstrileri doğrudan etkileyen temel düzenleyici çerçeveleri de içermektedir.

Tablo 1. Avrupa Yeşil Mutabakatı temel düzenlemeler

Sınırdaki Karbon düzenleme mekanizması (SKDM)	AB'ye ithal edilen ürünlerin üretiminde salınan karbon emisyonlarına göre karbon ücreti ödemesini uygun gören uygulamadır. Karbon kaçağı oluşma riskinin yüksek olduğu sektörlerde uygulanır. AB'ye ihracat yapan firmaları doğrudan etkiler.	Demir- çelik, gübre, alüminyum, elektrik ve çimento sektörleri.
Yenilenebilir Enerji direktifi	AB'nin 2030 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının payını %32'ye çıkarmayı hedefler. Enerji yoğun sektörlerde yenilenebilir enerji teşvik etmek için yeni kurallar getirir.	Demir-çelik sektöründe hidrojen kullanımının artırılması. Elektronik sektöründe enerji verimliliği standartlarının yükseltilmesi.
Döngüsel ekonomi eylem planı	Kaynak verimliliğini artırmak, atık üretimini azaltmak ve ürünlerin ömrünü uzatmak için hazırlanan eylem planıdır. Ürün tasarımı, tüketim ve geri dönüşüm süreçlerine kadar tüm değer zincirini kapsar.	Tekstil, elektronik ve plastik sanayileri. Elektronik cihazların uzun ömürlü, tamir edilir ve geri dönüştürülebilir olmasını sağlamak.
Farm to fork (Çiftlikten Çatala) Stratejisi	AB'nin gıda sisteminin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Strateji, Kimya sektörünü etkilemektedir.	Biyoçeşitliliğe zarar veren kimyasal zirai ilaçlar, antibiyotikler ve gübrelerin kullanımının azaltılması gibi önlemler alınır.

Yeşil mutabakat, iş dünyası ve endüstrilere sürdürülebilirliği ve yeşil inovasyonu teşvik etme fırsatı sunmaktadır. Ayrıca, küresel iklim eylemine öncelik tanıyıp uluslararası işbirliğini artırmaktadır (URL-26, 2024).

AYM, iklimi koruyan temiz ve döngüsel ekonomiye dayalı yeni bir büyüme modelidir. AYM, AB'nin bu hedeflere ulaşmak için geliştirilmiştir ve 2050 yılına kadar sıfır emisyon sağlayarak Avrupa'nın dünyanın ilk iklim nötr kıtası yapmayı hedeflemektedir. AB, 2021 yılında ilk AB İklim Yasasını kabul etmiş ve Avrupa'nın 2050 yılına kadar iklim açısından nötr olma hedeflerini ve 1990'a kıyasla 2030 yılına kadar %55 daha az emisyon hedeflemektedir.

AYM, doğru zamanda elverişli ortam hazırlayarak önceliğini insanları geçiş merkezine koymaktadır. Bu nedenle hem temiz geçişte savunmasız olanları hem de iklim değişikliğinin etkilerinden en fazla etkilenenlere destek sağlayarak temiz geçişin adil ve doğru olmasını sağlamaktadır. Adil geçiş fonu ile bölgelerin, çalışanların becerilerini ve yeşil ekonomide başarılı olmalarını desteklemektedir (European Commission, 2021).

3.5.1. Fit For Paketi

Avrupa İklim Yasası, Avrupa Birliği'nde 2030 yılına kadar emisyonların en az %55 azaltılması hedefine yasal bağlayıcılık kazandırmıştır. Aynı zamanda, Avrupa Birliği mevzuatının gözden geçirilerek güncellenmesini ve Konsey ile Avrupa Parlamentosu tarafından belirlenen iklim hedefleriyle uyumluluğunu sağlamak amacıyla uygulamaya konulacak yeni girişimler için öneriler sunmaktadır.

Bu paket, AB'nin iklim hedeflerine ulaşmak için dengeli ve tutarlı bir çerçeve sağlamayı amaç edinmektedir.

Üçüncü ülke ekonomik operatörlerine karşı eşit rekabet ortamını güvence altına alırken, AB endüstrisinin yenilikçiliğini ve rekabetçi gücünü korur ve güçlendirir.



Şekil 6. Fit For 55'e uyum paketi (European Union, 2022).

3.5.2. Türkiye'nin Avrupa Yeşil Mutabakatına Uyum Politikası

Dünyanın mevcut zorlukları, 2015 yılında Türkiye de dahil olmak üzere Birleşmiş Milletler'in 193 üye ülkesi tarafından oybirliğiyle kabul edilen "2030 Sürdürülebilir Kalkınma" gündeminin güçlendirilmesi ve desteklenmesi ihtiyacını açıkça ortaya koymuştur. Sürdürülebilir Kalkınma Amacı, yalnızca refah ve esenliği artırmak ve yoksulluğu sona erdirmekle kalmayıp, iklim değişikliğiyle küresel mücadeleyi ekonomik ve sosyal boyutlarıyla bütünleştirerek kapsayıcı bir kalkınma modeli oluşturmayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda, insan kaynaklı sera gazı salımlarının

sınırlandırılması ve azaltılmasına yönelik girişimlerin yanı sıra, iklim değişikliğinin ekonomi, sağlık, göç, güvenlik ve uluslararası ticaret gibi küresel sorunlarla ilişkisi de bütüncül bir yaklaşım içerisinde ele alınması amaçlanmaktadır.

Avrupa Birliği, 11 Aralık 2019'da açıkladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı ile 2050 yılına kadar dünyanın ilk iklim-nötr kıtası olma hedefini ortaya koymuş; aynı zamanda, sanayinin dönüşümünü gerekli kılan yeni bir büyüme stratejisi benimseyerek tüm politikaların iklim değişikliği temelli bir çerçevede yeniden düzenleneceğini duyurmuştur. Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamındaki çeşitli eylemler, enerji, finans, ulaşım, inşaat ve tarım gibi alanlarda AB ekonomisine yön vererek, yıllar içinde ivme kazanacak bir dönüşüm sürecinin temelini oluşturmaktadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı ve AB politikalarındaki kapsamlı değişikliklerle birlikte uluslararası ekonomi ve ticarete yaşanan dönüşüm göz önüne alındığında, ülkemizin kalkınma hedefleriyle uyumlu olarak sürdürülebilir, kaynak etkin ve yeşil bir ekonomiye geçişi destekleyen dönüşümün sağlanması büyük önem arz etmektedir. Bu durum, Türkiye'nin 1980 sonrası ihracata dayalı büyüme stratejisiyle küresel ekonomiye entegrasyonunun korunması açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Özellikle AB öncülüğünde uygulamaya konulması hedeflenen politika değişikliklerinin, ülkemizin dış ticaret bağlantıları çerçevesinde sanayi, enerji, tarım ve ulaştırma politikaları üzerindeki etkilerinin bütünsel bir yaklaşımla değerlendirilmesi; ayrıca Gümrük Birliği ilişkilerimizin göz önünde bulundurularak uyumlu bir yol haritası oluşturulması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Türkiye'de sürdürülebilir ve kaynak etkin bir ekonomiye geçişi teşvik etmek amacıyla, öncelikli olarak Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde öngörülen kapsamlı dönüşümlere uyum sağlanması hedeflenmekte; aynı zamanda Türkiye-AB Gümrük Birliği kapsamında güvence altına alınan bütünleşmenin korunarak daha ileri aşamalara taşınması öngörülmektedir. Bu doğrultuda hazırlanmış olan Türkiye eylem planı, dokuz ana başlık altında 32 hedef ve 81 eylem barındırmaktadır (Yeşil Mutabakat Eylem Planı, 2021):

- 1)Sınırdaki Karbon Düzenlemeleri
- 2)Yeşil ve dögüsel ekonomi
- 3)Yeşil Finansman
- 4)Temiz, Ekonomik Ve Güvenli Enerji Arzı
- 5)Sürdürülebilir Tarım
- 6)Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım
- 7)İklim Değişikliği İle Mücadele

8)Diplomasi

9)Avrupa Yeşil Mutabakatı Bilgilendirme ve Bilinçlendirme Faaliyetleri.

Türkiye'nin yeşil ekonomi politikaları, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve ekonomik büyümeyi yeşil bir temele dayandırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu politikalar, enerji, ulaşım, sanayi ve tarım sektörlerinde doğal kaynakları korumayı ve çevresel etkileri azaltmayı hedeflemektedir. Ulusal düzeydeki bu çabalar, uluslararası iş birlikleri ve anlaşmalarla desteklerken ayrıca Türkiye'nin yeşil ekonomiye geçiş sürecini de hızlandırmaktadır. Yeşil ekonomiye geçişin maliyetler içermesi, teknolojik altyapıya ihtiyaç duyması, yeşil ekonomiye ilişkin farkındalık düzeyinin artmasının gerekliliği, bu geçiş sürecini zorlaştıran hususlar olarak görülmektedir (T.C. Ticaret Bakanlığı).

Türkiye, 2004 yılında UNFCC'ye katılmış ve 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını azaltım oranını %21 olarak belirlemiştir. UNFCC üyesi ülkelerin yer aldığı Paris Anlaşmasını 2016 yılında imzalamış lakin 11 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanı Kararı ile onaylanmıştır. Türkiye bu anlaşma ile 2053 yılı net sıfır hedefini ilan etmiştir (T.C. Ticaret Bakanlığı 2021).

3.6. Sınırdaki Karbon Düzenlemeleri

İklim değişikliği, küresel ölçekte ortak çözümleri gerekli kılan küresel bir sorundur. AB üyesi olmayan ülkelerde daha az sıkı iklim politikaları uygulandığında ve AB kendi iklim hedeflerini yükselttiğinde, “karbon sızıntısı” olarak adlandırılan durum ortaya çıkabilir. Karbon sızıntısı, AB merkezli şirketlerin karbon yoğun üretimlerini görece daha gevşek iklim politikaları uygulanan ülkelere kaydırmaları veya AB'nin yerli ürünlerini daha yüksek karbon yoğunluğuna sahip ithal mallarla değiştirmeleri sonucunda oluşmaktadır. Bu bağlamda, Karbon Sınır Ayarlama Mekanizması (CBAM), AB'ye ithal edilen karbon yoğun ürünlerin üretim sürecinde açığa çıkan emisyonlara “adil” bir fiyat belirleyerek, AB dışı ülkelere daha temiz sanayi üretimini özendirmeyi amaçlayan bir düzenleme olarak geliştirilmiştir. Bu mekanizma, AB'ye ithal edilen bazı malların üretiminde oluşan gömülü emisyonlar için ödenen fiyatı teyit ederek, ithalatlardaki karbon fiyatının nihai üretimdeki karbon fiyatına eşitlenmesini ve böylece AB'nin iklim hedeflerinin aksamasının önlenmesini sağlamayı hedeflemektedir. CBAM, DTÖ yasalarına uygun olacak şekilde tasarlanmıştır.

CBAM, kesin rejimiyle 2026'dan itibaren uygulanmakta olup, mevcut geçiş aşaması 2023-2025 yılları arasındaki süreçte olacaktır. CBAM'ın aşamalı tanıtımı, AB

sanayisinin karbonsuzlaştırılmasının desteklenmesiyle AB Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) kapsamında ücretsiz tahsisatların kademeli olarak kaldırılmasıyla uyumludur (European Comission, 2024).

CBAM, aşağıdaki sektörlerin mallarının ithalatında geçerlidir:

- Çimento
- Demir ve Çelik
- Alüminyum
- Gübre
- Hidrojen
- Elektrik

Bu sektörler, özellikle de yüksek riskli olmaları açısından belirli kriterlere göre seçilmiştir. Yüksek emisyon yoğunluğu ve karbon kaçağı oluşması açısından tamamen aşamalı olarak ETS kapsamındaki sanayi sektörlerinin emisyonlarının %50'sinden fazlasını temsil etmektedir. İlerleyen zamanlarda, CBAM diğer ETS sektörlerini de dâhil edecek şekilde genişletilebilir (CBAM, Ouestionions and Answers 2023: 7-8).

Karbon kaçağı, karbon düzenlemesi olan ve olmayan ülkeler arasındaki ticaret sonucunda ortaya çıkmaktadır. Avrupa Komisyonu ileriye yönelik hedeflerinin yerine getirilebilmesi amacıyla ekonominin bütününde karbon fiyatlandırılmasını zorunlu görmektedir. Bu açıdan sınırda karbon düzenlemesiyle ticarete yeni vergilerin ve tarife dışı engellerin koyulmasını zorunlu hale getirmektedir. Aynı zamanda yerli yatırımcıların karbon düzenlemesi olmayan ya da zayıf olan ülkelere yönelmesini engellemek, iç piyasadaki katılımcıların üçüncü ülkelere gelen ürünlere karşı rekabet edilebilirliğini korumak amacıyla ithal edilecek belli ürünlerde karbon yoğunluğuna göre vergilendirmeyi sağlamaktadır (Yeldan vd., 2020'den aktaran Güvenek vd., 2023: 119).

3.7. Karbon Piyasaları

Son yıllarda insanoğlu, yükselen deniz seviyeleri, sık sık yaşanan hava olayları ve küresel ısınma gibi iklim değişikliğinin sebep olduğu ciddi tehlikelerle karşı karşıya kalmıştır. Bu değişiklikler yaşam alanı için büyük risk oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin neden olduğu ekolojik ve çevresel sorunları gidermek ve insanlık için sürdürülebilir yaşam ortamı sağlamak amacıyla düşük karbonlu bir ekonominin geliştirilmesi konusunda küresel ortak görüş vardır (Duan vd., 2023: 28).

Karbon piyasası, salınan sera gazlarını azaltmak ve maliyetleri düşürmek amacıyla hükümetler, işletmeler ya da yatırımcılar tarafından sağlanan emisyon azaltımlarına karşı eşit karbon kredilerinin alınıp satıldığı gönüllü veya zorunlu piyasalardan oluşmaktadır. 2005 tarihinde yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, karbon ticareti piyasasının oluşmasında ve tüm dünyada küreselleşmesinde önemli bir adım olmuştur (URL-27, 2024).

Karbon emisyonlarının azaltılması, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi olumsuz etkilerin önlenmesinde en güvenilir stratejilerden biridir. Sera gazı emisyonlarının fiyatlandırılması, doğrudan belirli bir fiyat uygulanmasına dayanmakta olup; karbon emisyonuna neden olan malların maliyetlerini yükselterek işletmeleri daha düşük emisyonla sahip ürünler üretmeye, hane halklarını ise enerji yoğun ve yüksek emisyonla yol açan malların tüketimini azaltmaya yönlendirmektedir. Karbon fiyatlandırmasının temel araçları, karbon vergileri ve emisyon ticaret sistemlerinden oluşmaktadır. Karbon vergisi, sera gazı emisyonlarının belirli bir fiyata tabi tutulmasını öngörürken; emisyon ticaret sistemleri, bu emisyonlar için bir piyasa oluşturularak fiyatın arz ve talep koşullarına göre belirlenmesini amaçlamaktadır. Söz konusu karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemleri, emisyon miktarını azaltmanın yanı sıra devlet bütçelerine de önemli oranda gelir kazandırabilmektedir (Birinci, 2020: 156-157).

Karbon piyasaları, özellikle sera gazı emisyonlarını azaltmada kritik rol oynayan gelişmiş ülkelerde, sahip oldukları finansal ve teknolojik üstünlük sayesinde iklim değişikliğiyle mücadelede daha avantajlı bir konumda yer alırken, gelişmekte olan ülkeler bu mücadelede daha fazla zorluk yaşamaktadır. Bu gelişmişlik düzeyleri arasındaki farkı azaltmak ve küresel ölçekte etkili bir iklim değişikliği mücadelesi sürdürebilmek amacıyla, ticareti yapılabilir izinler ve karbon vergileri gibi piyasa tabanlı ekonomik araçlar kullanılabilmektedir. Kyoto Protokolü kapsamında oluşturulan esneklik mekanizmaları ile gönüllü karbon piyasalarına dayalı emisyon azaltım kredisi uygulamaları, karbon finansmanının sağlanmasına olanak tanımaktadır. Sera gazı azaltımı karşılığında elde edilen karbon kredilerinin alınıp satıldığı piyasalar ise karbon piyasası olarak adlandırılmaktadır (Öztürk, 2012: 308).

Kyoto Protokolü, ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltma sürecinde izlemeleri gereken stratejiyi belirlemek ve iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerini hafifletmek amacıyla esneklik mekanizmaları geliştirmiştir. Bu mekanizmalar, hem ulusal düzeyde emisyon sınırlandırma yükümlülüklerini getirirken hem de uluslararası arenada sera gazlarının kontrol altına alınmasını düzenleme açısından önemli rol oynamaktadır. Uygulanan mekanizmalar sayesinde, taraf ülkeler arasında yükün dengeli dağıtılması

hedeflenmekte; bu yükümlölükler zorunlu olabileceği gibi, gönüllü piyasa düzenlemeleriyle de desteklenebilmektedir (Çetintaş ve Türköz, 2017: 154-155).

3.7.1. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları

Kyoto Protokolü kapsamında sera gazı emisyonlarını sınırlama ve azaltma taahhüdü bulunan ölkeler, hedeflerine öncelikle ulusal düzeyde aldıkları önlemler aracılığıyla ulaşmalıdır. Bu mekanizmaların temel amacı, teknoloji transferi ve yatırım olanakları yoluyla sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek; Kyoto Protokolü taahhüdü altındaki ölkelerin emisyonlarını azaltarak, diğör ölkelerde atmosferden karbonu maliyet etkin biçimde ortadan kaldırmalarına katkıda bulunmak ve böylece özel sektör ile gelişmekte olan ölkeleri emisyon azaltma çabalarına teşvik etmektir. Kyoto Protokolü, üç piyasa tabanlı mekanizma sunarak günümüzdeki karbon piyasasının oluşumuna zemin hazırlamıştır. Bu mekanizmalar; Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM), Ortak Yürütme Mekanizması (JI) ve Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) olarak öne çıkmaktadır (UNFCCC, 2005).

3.7.1.1. Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM)

Kyoto Protokolünün 12. Maddesinde tanımlanan temiz kalkınma mekanizması (CDM), emisyon azaltma ya da emisyon sınırlama taahhüdü olan Ek-B tarafı olan bir ölkenin gelişmekte olan ölkelerde bir emisyon azaltma projesi uygulamasına izin vermektedir. Temiz kalkınma mekanizması (CDM), gelişmekte olan ölkelerdeki emisyon azaltma projelerinin her biri bir ton CO₂'ye eşdeğör sertifikalı emisyon azaltma (CER) kredileri kazanmalarına olanak tanımaktadır. Bu CER'ler alınıp satılabilir ve sanayileşmiş ölkeler tarafından Kyoto Protokolü kapsamındaki emisyon azaltma hedeflerinin bir kısmını karşılamak için kullanılabilir. CDM, sürdürülebilir kalkınmayı ve emisyon azaltımını hedef edinirken ayrıca sanayileşmiş ölkelere emisyon azaltım hedeflerini nasıl karşılayacakları konusuna da esneklik sağlamaktadır (URL-28, 2024).

CDM, Ek 1 ölkelerini, Kyoto Protokolü uyumu için ulusal emisyon azaltma hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmak üzere alınıp satılabilir. Sertifikalı emisyon azaltma kredileri CER'ler karşılığında gelişmekte olan ölkelere düşük maliyetli emisyon azaltma projelerine yatırım yapmaya teşvik eder (He, 2014).

3.7.1.2. Ortak Yürütme Mekanizması (JI)

İnsan kaynaklı sera gazlarının azaltılmasına yönelik olarak ortaya çıkan proje temelli esneklik mekanizmalarından biri de Ortak yürütme mekanizmasıdır. Kyoto

Protokolü'nün 6. maddesiyle düzenlenen ortak yürütme mekanizmasının temel amacı, sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik projeleri hayata geçirmektir ve bu yönüyle temiz kalkınma mekanizmasına benzerlik göstermektedir. Ancak bu iki mekanizma arasındaki en belirgin fark, projelerin hangi taraf ülkeler arasında gerçekleştirileceğidir. Ortak yürütme mekanizması, Ek-I ülkelerinin ortak projeler üstlenmesine imkan tanır. Eğer projeye ev sahipliği yapan Ek-B ülkesi, sera gazı salınımlarını azaltmada başarılı olursa, Emisyon Azaltım Birimi (ERU) olarak bilinen kredilere hak kazanır ve bu kredileri diğer bir Ek-I ülkesine devredebilir. Yatırımcı konumundaki Ek-I ülkesi ise satın aldığı bu ERU kredilerini, kendi genel emisyon azaltım hedeflerinden mahsup edebilmektedir (Karakaya, 2008:184).

3.7.1.3. Emisyon Ticaret Sistemi (ETS)

Kyoto Protokolü'nün 17. Maddesinde belirtilen emisyon ticareti, emisyon birimlerini yedekte tutan ülkeler için emisyonlara izin verilen fakat kullanılmayan kısmını (fazla olan kapasite) hedeflerinin üzerinde olan ülkelere satması olarak tanımlanır (URL-29, 2024). Emisyon ticareti, sera gazı salınımlarını azaltırken toplam maliyeti düşürmeyi amaçlayan bir mekanizma niteliğindedir. Bu sistemde, Kyoto Protokolü'nde belirlenmiş taahhütlerin ötesinde azaltım sağlayan Ek-I ülkesi, ilave azaltım miktarını Protokol'ün Ek-B listesinde yer alan başka bir ülkeye satarak kendi fazla azaltımını ekonomik bir avantaj haline getirebilmektedir. Kyoto Protokolü kapsamında, emisyon azaltım yükümlülüğü olan Ek-B ülkelerinin salabilecekleri azami sera gazı miktarı toplam tahsislendirilmiş emisyon miktarı (Assigned Amount – AA) şeklinde belirlenmektedir. Eğer bir ülke belirlenen hedefin üzerinde ya da altında sera gazı salınımlarında bulunursa, diğer Ek-B ülkeleriyle Tahsislendirilmiş Miktar Birimi (Assigned Amount Unit – AAU) ticareti yapabilmektedir (Binboğa, 2017: 222).

Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan piyasa boyutlu bir mekanizmadır. Karbon emisyonlarının alınıp satılmasına dayanarak emisyonların azaltılmasını teşvik etmektedir. Ülke, sektör ya da işletmeler için emisyon sınırları merkezi bir otomasyon tarafından belirlenmektedir (Ubay ve Bilgici, 2021: 53-54).

ETS'de ticareti yapılan varlıklar, emisyon sertifikasıdır. Emisyon ticaretinin gerçekleştirilmesi için emisyon sertifikalarının transfer edilebilir özellikte olması gerekmektedir. Kyoto Protokolü kapsamında yükümlülüğü olan ülkeler dışında emisyon ticareti pazarının genişlemesi açısından finansal kuruluşlar ve komisyoncular

oluşturmuştur. Emisyon ticareti uygulamasında iki yaklaşım bulunmaktadır (Freestone ve Streck 2005'den aktaran Arı 2010: 55-56).

1) "Sınırla ve Ticaretini yap" (Cap and Trade) sistemi, Kyoto Protokolü kapsamında ülkelere tanınan emisyon tahsisatlarının, ülke içinde veya uluslararası düzeyde oluşturulan düzenleyici yapıların aracılığıyla dağıtılmasını ifade eder. Bu mekanizma kapsamında, bir ülkenin toplam emisyon tahsisatı, ulusal düzeyde sektörler ve firmalar arasında dağıtılır. Ülkenin bu dağılımı gerçekleştirebilmesi için, kendi ulusal emisyon ticareti düzenlemesini kurarak toplam tahsisatları belirli paylara bölmesi gerekmektedir.

2) Taban-Sertifika Sistemi, önceden belirlenen bir dönemdeki emisyon değerinin referans alındığı sınırlandırma ilkesine dayanarak, karbon kredilerinin serbest piyasa üzerinden ticaretini öngörür. Bu sistemde, işletmeler ve kuruluşlar, sera gazı emisyonlarını azaltmaları veya emisyon kapsayan projelere yatırım yapmaları durumunda karbon kredisi elde edebilirler. Elde ettikleri bu krediler, serbest piyasada alım satımına konu edilerek kullanıma sunulmaktadır (Yurttagüler, 2024: 1221).

Her iki sistemde de katılımcıların belirlenen hedeflere ulaşabilmeleri için, emisyonlarını doğrudan azaltmaları veya piyasadan emisyon sertifikası temin etmeleri gerekmektedir. Bu durum, işletmelerin ve diğer katılımcıların, emisyon azaltım projeleri uygulayarak maliyet yükünü üstlenmek yerine, piyasadan sertifika satın alarak toplam azaltım maliyetlerini düşürmelerine olanak sağlamaktadır (Edwards 2008'den aktaran Arı, 2010).

3.7.2. Gönüllü Karbon Piyasaları

Gönüllü karbon piyasaları, bireylerin, kurum ve kuruluşların ve sivil toplum örgütlerinin faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı salımlarını gönüllü biçimde azaltmak veya dengelemek amacıyla oluşturulmaktadır. Bu piyasaları, Kyoto Protokolü kapsamındaki zorunlu süreçlerden ayıran en belirgin nokta, işlem gören emisyon azaltımlarının ulusal yükümlülük alanı dışında tutulmasıdır. Dolayısıyla, devletin belirlediği politika ve hedeflerden bağımsız şekilde gönüllülük temeline dayanan bu piyasalara katılım konusunda herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. Ayrıca, Kyoto Protokolü kapsamının dışında kalan sektör ve ülkeler de bu gönüllü karbon ticaretinde yer alabilmektedir.

Gönüllü karbon ticareti yasal zorunluluklardan farklı olarak aşağıdaki amaçlar doğrultusunda geliştirilmektedir (Climate Volunteers):

- İklim değışikliğinin yol açtığı olumsuzlukları azaltma isteği, çevreci ve duyarlı olmak,
- Kamu yararına finansman sağlanmasına ilişkin yeni yaklaşımlar benimsemek,
- Paydaşlarla kurulan ilişkileri güçlendirmek,
- Ulusal ve bölgesel yükümlölükler ve planlamalar için hazırlanmak,
- Karbon kredilerinin yeniden satışından kâr elde etmek,
- Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği programlarının birleştirmesini amaç edinmektir.



4. KARBON EMİSYONUNUN FİRMALARIN FİNANSAL PERFORMANSINA ETKİSİ: BORSA İSTANBUL- ANA METAL SANAYİ ENDEKSİNDE BİR UYGULAMA

4.1. Türkiye Ana Metal Sanayi Sektörlerine Genel Bakış

Türkiye'nin kalkınmasına önemli katkılar sağlayan sektörlerden biri olan ana metal sanayi, başta inşaat, kimya, enerji ve otomotiv sektörlerinde geniş kullanım alanlarına sahiptir. Özellikle demir-çelik alanındaki gelişmeler, sektörel yatırımlar arasında belirgin bir öncelik kazanmıştır. TÜİK'in sınıflandırmasına göre, ana metal sanayi sektöründe demir-çelik üretimi “Ana Sanayi” kapsamında yer alırken; demir-çelik dışındaki üretim, değerli metaller, alüminyum, kurşun, çinko, kalay, bakır ve demir dışındaki diğer metallerin üretimini kapsamaktadır. Ana metal sanayi sektörünü olumlu ve olumsuz yönde etkileyen etmenler (A&T BANK 2-15):

Ana metal sanayi sektörünü olumlu yönde etkileyen gelişmeler;

- Çin ve AB ekonomilerinde güçlenme,
- Hindistan, Malezya ve Endonezya'daki talep artışı,
- Kamu yatırımlarındaki artış,
- Ana metal sanayi sektörünün kullanım sınırlarının genişlemesi,
- Sektörün rekabet koşullarına uygun olması,
- Kentleşme ve hızlı nüfus artışı,

Ana metal sanayi sektörünün gelişimini olumsuz etkileyen koşullar

- Komşu ülkelerdeki siyasi belirsizlik,
- Fiyat artışlarına karşı korunma mekanizmasının olmaması,
- Faiz oranları ve finansman maliyetlerindeki artış,
- Metal fiyatlarına karşı stoklama,
- Sermaye birikim araçlarının etkin kullanılamaması ve sermaye birikiminin düşük olması,
- Kur riski ve büyük ölçekli sanayi tesislerinin az olması olarak sıralanabilir.

4.2. Literatür

Ekolojik ayak izi alanında yapılan bazı ulusal ve uluslararası çalışmalara bu kısımda yer verilmiştir.

Wackernagel ve Rees (1997) araştırmalarında, zihinsel arpıkların ve mevcut ekonomik rasyonelliğın doğal sermaye yatırımını teşvik etmek yerine, doğal sermaye stoklarının tükenmesini hızlandırdığı görüşünü savunmuşlardır. Araştırmada geleneksel para temelli analizlerin bu sorunu tespit edemediğini ve doğal sermaye ile ilişkili stok ve akışların doğrudan biyofiziksel ölçümünün gerekli olduğunu vurgulamışlardır. Engellerin genel sınıflandırılmasında dört sorun seçilerek bu sorunların; marjinal fiyatların neden ekolojik gereksinimleri karşılayamadığı, bölgeler arası risk paylaşımının kaynak tasfiyesini nasıl teşvik ettiğini, mevcut ticaret koşulların hem yerel hem de küresel ekolojik istikrarı nasıl etkileyebileceğini ve verimlilik stratejilerinin gerçek kaynak verimliliğini nasıl hızlandırabileceğini göstermektedir. Araştırmalarının sonucunda sürdürülebilirlik analizi için temel ekolojik ve termodinamik ilkelere dayalı biyofiziksel yaklaşımların gerekliliğini vurgulamışlardır.

Wackernagel, vd., (1999) inceledikleri çalışmada, sürdürülebilirliğin doğal sermayeyi korumaya bağlı olduğu konusunda sosyal bilimciler arasında büyük bir fikir birliği olduğunu fakat hedeflerin ölçülebilir olma yetersizliği sebebiyle uygulamaya geçilemediği görüşüne sonuç aramışlardır. Çalışma, ulusal ekonomilerin enerji ve kaynak verimini takip eden ve bu akışları üretmek için gerekli biyolojik üretken alanlara dönüştürülen bir muhasebe çerçevesini İtalya rneği üzerinden incelenerek 52'den fazla ülkeye uygulanmıştır. Çalışma sonunda ekolojik ayak izi kavramı mevcut veriler kullanılarak, insan tüketiminin küresel ve ulusal düzeyde doğal sermaye retimiyile karşılaştırılabileceği gösterilmiştir.

Wiedmann vd., (2006) ulusal ekolojik ayak izlerinin ekonomik sektörlere, ulusal alt alanlara, sosyo ekonomik gruplara ve nihai talep kategorilerine göre ayrıştırılmasını sağlayarak ulusal ayak izi hesaplarını girdi-çıktı yöntemi ile analiz etmişlerdir. Birleşik Krallık'ın 2000 raporlama dönemi arz ve kullanım tabloları COICOP sınıflandırması temel alınarak hanehalkı tüketim faaliyetleri ve sermaye yatırımlarına ayrıştırılmıştır. Sonuç olarak yöntem, veri hazırlama sürecinde zaman tasarrufu sağlama ve araştırmalar arasında tutarlılığı artırdığı için, ekonomik ve evre verilerine sahip tüm ülkeler için uygulanabilir olup Ekolojik Ayak İzi hesaplarının standartlaştırılmasına yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilmiştir.

Keleş (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, fen ve teknoloji dersi ğretmen adaylarının sürdürülebilir yaşama ilişkin bilinç, tutum ve davranışlarını değiştirmede evre eğitimi aracı olarak kullanılan ekolojik ayak izi uygulamasının etkileri değerlendirilmiştir. Araştırma, Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi ğretmenliği Anabilim Dalı'nda öğrenim gören 3. sınıf 49 ğretmen adayına

uygulanmıştır. Tek grup öntest–sontest modeline dayanan çalışmada, 2006–2007 eğitim-öğretim yılı boyunca veri toplama sürecinde çevre anketi ile ekolojik ayak izi hesaplama anketi kullanılmıştır. Elde edilen verilerin analizinde SPSS programı ile Excel elektronik tablo yazılımından faydalanılmıştır. Sonuçlar, öğretmen adaylarının sürdürülebilir yaşama dair farkındalık, tutum ve davranış skorlarında artış gözlemlendiğini ve ekolojik ayak izi uygulamasının çevre eğitimi kapsamında davranış değişikliğine katkı sağladığını ortaya koymuştur.

Gül ve Ergün (2012) çalışmalarında, kamu harcamaları, yatırım ve nüfus değişkenlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini incelemişler; gelişmiş ülkeler ile az gelişmiş ülkeler grupları arasında karşılaştırmalar yapmışlardır. Seçilen ülke gruplarında, 1980-2009 dönemini kapsayan panel veri analiz yöntemi kullanılarak büyüme dinamikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, her iki ülke grubunda da bu üç değişkenin büyümeye olumlu katkıda bulunduğunu, ancak etkinin ülkelerin gelişmişlik düzeylerine bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Ecevit (2013) çalışmasında, Türk Cumhuriyetlerinde yaşam beklentisinin belirleyicileri üzerinde durmuştur. 1995-2011 dönemleri için panel veri analizinden yararlanarak, uzun dönem ilişkisinin test edilmesinde panel eş bütünleşme metodları, birim kök testleri ve panel regresyon modellerini kullanmıştır. Değişkenlerin birinci farklarında durağanlık gözlemlenirken, panel eşbütünleşme testleri sonucunda bu değişkenlerin uzun dönem eşbütünlüğe sahip olduğu saptanmıştır. Panel regresyon tahminleri, yaşam beklentisi ile şehir nüfusu, kişi başına düşen gelir ve hane halkı tüketim harcamaları arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunduğunu, nüfus yoğunluğu, ithalat ve ölüm oranlarının ise yaşam beklentisini negatif yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Ulucak (2015) çalışmasında, çevrenin ekonomik büyüme modellerine etkisi ve diğer üretim faktörleriyle birlikte değerlendirildiğinde ortaya çıkan sonuçları ele almıştır. Çalışmada çevreyi temsil etmek amacıyla ekolojik ayak izi değişkeni kullanılmıştır. G7 ülkeleri ile gelişmekte olan ülkelere seçilen yedi ülke (GO7), 1961-2009 ve 1970-2009 dönemlerini kapsayacak şekilde panel veri yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, GO7 ülkelerinin büyüme süreçlerinde çevre faktörünü titizlikle kullandığını ve bunun sonucunda çevre koruma politikalarının bu ülkelerde daha yüksek maliyetler doğurabileceğini göstermiştir.

Yüksel (2017) çalışmasında, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nde çalışan tüm personelin karbon ayak izinin belirlenmesi, çevresel tahribata ilişkin farkındalığın artırılması ve çevre duyarlılığının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada

95 akademik ve 205 idari personel üzerinde yapılan anketle bireylerin evde, ulaşım esnasında ve yaşam tarzı kaynaklı birincil ve ikincil karbon ayak izleri değerlendirilmiştir. Carbon Footprint hesaplama aracı ile analiz edilen veriler, SPSS programında çeşitli testler (Ki Kare, Kruskal-Wallis, Mann Whitney U) ile ölçülmüştür. Sonuç olarak; Katılımcıların ortalama KAİ değeri 7,85 ton CO2 bu değerin telafisi için ortalama 11,28 ağaç dikilmesi gerektiğini, KAİ değerinin yaş, eğitim durumu ve mesleğe göre değişkenlik gösterirken cinsiyet üzerinde bir etkisinin bulunmadığını, 50 yaş ve üstü bireylerin, kadınların, lisansüstü eğitim alanlar ve öğretim üyelerinin daha yüksek enerji tüketimine sahip olmaları nedeniyle KAİ ürettiklerini ve ulaşım tercihlerine bağlı olarak bulguların değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca ikincil karbon ayak izi ortalama 2,93 CO2 düzeyinde ölçülmüştür. İkincil KAİ yaş artışına bağlı olarak azalırken, kadınların erkeklere oranla eğitim seviyesi arttıkça daha fazla ikincil KAİ ürettikleri sonucuna ulaşılmıştır. Ulaşılan bu sonuçlar çevre bilincini oluşturmak ve karbon ayak izini azaltmak için önemli yol haritası sunmaktadır.

Destek vd., (2018) çalışmalarında, AB ülkeleri için ekolojik ayak izini kullanarak çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin varlığını araştırmışlardır. Kullanmış oldukları ikinci nesil panel veri metodolojileriyle 1980-2013 yılına kadar olan yıllık verileri ülkeler arasındaki kesitsel bağımlılığı incelemişlerdir. Gerçek gelir ile ekolojik aya izi arasında U şeklinde bir ilişkiye rastlanmış, yenilenemeyen enerji çevresel bozulmalarda artışa neden olurken, AB ülkelerinde yenilenebilir enerji ve ticaret açıklığının çevresel bozulmaları azalttığı sonucuna varılmıştır.

Bilgili ve Ulucak (2018) stokastik ve deterministik analizleri başlatarak, ekolojik çevre literatürüne katkıda bulunmayı amaçlamışlardır. 1961- 2014 dönemine ait yıllık verilerden yararlanarak G20’de yer alan ülkelere ortalama bir bireye düşen ekolojik ayak izindeki yaklaşımı yapısal kırılmalar ve kulüp yakınsama testi içeren önyükleme tabanlı bir panel KPSS testi ile gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, stokastik ve deterministik yakınsamalar ve birleşme kulüplerinin çıktılarının türetilmesiyle çevresel yakınsama lehine doğrulayıcı sonucuna ulaşmışlardır.

Şimşek ve Bursal (2019) çalışmalarında, dünyanın ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite haritasını detaylı bir şekilde inceleyerek, mevcut durumun yanı sıra gelecekte insanlığı bekleyen olası gelişmeler üzerine değerlendirmeler yapmışlardır. Türkiye özelinde ise, 1961-2016 yılları arasındaki verileri kullanarak ekolojik ayak izi ile biyokapasite arasındaki etkileşim nedensellik analizi yöntemiyle ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, incelenen dönem boyunca ekolojik kapasite ve biyokapasite

arasında nedensellik ilişkisine rastlanmış ve bu iki değişkenin uzun vadede birlikte hareket ettiği görüşünü savunmuşlardır.

Eren ve Özlem (2020) ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin durağanlığını 12 seçilmiş OECD üyesi ülkeleri üzerinden araştırmışlardır. 1961-2016 dönemi için Fourier KPSS birim kök testi ile hem yumuşak hem de sert kırılmaları dikkate alarak sınıamışlardır. Analiz sonuçlarına göre şu bilgilere ulaşmışlardır: Karbon salınımı ve toplam ayak izi değişkenlerinin; ABD, Avusturalya, Fransa, Japonya ve Kanada ülkelerinde, Orman ayak izi değişkeninin; Avusturalya, Avusturya, Fransa, Hollanda, İngiltere ve Türkiye’de, Balıkçılık alanları; Avusturya, Hollanda, ve Tarım ayak izi değişkeninin; İngiltere, İtalya ve Japonya için seviyede durağan olduğu tespit edilmiştir.

Danimarkalı vd., (2021) yaptıkları çalışmalarında nükleer enerji- CO2 emisyonları arasındaki karmaşık yapıyı, nükleer enerjinin temiz bir enerji kaynağı olup olmadığının tahminini nükleer enerji tüketimi ile CO2 emisyonları arasındaki ilişkiyi IPAT ve EKC (Çevresel Kuznets Eğrisi) çerçevesinde incelemişlerdir. 1971-2018 yılları arasındaki yıllık veriler Dinamik Otoregresif Dağıtım Gecikmesi (DARDL) yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmada, nükleer enerjideki anlık artışın çevre kirliliğini azalttığı gözlenirken, Hindistan enerji sisteminde daha fazla nükleer enerji gücünün iklim değişikliğinin azaltılması için faydalı olacağı vurgulanmıştır. IPAT denkleminde nüfus yoğunluğunun genel etkisinin karbon emisyonlarını uyarırken, Nükleer enerji ve nüfus yoğunluğu EKC eğrisinin oluşmasına katkıda bulunmuştur. Daha temiz bir çevre elde etmek için, hükümetlerin çevresel sürdürülebilirliğini destekleyen nükleer enerjiye geçiş politikalarını işaret eden sonuçlar önerilmiştir.

Yılmaz (2022) çalışmasında, yenilenebilir enerji ve ticari açıklığın çevresel sorunlar üzerindeki belirleyici etkisini, değişkenler arası eş bütünleşme ve nedensellik ilişkileri perspektifiyle ele almıştır. Yükselen piyasa ülkelerine ait 1990-2018 yılları arasındaki yıllık veriler üzerinden yürütülen analizde, öncelikle Durbin-Hausman testi ile değişkenler arasındaki eş bütünleşme ilişkisi incelenmiş; değişkenlerin uzun dönem denge değerinde sapmalar gözlemlense de birlikte hareket ederek dengeye geri döndükleri saptanmıştır. Sonrasında, Granger nedensellik ilişkisi, kısa dönem için Dimitrescu-Hurlin (2012) testi, uzun dönem için ise nedenselliğin yönünü (pozitif veya negatif) belirleyebilen Canning-Pedroni (2008) testi aracılığıyla analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, ekolojik ayak izi değişkeninden diğer değişkenlere doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisinin olmadığına işaret ederken, yenilenebilir enerji ve ticari açıklık değişkenlerinin ekolojik ayak izi üzerinde hem kısa hem de uzun vadede nedensellik etkisi oluşturduğunu göstermektedir.

Yılmaz ve Çamkaya (2022) çalışmasında, Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini sınamak amacıyla ekolojik ayak izi ve CO₂ emisyonu üzerine odaklanılmıştır. Ekolojik ayak izi bağımlı değişkeni için 1986–2016, CO₂ emisyonu bağımlı değişkeni için ise 1986–2018 yıllarını kapsayan yıllık veriler kullanılmıştır. Araştırmada, N-11 ülkelerinden seçilen 9 ülke üzerinde ekonomik büyüme, nüfus yoğunluğu ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izi ile CO₂ emisyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Analizlerde CIPS birim kök testi, Westerlund eşbütünleşme testi, AMG ve CCEMG yöntemleri uygulanmıştır. Sonuçlar, N-11 ülkelerinde EKC hipotezinin geçerli olmadığını; enerji tüketiminin her iki bağımlı değişken üzerinde pozitif etkiler yarattığını, nüfus yoğunluğunun ise istatistiksel anlamda anlamlı bir etki oluşturmadığını göstermiştir.

Gider (2023) araştırmasını, Bandırma ilçesinin merkez mahalleleri üzerinde ortalama bir bireyin sahip olduğu gelir ve bir bireye düşen karbon ayak izi verileri arasındaki ilişkiyi, mekânsal ekonometrik uygulama incelemiştir. Elde ettiği analiz sonucuna göre ilçe ekonomisi geliştikçe çevre kirliliği artış göstermiştir. Buna göre kişi başına düşen karbon ayak izi ile ilçe ekonomisi arasında pozitif ilişkiye rastlamıştır.

Güner (2023) araştırmasında, 1980-2018 yılları arasında Kırılgan Beşli ülkelerini örnek alarak ekonomik karmaşıklığın ve küreselleşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini ekonomik, politik ve sosyokültürel açıdan yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimini dikkate alarak incelemiştir. Araştırmada seriler arasındaki heterojenlik ve yatay kesit bağımlılığını kısa ve uzun dönem etkisini bulmak için CS-ARDL (Yatay kesit genişletilmiş gecikmesi dağıtılmış otoregresif) modelini kullanarak dört farklı model üzerinde tahmin yapmıştır. Yapılan tahminde dört modelde de hata düzeltme katsayıları negatif ve anlamlı bulunmuştur. Elde ettiği sonuçlara göre, KOF küreselleşme endeksi ile küreselleşmenin ekonomik ve sosyal boyutu uzun dönemde çevresel nitelik kazanmıştır. Ekonomik karmaşıklığın etkisi ise kısa ve uzun dönemde farklılık gösterirken, seriler arasında nedenselliğin yönü Konya panel nedensellik testi ile analiz edilerek değişkenlerde ekolojik ayak izine doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Rehman vd., (2024) çalışmalarında, Çin, Hindistan, Pakistan ve Bangladeş olmak üzere dört Asya ekonomisinde bitkisel, hayvancılık, gübre ve tarımsal arazi kullanımının CO₂ emisyonlarının üzerinde oluşturduğu etkiyi incelemişlerdir. Panel otoregresif dağıtılmış gecikme (PARDL) tahminine göre büyüekte olan ekonomilerdeki bitkisel üretimin, pozitif katsayılar ve istatistiksel bakımdan anlamlı sonuçlar ortaya çıkararak CO₂ emisyonlarına da katkıda bulunmuştur. Araştırmanın

sonucunda, özellikle gelişmekte olan ekonomilerde tarımsal uygulamaların çevresel etkilerini ele almanın kritik önemi vurgulanarak, sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarını teşvik etmeyi, bitkisel ve hayvansal üretimden kaynaklanan emisyonları azaltan teknolojiye yatırım yaparak çevre dostu gübrelerin benimsenmesi teşvik edilmiştir.

Ağaslan ve Koç (2024) finansal gelişmişliğin çevresel ve finansal sürdürülebilirlik kriterleri üzerindeki etkisini ortaya çıkarmayı amaç edinmişlerdir. IMF Veri Portalından alınan Türkiye için 1990-2021 dönemine ait değişkenleri karşılıklı zaman serisi yöntemleri kullanılarak analiz etmişlerdir. Çalışmada ekolojik ayak izi, karbon emisyonu, sürdürülebilir ekosistem, yaşam süresi, ekonomik gelişmişlik endeksi, finansal hizmetlere erişim ve piyasa derinlik değişkenleri kullanılarak, bootstrap yöntemiyle daha güvenilir sonuçlara ulaşılması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, finansal ürünün ekolojik ayak izi ve sürdürülebilirliği olumsuz etkilediği, finansal hizmetlere erişim değişkenini olumlu etkilediği ve karbon yayılım değişkeninin ise finansal piyasa göstergelerin çoğunu olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

Özçelik (2024) çalışmasını Kırıkkale petrol rafinerisinde kurulan sülfür geri kazanım ünitesinin karbon ayak izi üzerinden gerçekleştirmiştir. İşletmenin 2023 yılına ait verileri, uluslararası emisyon etkenleri üzerinden Tier 1 yaklaşımıyla; elektrik enerjisi tüketimi, atık oluşumu, su ve dizel tüketimi gibi kaynakların karbon ayak izi miktarı hesaplanmıştır. Sonuç olarak 2023 yılında atmosfere salınan sera gazı 1,014,8004 ton CO₂ e olarak hesaplanmış, yenilenebilir enerji kaynaklarının aktifleştirilmesi ve toplu taşımanın yaygınlaştırılması sonucunda karbon emisyonu oluşmasının önleneyeği öngörülmüştür.

Biçen ve Çoban (2024) G-7 ülkelerinde ekonomik özgürlüğün ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, 1998-2018 yıllarını kapsayan yıllık verileri analizlerinde kullanmışlardır. Analizi, güncel bir yöntem olan ORPD ile uygulamışlardır. Bağımlı değişkenin ekolojik ayak izi (EAI), bağımsız değişkenin ekonomik özgürlük endeksi olarak seçilen çalışmada bütün kantil seviyelerinde G-7'ye üye ülkelerde ekolojik ayak izinin artışında ekonomik özgürlüğün önemli etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Şevik ve Şahin (2024) çalışmalarında Hükümetler arası iklim değişikliği paneli metodolojisinde özetlenen 1. ve 2. Kademe yaklaşımlarını kullanarak, 2015-2020 yılları için Türkiye'deki İstanbul, Ankara ve İzmir metropollerindeki farklı sektörlerin CF'lerini hesaplanmıştır. Faaliyet verilerindeki belirsizlikleri ve emisyon faktörlerini hesaba katmak ve potansiyel emisyon aralığını hesaplamak için Monte Carlo

simülasyonu (MCS) yürütülmüştür. Çalışma sonuçları %95 güven aralığıyla uyumlu olup, 1. Kademe sonuçların analizi tüm yıllarda en yüksek emisyonların tutarlı bir şekilde İstanbul'da meydana geldiğini, diğer şehirlerden gelen emisyonların ise yıllık olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur.

Bu kapsamda yukarıda yer alan ulusal ve uluslararası alanyazın araştırıldığında şirketlerin karbon emisyonlarıyla şirketlerin finansal performansı arasında pozitif veya negatif yönlü ilişkilerin tespit edildiği söylenebilir.

4.3. Veri Seti, Çalışmanın Kısıtları, Metodoloji, Bulgular

4.3.1. Veri Seti

Karbon emisyonunun firmaların finansal performansına etkisini Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi endeksinde yer alan firmalar özelinde tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmanın değişkenlerine ilişkin veri seti 2019-2023 dönemini içermekte ve yıllık gözlemden oluşmaktadır. Bu çerçevede, çalışmanın örneklemini Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi endeksinde yer alan firmalardan incelenen dönem itibarıyla yıllık verilerine tam olarak ulaşılan 5 adet firma (Borusan Birleşik Boru Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş., Erciyas Çelik Boru Sanayi A.Ş., Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş., İskenderun Demir ve Çelik A.Ş. ve Kocaeli Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş.) oluşturmaktadır. Çalışmanın veri seti Thomson Reuters veri tabanından temin edilmiştir. Çalışmanın analizinde Eviews ve Stata programından yararlanılmıştır. Çalışmanın analizi dört adet model kurularak gerçekleştirilmiştir. Bağımlı değişken olarak ilk iki modelde Aktif Kârlılık Oranı (AK), sonraki iki modelde ise Özsermaye Kârlılık Oranı (OSK) kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler olarak ise Toplam Karbon Emisyonu (lnKE), Kapsam 1 ve Kapsam 2 de yer alan değerlerin toplamı (lnK1K2), Cari Oran (CO), Varlık Devir Hızı (VDH), Borç Oranı (BO) ve Net Kâr Oranı (nKAR) kullanılmıştır. Toplam Karbon Emisyonu (lnKE) ve Kapsam 1 ve Kapsam 2 de yer alan değerlerin toplamı (lnK1K2) değişkenleri çalışmanın analizinde logaritmaları alınmak suretiyle kullanılmıştır.

Şirketler sürdürülebilirlik faaliyetlerine ilişkin raporlarını oluştururken Küresel Raporlama Girişimi'nin yayınladığı GRI (Global Reporting Initiative) Standartlarını ve en başta da GRI 305 Emisyon Standartlarını uygulamaktadır. Bu yüzden, GRI 305'te yer alan standartları baz alan şirketler sürdürülebilirlik raporlarında toplam sera gazı emisyonlarını CO2 emisyonları şeklinde karbon ayak izi olarak raporlamakta ve bu raporlamaları;

- Doğrudan sera gazı emisyonları (Kapsam-1)
- Enerjiye ilişkin dolaylı sera gazı emisyonları (Kapsam-2) ve
- Kapsam 1 ve 2 haricindeki dolaylı sera gazı emisyonları (Kapsam-3)

olarak sınıflandırmaktadır (Şeker ve Atasel, 2021: 728-740). Bu raporlama standardı dikkate alınarak çalışmada toplam karbon emisyonu göstergesi olması için Kapsam-1, Kapsam-2 ve Kapsam-3'te sınıflandırılan tutarların toplamı kullanılmıştır. Çalışmada yer verilen değişkenlere ait açıklama, sembol ve ölçüm bilgisi Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan değişkenler ve açıklamaları

Değişkenler	Sembol	Ölçüm
Aktif Kârlılık Oranı	AKO	(Net Kâr (Zarar) / Toplam Aktifler) X 100
Özsermaye Kârlılık Oranı	OSK	(Net Kâr (Zarar) / Toplam Özsermaye) X 100
Toplam Karbon Emisyonu	lnKE	Toplam Karbon Emisyonu = (Kapsam 1 + Kapsam 2 + Kapsam 3)
Toplam (Kapsam 1 + Kapsam 2)	lnK1K2	Toplam (Kapsam 1 + Kapsam 2)
Cari Oran	CO	Dönen Varlıklar / Kısa Vadeli Borçlar
Varlık Devir Hızı	VDH	Net Satışlar/Toplam Varlıklar
Borç Oranı	BO	(Toplam Borçlar/Toplam Varlıklar) X 100
Net Kâr Oranı	nKAR	(Net Kâr/Toplam Satışlar) X 100

Çalışmanın örneklemini Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi endeksinde yer alan firmalardan incelenen dönemde yıllık verilerine ulaşılabilinen 5 adet firma oluşturmaktadır. Bu firmalara aşağıda Tablo 3'te yer verilmiştir.

Tablo 3. Çalışmanın örneklemini oluşturan firmalar

Firmalar	Firmanın Borsa İstanbul (BİST) Kodu
1. Borusan Birleşik Boru Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş.	BRSAN
2. Erciyas Çelik Boru Sanayi A.Ş.	ERCB
3. Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.	EREGL
4. İskenderun Demir ve Çelik A.Ş.	ISDMR
5. Kocaer Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş.	KCAER

4.3.2. Çalışmanın Kısıtları

Karbon emisyonunun firmaların finansal performansına etkisini Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi endeksinde yer alan firmalar özelinde tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmada bazı kısıtlar yer almaktadır. Bu kısıtlardan birincisi, Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi endeksinde 29 firma yer almasına rağmen 2019 sonrası karbon emisyonlarını paylaşan yalnızca 5 şirketin olması çalışmanın firma boyutunun nispeten az olmasına yol açmıştır. Çalışmanın ikinci kısıtı ise, çalışmanın zaman boyutunun 2019-2023 yıllarını kapsaması ve 5 yıllık veri setinden oluşmasıdır. Çalışmada kullanılan 5 firmanın ortak karbon emisyon verileri başlangıç döneminin 2019 olması, çalışmanın zaman boyutunun panel veri analizlerine göre nispeten daha az olmasına yol açmıştır.

4.3.3. Metodoloji

Panel veri, bireyler, şehirler, ülkeler, firmalar veya hane halkları gibi çeşitli birimlere ait yatay kesit gözlemlerinin belirli bir zaman aralığında derlenmesiyle oluşturulan veri setleri şeklinde tanımlanabilir. Bu veriler, N birim ve T zaman periyodunu kapsamakta olup, iktisadi ilişkilerin analizine olanak tanıyan yöntem de panel veri analizi olarak adlandırılmaktadır (Tatoğlu, 2018, s. 2-4). Panel veri setlerinin kullanımı, araştırmalara çeşitli avantajlar kazandırmaktadır. Öncelikle, panel veriler, zaman serisi veya kesit verilerine göre daha fazla gözlem içermektedir. Artan gözlem sayısı, hipotez testlerinin istatistiksel gücünü artırarak sonuçların güvenilirliğini yükseltmektedir. Ayrıca, panel veri analizlerinde yüksek gözlem sayısının varlığı, çoklu doğrusal bağıntı sorunlarının etkilerini azaltmaktadır (Çınar, 2021: 5). Bir panel veri modeli yapısı aşağıdaki gibidir:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{it}X_{it} + \mu_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$$

Yukarıdaki panel veri model yapısında, α sabit katsayıyı, β eğim katsayısını ve μ hata terimini ifade etmektedir. i göstergesi panelde kullanılan ülke vs. gibi birimleri, t göstergesi ise gün, ay, yıl vb. gibi zamanı göstermektedir.

Türkiye’de Borsa İstanbul (BIST) da Ana-Metal Sanayi Endeksinde yer alan firmaların karbon emisyonlarının finansal performansları üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla oluşturulan dört adet statik panel veri modelleri aşağıdaki şekildedir:

$$\text{Model 1: } AKO_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 KE_{it} + \beta_2 CO_{it} + \beta_3 VDH_{it} + \beta_4 BO_{it} + \beta_5 nKAR + e_{it}$$

$$\text{Model 2: } AKO_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 K1K2_{it} + \beta_2 CO_{it} + \beta_3 VDH_{it} + \beta_4 BO_{it} + \beta_5 nKAR + e_{it}$$

$$\text{Model 3: } OSK_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 KE_{it} + \beta_2 CO_{it} + \beta_3 VDH_{it} + \beta_4 BO_{it} + \beta_5 nKAR + e_{it}$$

$$\text{Model 4: } OSK_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 K1K2_{it} + \beta_2 CO_{it} + \beta_3 VDH_{it} + \beta_4 BO_{it} + \beta_5 nKAR + e_{it}$$

Araştırma kapsamında oluşturulan Model 1 ve 2'ye ilişkin geliştirilen hipotezler aşağıdaki gibidir:

H₁: *Firmaların aktif kârlılığı ile toplam karbon emisyonları arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

H₂: *Firmaların aktif kârlılığı ile Kapsam 1 ve Kapsam 2 toplamından elde edilen toplam karbon emisyonları arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

H₃: *Firmaların aktif kârlılığı ile cari oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

H₄: *Firmaların aktif kârlılığı ile varlık devir hızı oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

H₅: *Firmaların aktif kârlılığı ile borç oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

H₆: *Firmaların aktif kârlılığı ile net kâr oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

Araştırma kapsamında oluşturulan Model 3 ve 4'e ilişkin geliştirilen hipotezler ise aşağıdaki gibidir:

H₇: *Firmaların özsermaye kârlılığı ile toplam karbon emisyonları arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

H₈: *Firmaların özsermaye kârlılığı ile Kapsam 1 ve Kapsam 2 toplamından elde edilen toplam karbon emisyonları arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

H₉: *Firmaların özsermaye kârlılığı ile cari oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

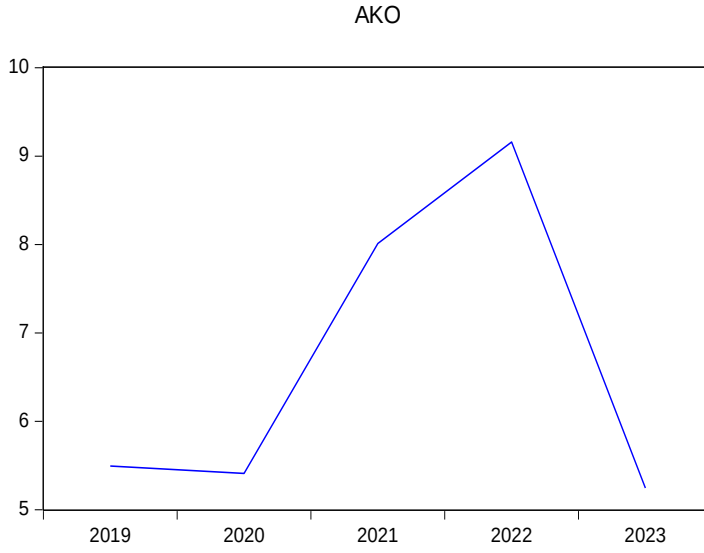
H₁₀: *Firmaların özsermaye kârlılığı ile varlık devir hızı oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

H₁₁: *Firmaların özsermaye kârlılığı ile borç oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

H₁₂: *Firmaların özsermaye kârlılığı ile net kâr oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.*

4.3.4. Bulgular

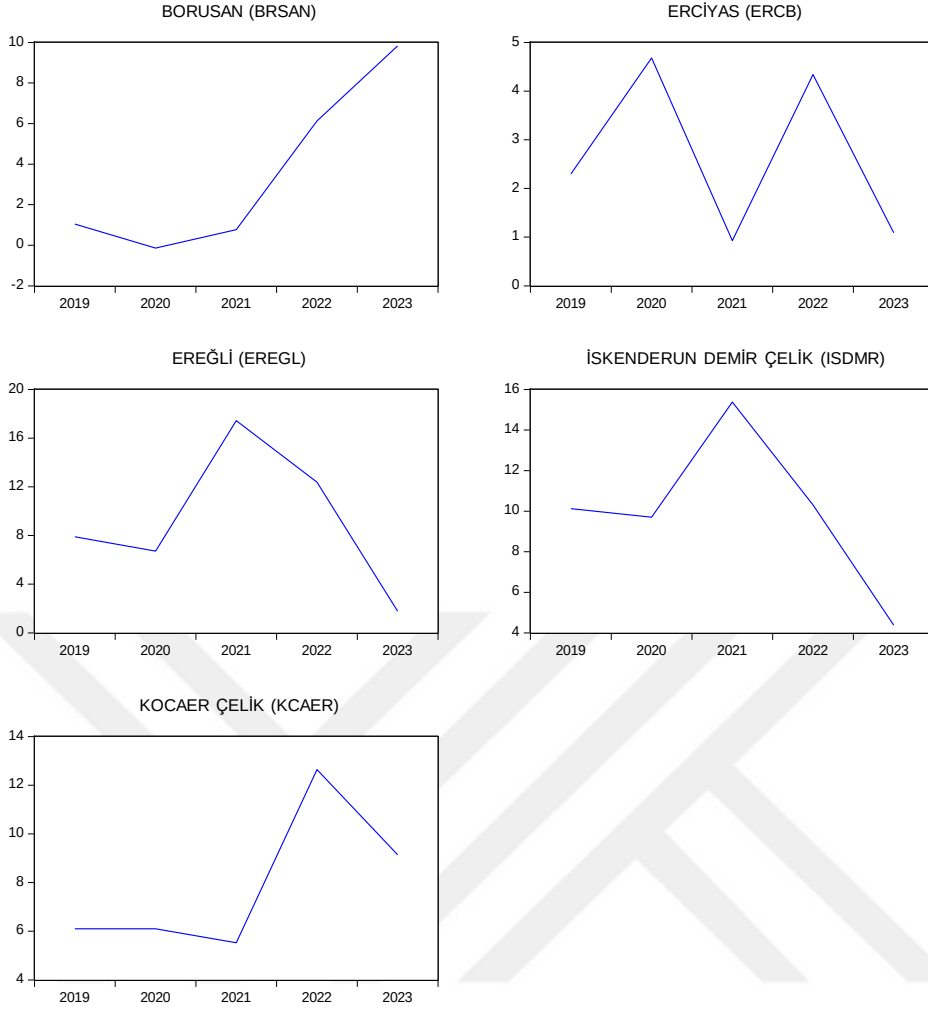
Çalışmanın bu kısmında araştırmada kullanılan değişkenlerin toplu ve firmalara özgü grafiklerine aşağıda yer verilmiştir.



Şekil 7. Firmaların ortalama aktif kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi

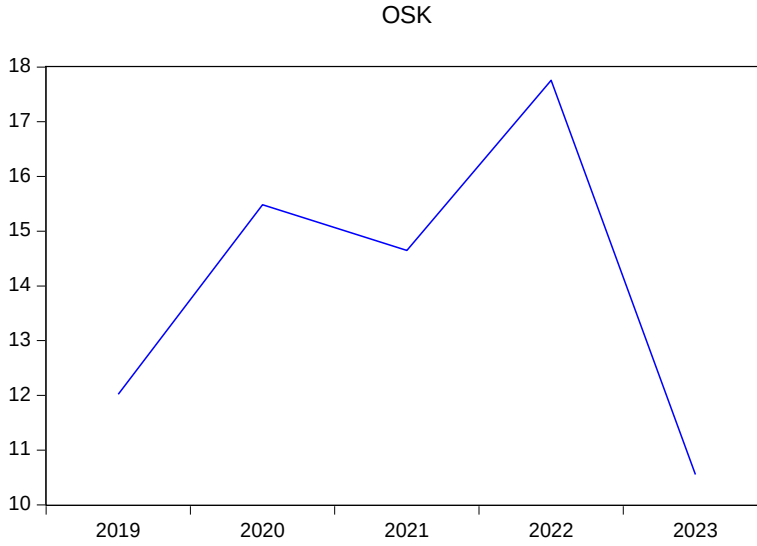
Şekil 7’de firmaların ortalama aktif kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi görülmektedir. Grafik de dikkat çekici nokta, 2020 yılıyla birlikte pandemi dönemi boyunca firmaların aktif kârlılık oranının 2022 yılına kadar artışı ve sonrasında 2023 yılına doğru düşüş yaşamasıdır. Aşağıda Şekil 8’de ise analizde kullanılan firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında aktif kârlılık oranının değişimi verilmiştir.

AKO



Şekil 8. Firmalar özelinde ortalama aktif kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi

Şekil 8’de firmalar özelinde ortalama aktif kârlılık oranı grafiği incelendiğinde, 2021 yılı sonrasında Borusan Birleşik Boru ve Kocaer Çelik adlı firmaların aktif kârlılık oranı verisinin dikkat çekici şekilde arttığı, Ereğli Demir ve Çelik ile İskenderun Demir Çelik firmalarının 2021 yılı ile birlikte benzer oranda aksi yönde düşüş eğilimine girdiği görülmektedir. Aşağıda Şekil 9’da firmaların ortalama özsermaye kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir.

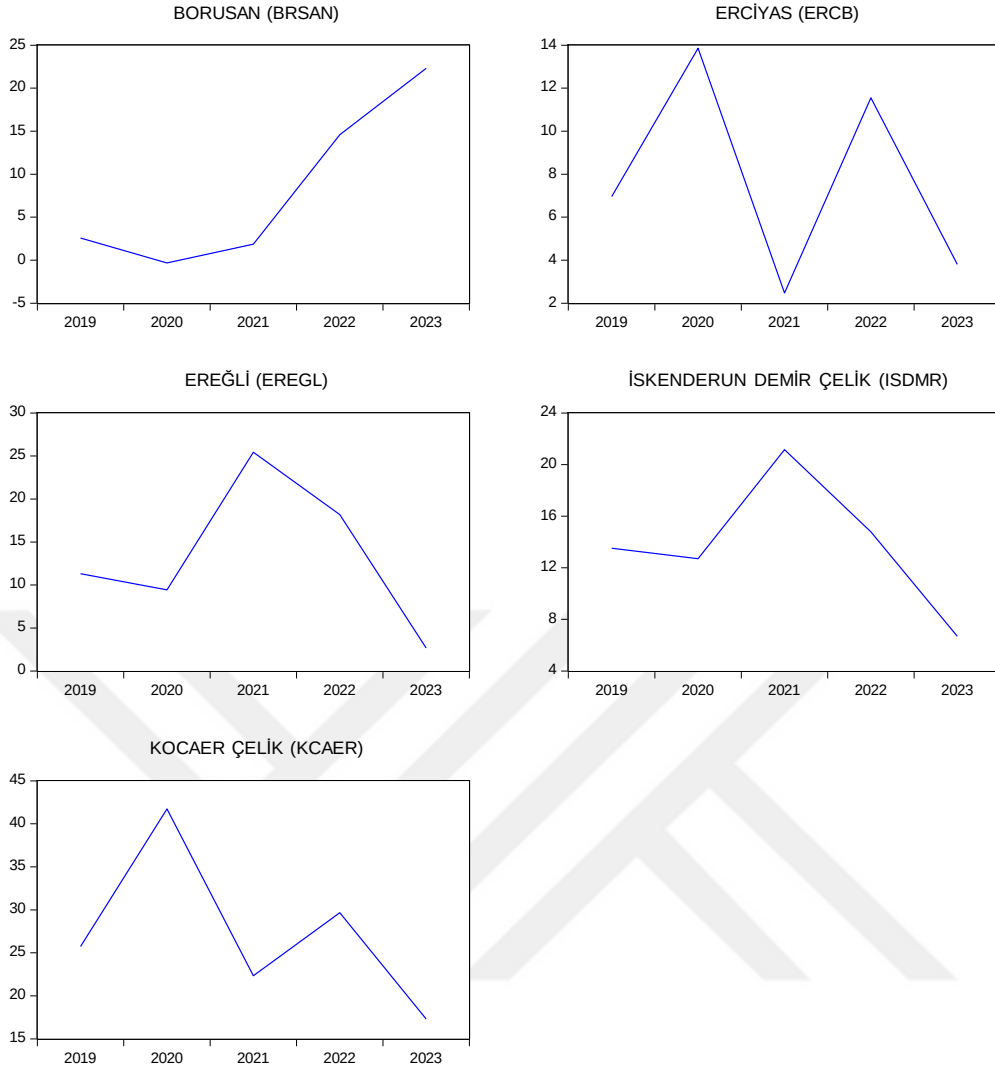


Şekil 9. Firmaların ortalama özsermaye kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi

Firmaların ortalama özsermaye kârlılık oranı grafiği incelendiğinde, özsermaye kârlılık oranının 2019 yılı ile başlayan yükselişinin 2022 yılı sonrasında düşüş eğilimine girdiği görülmektedir. Aşağıda Şekil 10'da ise analizde kullanılan firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında özsermaye kârlılık oranının değişimi verilmiştir.

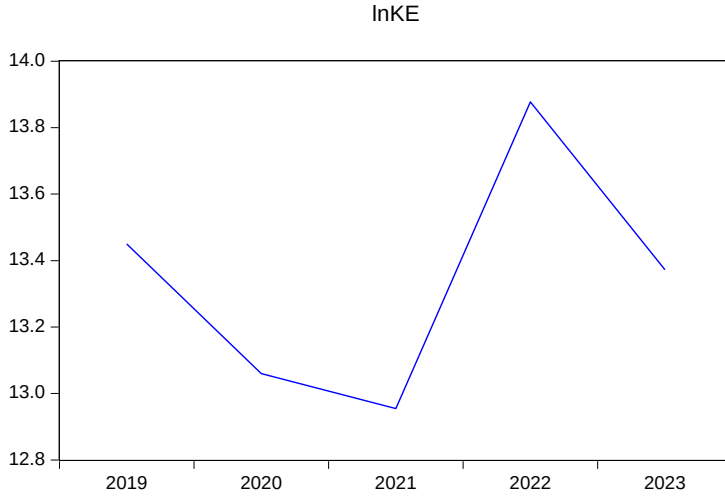
Şekil 10'da firmalar özelinde ortalama özsermaye kârlılık oranı grafiği incelendiğinde, 2021 yılı sonrasında Borusan Birleşik Boru adlı firmada özsermaye kârlılık oranı verisinin dikkat çekici şekilde arttığı, Ereğli Demir ve Çelik, İskenderun Demir Çelik ve Kocaer Çelik firmalarının 2021 yılı ile birlikte benzer oranda aksi yönde düşüş eğilimine girdiği görülmektedir.

OSK



Şekil 10. Firmalar özelinde ortalama özsermaye kârlılık oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi

Aşağıda Şekil 11’de firmaların ortalama toplam karbon emisyonu grafiğinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir. Çalışma kapsamında toplam karbon emisyonu olarak Kapsam-1, Kapsam-2 ve Kapsam-3’te yer alan miktarların toplamı baz alınmıştır.

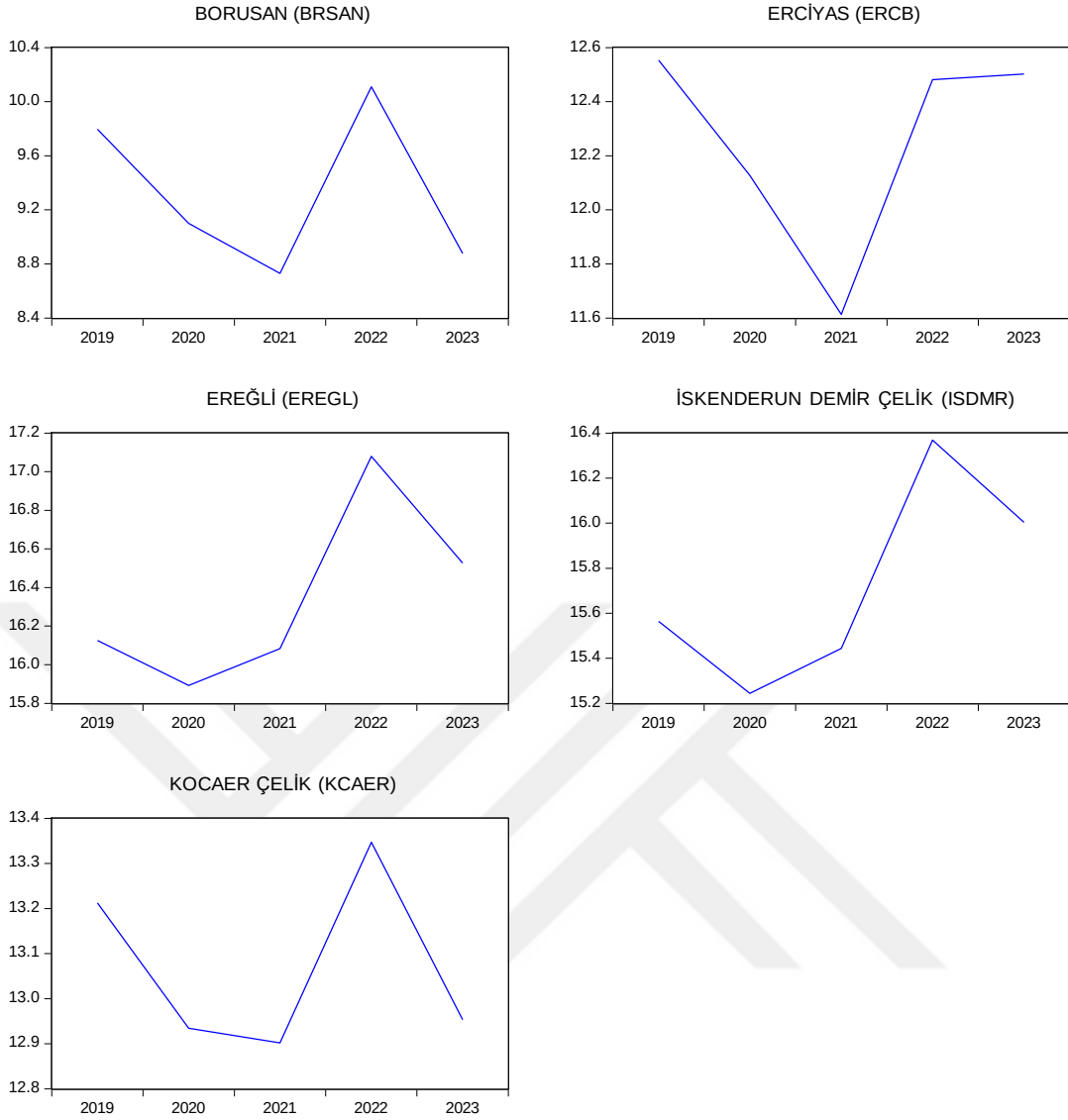


Şekil 11. Firmaların ortalama toplam karbon emisyonu grafiğinin yıllara bağlı değişimi

Firmaların ortalama toplam karbon emisyonu grafiği incelendiğinde, toplam karbon emisyonu verileri 2021 yılına kadar düşüş eğilimi gösterirken, 2021 yılı ile birlikte tekrar artış eğilimine girmiştir. Aşağıda Şekil 12’de ise analizde kullanılan firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında toplam karbon emisyonunun değişimi verilmiştir.

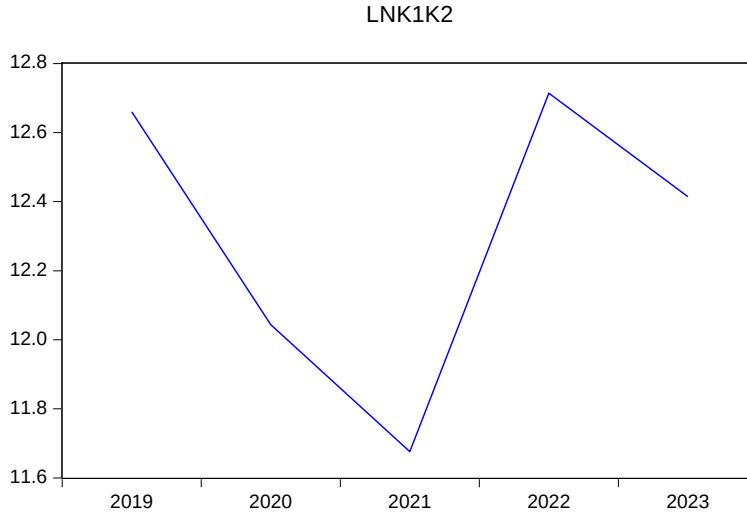
Şekil 12’de firmalar özelinde toplam karbon emisyonu grafiği incelendiğinde, 2020 yılında bu veride başlayan artış eğilimi 2021 yılı ile birlikte hemen hemen tüm firmalarda dikkat çekici şekilde artmış, 2022 yılı sonrasında ise veride düşüş eğilimine geçildiği görülmektedir.

LNKE



Şekil 12. Firmalar özelinde ortalama toplam karbon emisyonu grafiğinin yıllara bağlı değişimi.

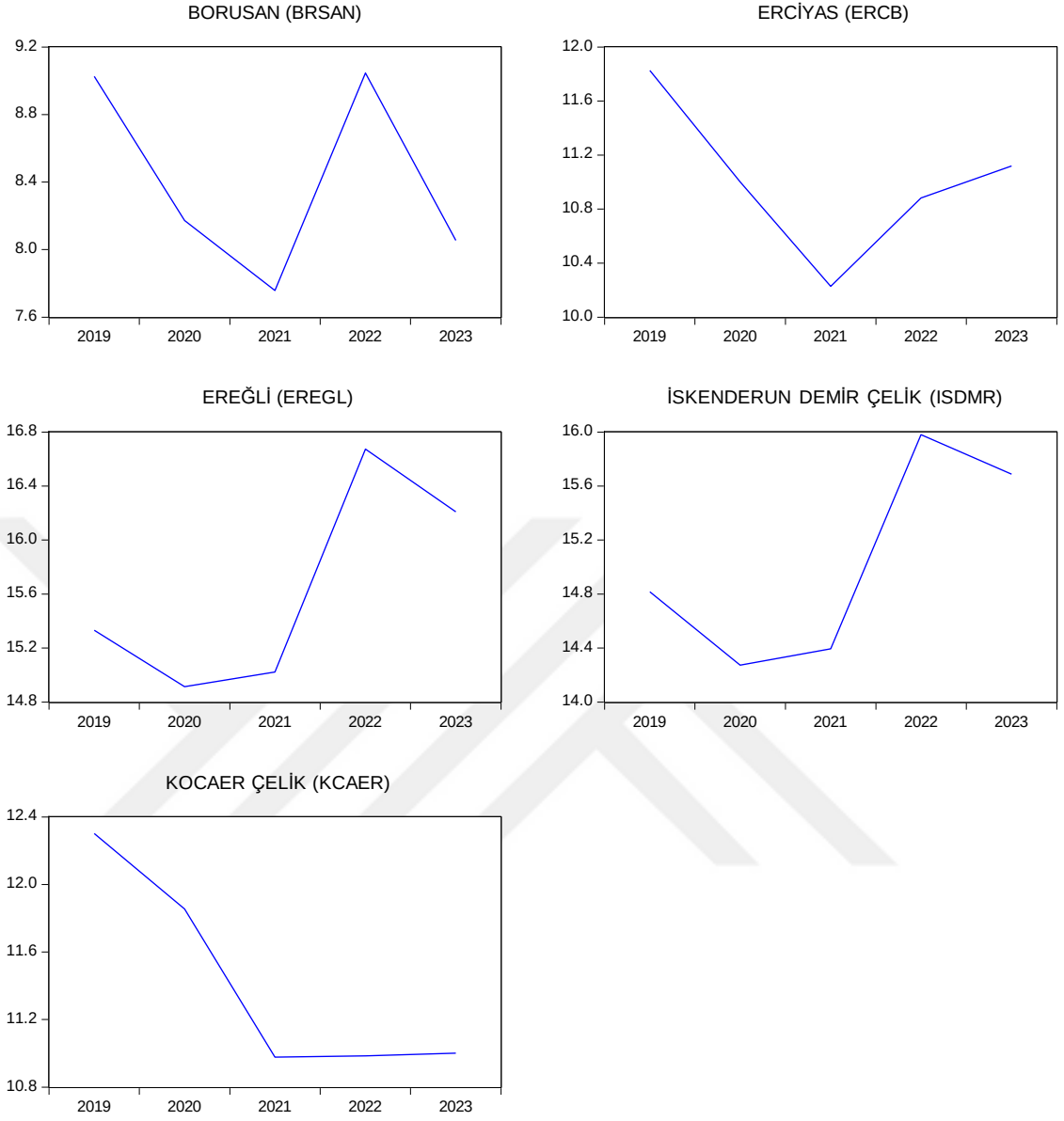
Aşağıda Şekil 13'te firmaların ortalama Kapsam-1 (doğrudan sera gazı emisyonları) ve Kapsam-2 (enerjiyle ilgili dolaylı sera gazı emisyonları) değerleri toplamından (lnK1K2) oluşan karbon emisyonu grafiğinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde Kapsam-1 ve Kapsam-2 toplamından oluşan karbon emisyonu değerinin 2019-2021 arasında düşüş eğiliminde olduğu fakat 2021 sonrasında ise ciddi artış yaşandığı görülmektedir.



Şekil 13. Firmaların ortalama kapsam-1 ve kapsam-2 karbon emisyonu değerleri toplamı grafiğinin yıllara bağlı değişimi

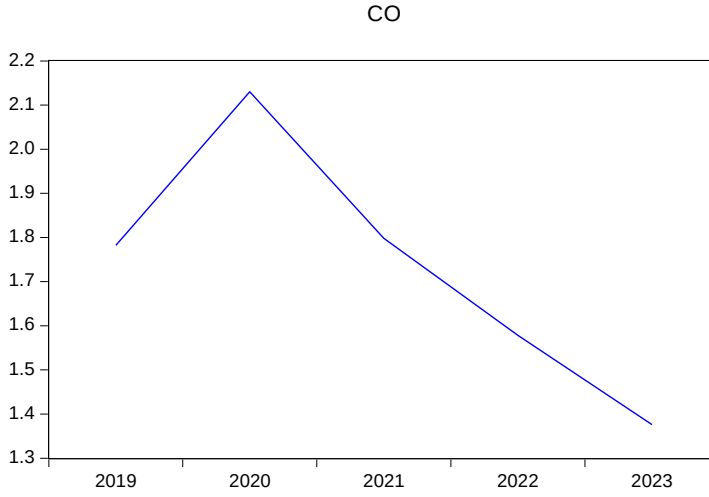
Şekil 14’te firmalar özelinde Kapsam-1 (doğrudan sera gazı emisyonları) ve Kapsam-2 (enerjiyle ilgili dolaylı sera gazı emisyonları) değerleri toplamından (LnK1K2) oluşan karbon emisyonu grafiğinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir. Firmalar özelinde toplam karbon emisyonu grafiği incelendiğinde, Ereğli Demir ve Çelik ve İskenderun Demir Çelik firmalarında 2020 yılında başlayan artış eğilimi 2021 yılı ile birlikte ise oldukça dikkat şeklinde gerçekleşmiştir. Tam aksine Erciyas Çelik Boru ve Kocaer Çelik firmalarında 2019 yılı ile başlayan düşüş eğilimi 2021 yılına kadar sürmüştür.

LNK1K2



Şekil 14. Firmalar özelinde ortalama kapsam-1 ve kapsam-2 karbon emisyonu değerleri toplamı grafiğinin yıllara bağlı değişimi

Aşağıda Şekil 15'te firmaların ortalama cari oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir.

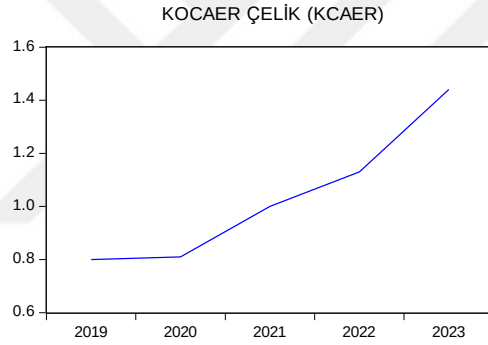
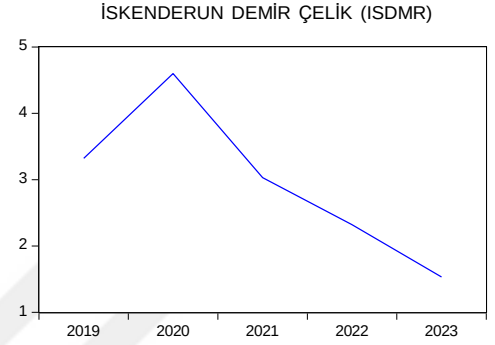
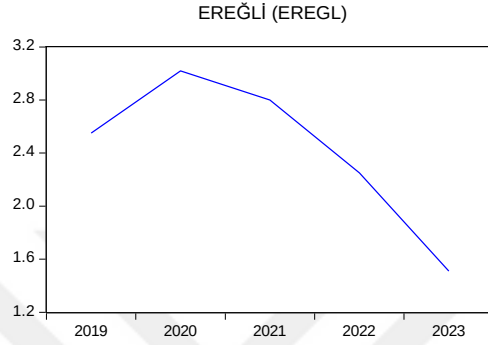
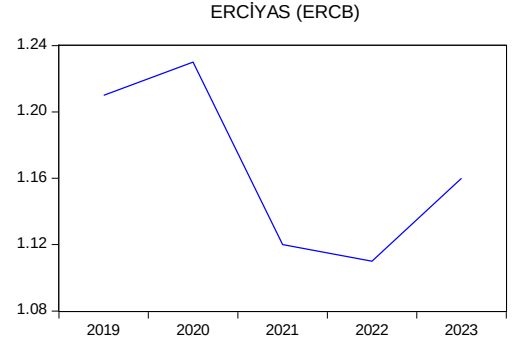
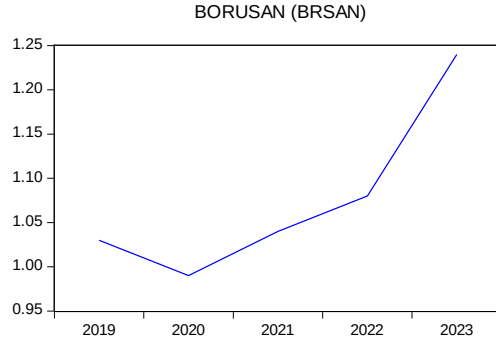


Şekil 15. Firmaların ortalama cari oran grafiğinin yıllara bağlı değişimi

Firmaların ortalama cari oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi incelendiğinde, 2019 yılı ile başlayan yükselişin 2020 pandemi süreci başlangıcı ile birlikte düşüş eğilimine girdiği, 2023 yılı itibariyle bu orandaki düşüşün devam ettiği görülmektedir.

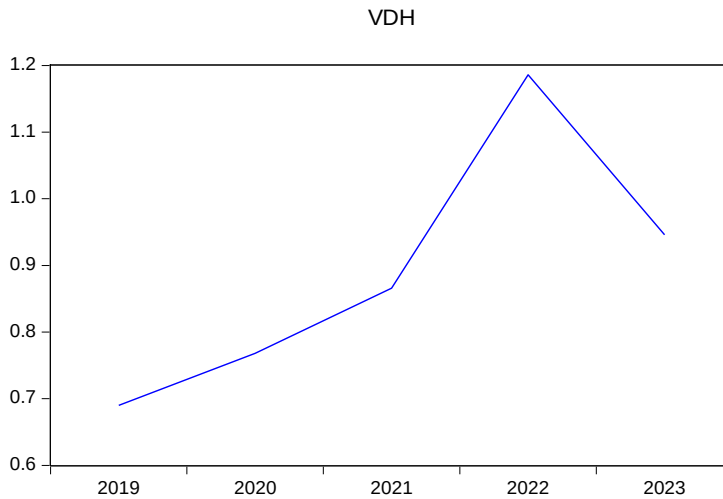
Aşağıda Şekil 16’da ise analizde kullanılan firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında cari oranı verisinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir. Şekil 16’da firmalar özelinde toplam cari oranı grafiği incelendiğinde, Borusan Birleşik Boru ve Kocaer Çelik firmalarında 2020 yılında başlayan yükseliş eğilimi 2023 yılı ile birlikte zirve noktalarına ulaşmıştır. Diğer firmalarda ise 2020 yılı ile başlayan düşüş eğilimi genel olarak devam etmektedir.

CO



Şekil 16. Firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında cari oranı verisinin yıllara bağlı değişimi

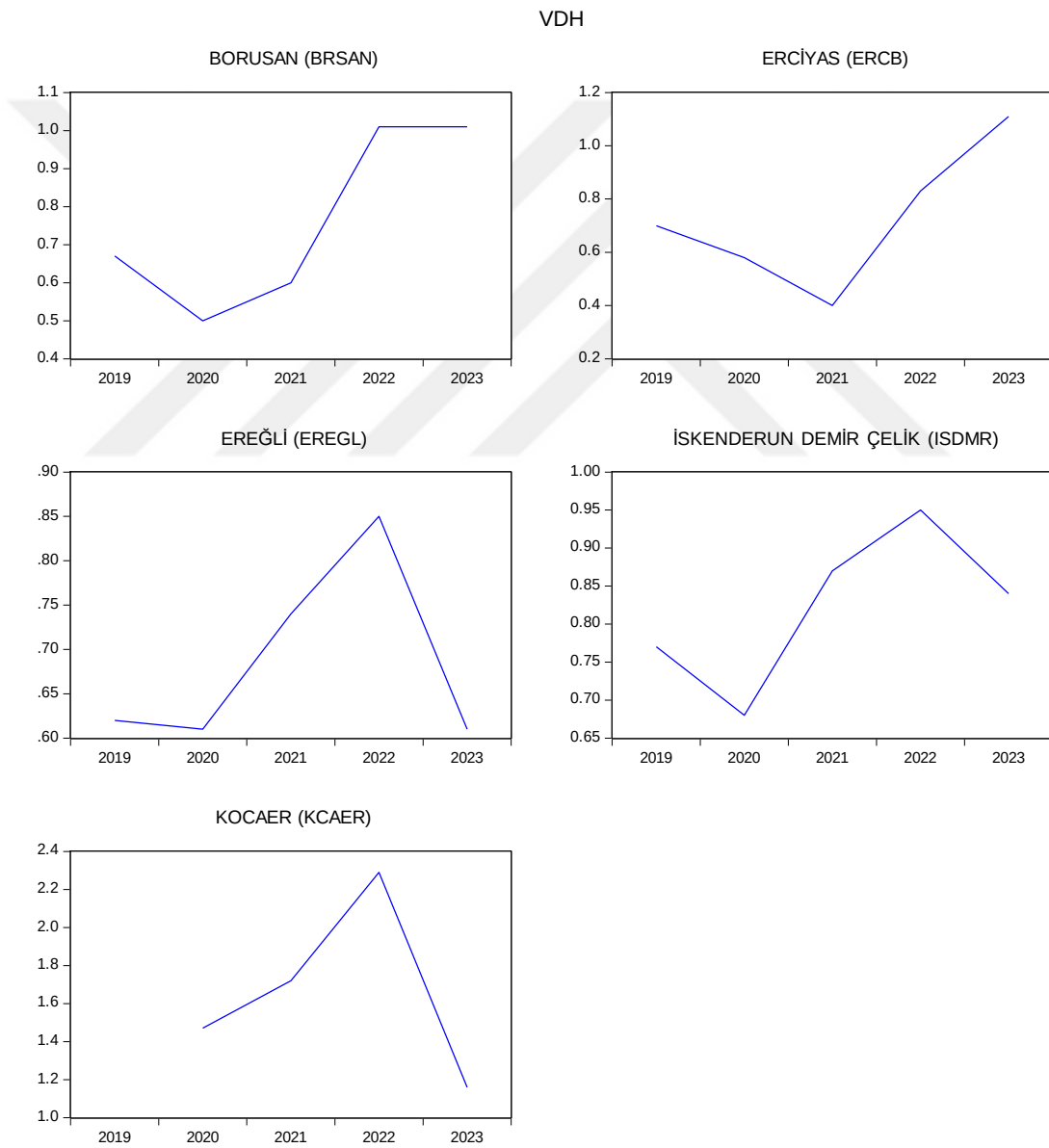
Aşağıda Şekil 17’de firmaların ortalama varlık devir hızı grafiğinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir.



Şekil 17. Firmaların ortalama varlık devir hızı grafiğinin yıllara bağlı değişimi

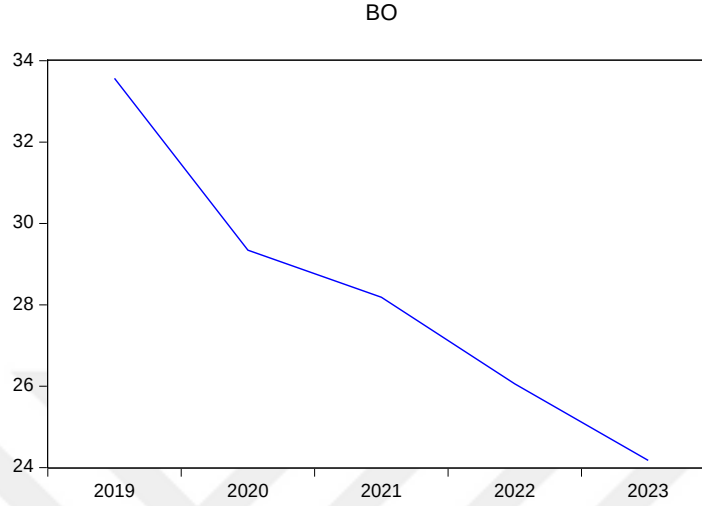
Firmaların ortalama varlık devir hızı grafiğinin yıllara bağlı değişimi incelendiğinde, 2019 yılı ile firmaların satışlarında başlayan yükselişin 2022 yılında zirveye ulaşarak bu tarihten sonra veride düşüş eğiliminin başladığı görülmektedir.

Aşağıda Şekil 18’de ise analizde kullanılan firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında varlık devir hızı verisinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir. Şekil 18’de firmalar özelinde toplam varlık devir hızı grafiği incelendiğinde, firmaların genelinde 2020 yılında başlayan yükseliş eğilimi 2022 yılı ile birlikte zirve noktalarına ulaşmıştır. 2022 yılı sonrasında ise firmaların genelinde (Erciyas Çelik Boru hariç) bu veride bir düşüş eğilimi dikkat çekmektedir.



Şekil 18. Firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında varlık devir hızı verisinin yıllara bağlı değişimi

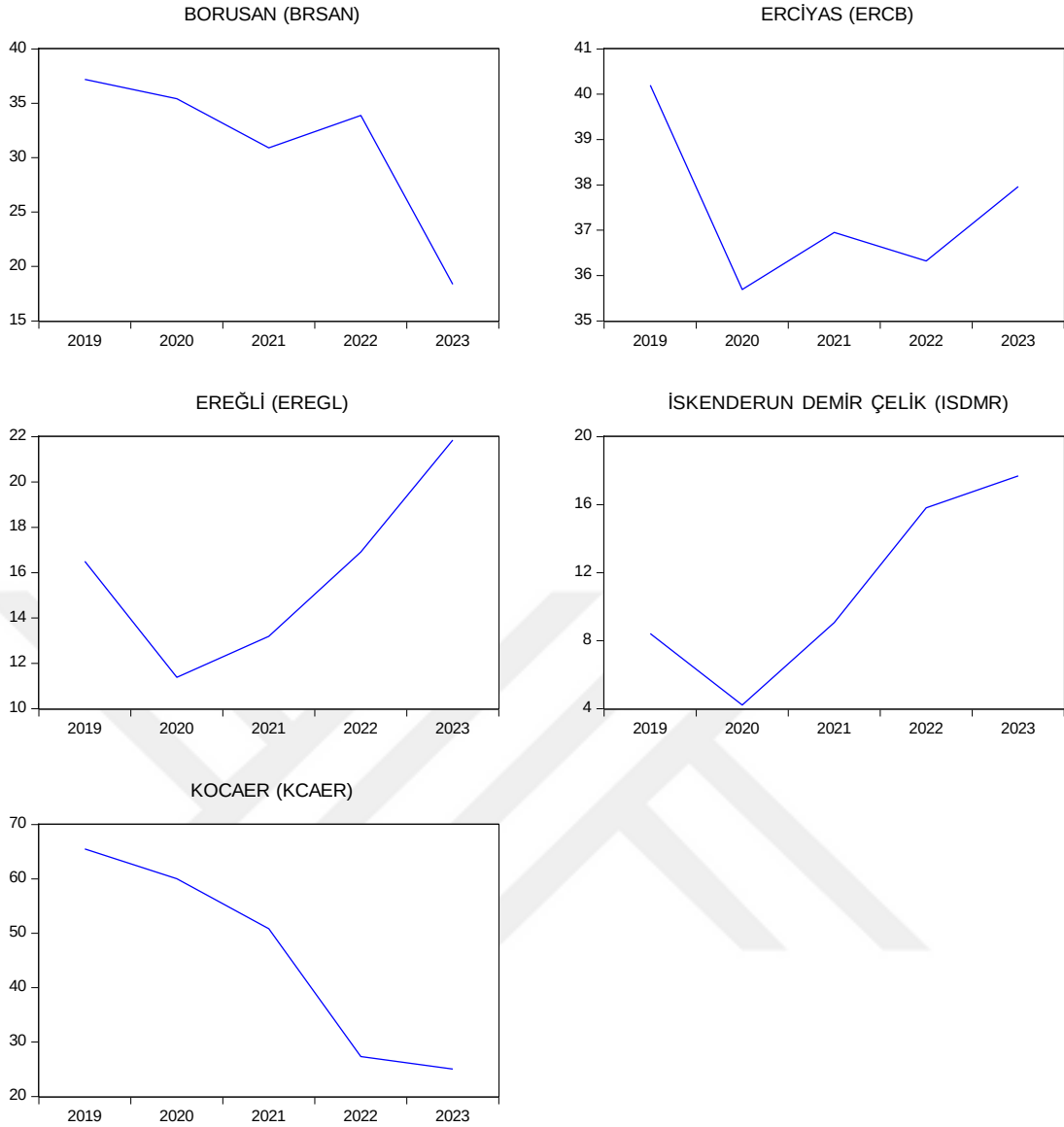
Aşağıda Şekil 19’da firmaların ortalama borç oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir. Firmaların ortalama borç oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi incelendiğinde, 2019 yılı ile firmaların borçlarında başlayan düşüş eğilimi 2023 yılı itibariyle de devam ettiği görülmektedir.



Şekil 19. Firmaların ortalama borç oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi

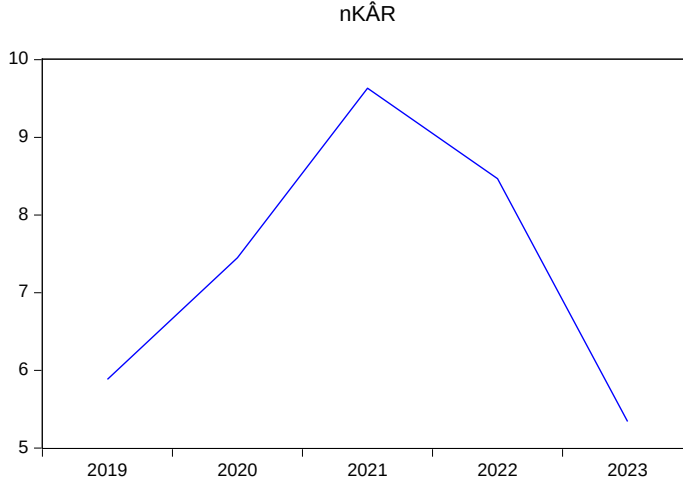
Aşağıda Şekil 20’de ise analizde kullanılan firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında borç oranı verisinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir. Şekil 20’de firmalar özelinde borç oranı grafiği incelendiğinde, bazı firmalarda (Borusan Birleşik Boru ve Kocaer Çelik) 2019 yılında başlayan düşüş eğilimi 2023 yılı ile birlikte devam etmektedir. Diğer firmalarda ise genel olarak 2020 yılı ile başlayan yükseliş eğilimi 2023 yılında da devam etmektedir.

BO



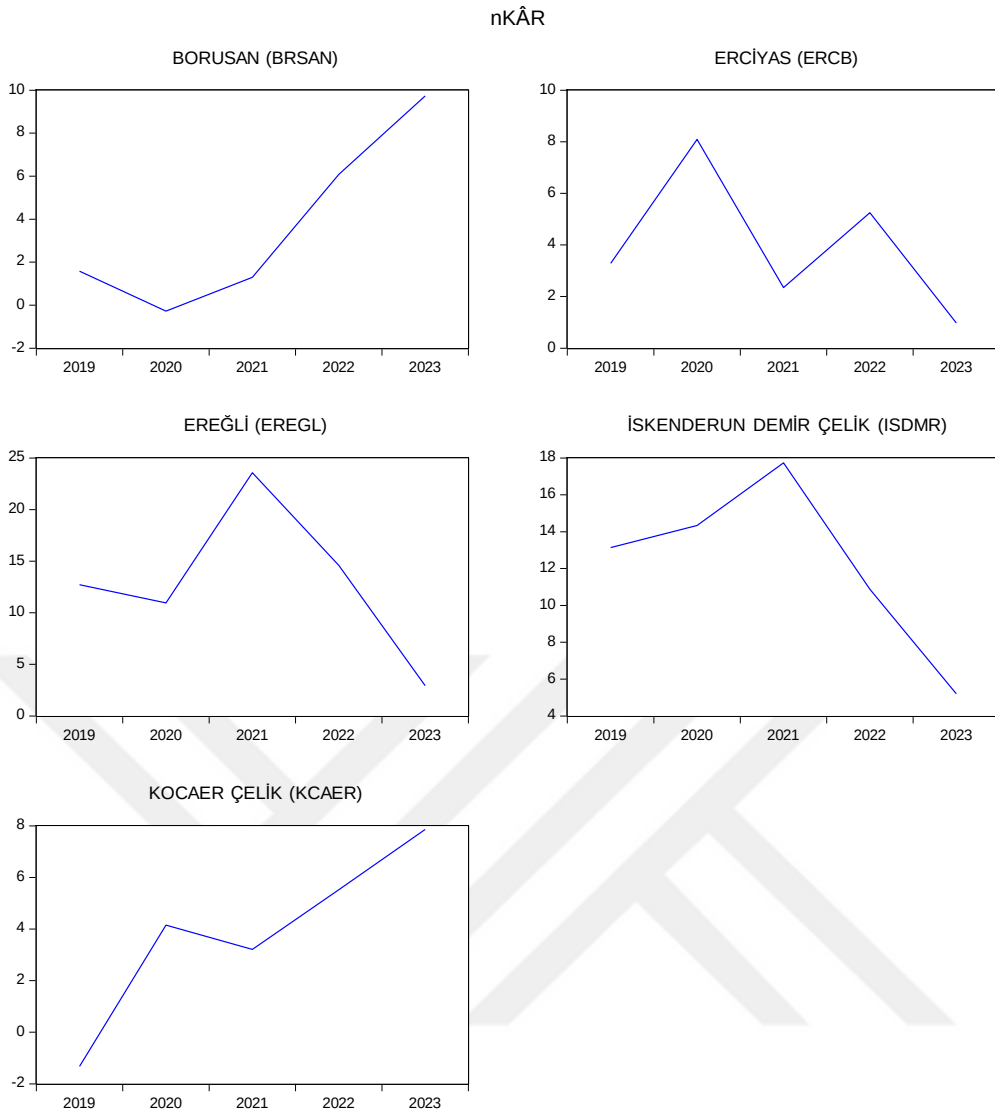
Şekil 20. Firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında borç oranı verisinin yıllara bağlı değişimi

Aşağıda Şekil 21’de firmaların ortalama net kâr oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir. Firmaların ortalama net kâr oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi incelendiğinde, 2019 yılı ile firmaların net kâr oranında başlayan yükseliş eğilimi 2021 yılı itibariyle zirve noktalarına ulaşmış, daha sonrasında ise bu oranda bu orandaki düşüş eğilimi 2023 itibariyle devam etmektedir.



Şekil 21. Firmaların ortalama net kâr oranı grafiğinin yıllara bağlı değişimi

Aşağıda Şekil 22’de ise analizde kullanılan firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında net kâr oranı verisinin yıllara bağlı değişimi verilmiştir. Şekil 22’de firmalar özelinde net kâr oranı grafiği incelendiğinde, bazı firmalarda (Borusan Birleşik Boru ve Kocaer Çelik) 2019 yılında başlayan yükseliş eğilimi 2023 yılı ile birlikte halen devam etmektedir. Diğer firmalarda ise genel olarak 2021 yılında net kâr oranında başlayan düşüş eğiliminde 2023 yılı itibariyle dönüş görülmemektedir.



Şekil 22. Firmalar özelinde 2019-2023 yılları arasında net kâr oranı verisinin yıllara bağlı değişimi

Aşağıda değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler

	AKO	OSK	lnKE	lnK1K2	CO	VDH	BO	nKÂR
Ortalama	6.687	13.606	13.348	12.301	1.771	0.899	26.712	7.715
Medyan	6.115	13.105	12.943	11.472	1.235	0.800	26.180	5.800
Maksimum	17.440	41.730	17.078	16.673	4.600	2.290	60.010	23.570
Minimum	-0.140	-0.320	8.729	7.757	0.810	0.400	4.220	-0.280
Std. Sapma	4.882	10.103	2.673	2.869	0.982	0.422	14.139	6.024
Çarpıklık	0.438	0.857	-0.317	-0.004	1.289	1.820	0.407	0.837
Basıklık	2.348	3.665	1.869	1.657	3.878	6.296	2.569	3.129
Jarque-Bera	1.194	3.385	1.681	1.801	7.422	24.130	0.850	2.821
Olasılık	0.550	0.184	0.431	0.406	0.024	0.000	0.653	0.244
Gözlem	25	25	25	25	25	25	25	25

Tablo 4’te analiz kapsamında incelenen değişkenler 25 gözlemden oluşmaktadır. Analiz dönemi dikkate alındığında, aktif kârlılık oranı (AKO) değişkeninin ortalama, en büyük ve en küçük değeri sırasıyla; 6.687, 17.440, -0.140 şeklinde gerçekleşmiştir. Özsermaye kârlılık oranı (OSK) değişkeninin bu dönemde ortalama, en büyük ve en küçük değeri sırasıyla; 13.606, 41.730 ve -0.320’dir. Toplam karbon emisyonu (lnKE) değişkeninin bu dönemde ortalama, en büyük ve en küçük değeri sırasıyla; 13.348, 17.078 ve 8.729’dur. Kapsam-1 ve Kapsam-2 karbon emisyonu değerleri toplamı değişkeninin bu dönemde ortalama, en büyük ve en küçük değeri sırasıyla; 12.301, 16.673 ve 7.757’dir. Cari oran (CO) değişkeninin bu dönemde ortalama, en büyük ve en küçük değeri sırasıyla; 1.771, 4.600 ve 0.810’dur. Varlık devir hızı (VDH) değişkeninin bu dönemde ortalama, en büyük ve en küçük değeri sırasıyla; 0.899, 2.290 ve 0.400’dür. Borç oranı (BO) değişkeninin bu dönemde ortalama, en büyük ve en küçük değeri sırasıyla; 26.712, 60.010 ve 4.220’dir. Net Kâr oranı (nKÂR) değişkeninin bu dönemde ortalama, en büyük ve en küçük değeri sırasıyla; 7.715, 23.570 ve -0.280’dir.

Model 1, Model 2, Model 3 ve Model 4’te yer alan bağımlı ve bağımsız değişkenlere ilişkin korelasyon analizi sonuçları aşağıda tablolarda sırasıyla verilmiştir.

Tablo 5. Model 1’de yer alan değişkenlerin korelasyon analizi sonuçları

	AKO	lnKE	CO	VDH	BO	nKÂR
AKO	1					
lnKE	0.537	1				
CO	0.589	0.657	1			
VDH	0.318	-0.007	-0.269	1		
BO	-0.589	-0.568	-0.724	0.306	1	
nKÂR	0.793	0.620	0.780	-0.101	-0.727	1

Tablo 6. Model 2’de yer alan değişkenlerin korelasyon analizi sonuçları

	AKO	CO	VDH	BO	nKÂR	lnK1K2
AKO	1					
CO	0.589	1				
VDH	0.318	-0.269	1			
BO	-0.589	-0.724	0.306	1		
nKÂR	0.793	0.780	-0.101	-0.727	1	
lnK1K2	0.485	0.662	-0.121	-0.596	0.609	1

Tablo 7. Model 3'te yer alan değişkenlerin korelasyon analizi sonuçları

	OSK	lnKE	CO	VDH	BO	nKÂR
OSK	1					
lnKE	0.200	1				
CO	0.063	0.657	1			
VDH	0.686	-0.007	-0.269	1		
BO	0.104	-0.568	-0.724	0.306	1	
nKÂR	0.423	0.620	0.780	-0.101	-0.727	1

Tablo 8. Model 4'te yer alan değişkenlerin korelasyon analizi sonuçları

	OSK	lnK1K2	CO	VDH	BO	nKÂR
OSK	1					
lnK1K2	0.125	1				
CO	0.063	0.662	1			
VDH	0.686	-0.121	-0.269	1		
BO	0.104	-0.596	-0.724	0.306	1	
nKÂR	0.423	0.609	0.7803	-0.101	-0.727	1

Model 1, 2, 3 ve 4 korelasyon analizi sonuçları yukarıda Tablo 5-8'de yer almaktadır. Çalışmanın analizinde çoklu doğrusal bağıntı sorununun oluşmaması için, bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon değerinin 0.80'in altında olması gerekmektedir. Yukarıda yer alan Tablo 5, 6, 7 ve 8 de yer alan korelasyon ilişkilerine bakıldığında, bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon değerlerinin 0.80'in üzerine çıkmadığı gözlemlenmekte olup, bu da oluşturulacak modelde çoklu doğrusal bağıntı sorunu rastlanmayacağını göstermektedir.

Panel veri modellerinde, klasik modelin geçerliliği (Havuzlanmış En Küçük Kareler), daha spesifik olarak birim ve/veya zaman etkilerinin varlığı, (Yerdelen Tatoğlu, 2013:164)'te belirtilen testlerle değerlendirilebilir. Bu testler, modelde yer alan birim (cross-sectional) ve zaman (time-series) etkilerinin olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur. Bu testlere ilişkin temel hipotezler aşağıdaki gibidir:

H_0 : Birim ve/veya zaman etkileri yoktur.

H_1 : Birim ve/veya zaman etkileri vardır.

Tablo 9'daki test sonuçları, Model 1 ve 2 için birim ve zaman etkilerinin varlığına ilişkin tespitleri içermektedir. Bu testlerin sonuçları aşağıda yer alan Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9.Birim ve zaman etkisi varlığına ilişkin model 1 ve model 2 test sonuçları

Birim ve Zaman Etkilerinin Varlığının Testi				
	Model 1		Model 2	
Testler	İst. (Olasılık)	Karar	İst. (Olasılık)	Karar
LR Testi	1546.65 (0.000)	Var	1533.47 (0.000)	Var
Zaman Etkilerinin Varlığının Testi				
	Model 1		Model 2	
Testler	İst. (Olasılık)	Karar	İst. (Olasılık)	Karar
LR Testi	0.000 (1.000)	Yoktur	0.000 (1.000)	Yoktur
Birim Etkisi Varlığının Testi				
	Model 1		Model 2	
Testler	İst. (Olasılık)	Karar	İst. (Olasılık)	Karar
LR Testi	1302.5 (0.000)	Var	1642.14 (0.000)	Var
En Çok Olabilirlik Testi	1302.5 (0.000)	Var	1642.14 (0.000)	Var
Skor Testi	4.9e+05 (0.000)	Var	6.7e+03 (0.000)	Var
F Testi	189.61 (0.000)	Var	211.12 (0.000)	Var
LM Testi	5342.82(0.000)	Var	6544.23 (0.000)	Var

Tablo 9’da birim ve zaman etkisine ilişkin test sonuçları değerlendirildiğinde, birim ve zaman etkilerinin olmadığını ifade eden temel hipotez reddedilirken, birim ve zaman etkilerinden en az birini içerdiğini ifade eden alternatif hipotez kabul edilmektedir. Zaman etkisinin varlığına ilişkin sonuçlar tablonun ikinci kısmında verilmiştir. Zaman etkisinin varlığı LR testi ile sınanmıştır. Test sonuçları incelendiğinde zaman etkisinin olmadığını ifade eden temel hipotezin reddedilemediği görülmektedir. Dolayısıyla yapılan çalışmada zaman etkisinin varlığının olmadığı tespit edilmektedir. Tablonun en son kısmında ise birim etkisinin varlığı sırasıyla çeşitli testlerle (LR, En Çok Olabilirlik, Skor Testi, F Testi ve LM testi) sınanmıştır. Birim etkisinin olmadığını ifade eden temel hipotez tüm testler tarafından reddedilmiştir. Dolayısıyla birim etkisine ilişkin testlerin tümü modelde birim etkisinin varlığını teyit etmektedir. Tablo 10’daki test sonuçları, Model 3 ve 4 için birim ve zaman etkilerinin varlığına ilişkin tespitleri içermektedir. Bu testlerin sonuçları aşağıda yer alan Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10. Birim ve zaman etkisi varlığına ilişkin model 3 ve model 4 test sonuçları

Birim ve Zaman Etkilerinin Varlığının Testi				
	Model 3		Model 4	
Testler	İst. (Olasılık)	Karar	İst. (Olasılık)	Karar
LR Testi	2546.05 (0.000)	Var	1833.18 (0.000)	Var
Zaman Etkilerinin Varlığının Testi				
	Model 3		Model 4	
Testler	İst. (Olasılık)	Karar	İst. (Olasılık)	Karar
LR Testi	0.000 (1.000)	Yoktur	0.000 (1.000)	Yoktur
Birim Etkisi Varlığının Testi				
	Model 3		Model 4	
Testler	İst. (Olasılık)	Karar	İst. (Olasılık)	Karar
LR Testi	2315.4 (0.000)	Var	1880.19 (0.000)	Var
En Çok Olabilirlik Testi	2315.4 (0.000)	Var	1880.19 (0.000)	Var
Skor Testi	5.3e+05 (0.000)	Var	3.7e+05 (0.000)	Var
F Testi	277.65 (0.000)	Var	241.42 (0.000)	Var
LM Testi	4342.85 (0.000)	Var	7549.18 (0.000)	Var

Tablo 10’da Model 3 ve 4’e ilişkin birim ve zaman etkisine ilişkin test sonuçları değerlendirildiğinde, birim ve zaman etkilerinin olmadığını ifade eden temel hipotez reddedilirken, birim ve zaman etkilerinden en az birini içerdiğini ifade eden alternatif hipotez kabul edilmektedir. Zaman etkisinin varlığına ilişkin sonuçlar tablonun ikinci kısmında verilmiştir. Zaman etkisinin varlığı LR testi ile sınanmıştır. Test sonuçları incelendiğinde zaman etkisinin olmadığını ifade eden temel hipotezin reddedilemediği görülmektedir. Dolayısıyla yapılan çalışmada zaman etkisinin varlığının olmadığı tespit edilmektedir. Tablonun en son kısmında ise birim etkisinin varlığı sırasıyla çeşitli testlerle (LR, En Çok Olabilirlik, Skor Testi, F Testi ve LM testi) sınanmıştır. Birim etkisinin olmadığını ifade eden temel hipotez tüm testler tarafından reddedilmiştir. Dolayısıyla birim etkisine ilişkin testlerin tümü modelde birim etkisinin varlığını teyit etmektedir.

Hausman (1978) spesifikasyon testi, tanımlama hatasını test etmek amacıyla geliştirilmiş olup, panel veri modellerinde de tahminciler arasında seçim yapmak için kullanılabilir (Tatoğlu, 2013:179). Hausman testine ilişkin hipotezler aşağıdaki gibidir:

H_0 : Hata terimleri ile bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur.

H_1 : Hata terimleri ile bağımsız değişkenler arasında ilişki vardır.

Tablo 11. Hausman testi sonuçları

Hausman Testi Sonucu			
Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
İstatistik (Olasılık)	İstatistik (Olasılık)	İstatistik (Olasılık)	İstatistik (Olasılık)
5.36 (0.2523)	4.86 (0.4338)	4.85 (0.4341)	3.49 (0.6249)

Tablo 11’de yer alan Hausman testi sonucuna göre ise hata terimleri ile bağımsız değişkenler arasında ilişki olmadığını ifade eden temel hipotez reddedilememektedir. Hata terimleri ile bağımsız değişkenler arasında ilişki olmadığında sabit etkiler tahmincisi tutarlı, tesadüfi etkiler tahmincisi ise etkin sonuçlar vermektedir. Bu yüzden gerçekleştirilecek dört modelin tahmininde birim etkiye sahip tek yönlü tesadüfi etkiler tahmincisi kullanılacaktır.

Panel veri analizinde, değişen varyans ve otokorelasyon varsayımları, hata teriminin temel varsayımlarını oluşturmaktadır. Değişen varyans, özellikle yatay kesit verilerinin kullanıldığı analizlerde yaygın olarak karşılaşılan bir sorundur ve hata teriminin koşullu varyansının zaman içinde değişkenlik göstermesini ifade eder. Otokorelasyon ise, hata teriminin ardışık gözlemler arasındaki anlamlı ilişkiyi belirtir. Panel veride, birim değerlerinin birbirini etkilemesi, analizde sistematik bir ilişkiye neden olabilir. Eğer otokorelasyon varsayımı ihlal edilirse, panel veri tahmin sonuçlarında sapmalar ve tutarsızlıklar ortaya çıkabilir. Bu nedenle, yapılan analizde tahmin sonuçlarının değişen varyans ve otokorelasyon içerip içermediği test edilmelidir. Bu tür sorunlar tespit edildiğinde, bu etkileri dikkate alarak daha dirençli tahminciler kullanılmalıdır. Değişen varyansa ilişkin hipotezler aşağıdaki şekildedir:

H_0 : Değişen varyans yoktur.

H_1 : Değişen varyans vardır.

Tablo 12. Levene, Brown ve Forsythe değişen varyans testi sonuçları

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
	İst.(Olasılık)	Karar	İst.(Olasılık)	Karar	İst.(Olasılık)	Karar	İst.(Olasılık)	Karar
W0	0.508(0.730)	Yoktur	0.526(0.717)	Yoktur	2.183(0.109)	Yoktur	2.139(0.115)	Yoktur
W50	0.322(0.859)	Yoktur	0.353(0.838)	Yoktur	1.245(0.325)	Yoktur	1.235(0.329)	Yoktur
W10	0.508(0.730)	Yoktur	0.526(0.717)	Yoktur	2.183(0.109)	Yoktur	2.139(0.115)	Yoktur

Tablo 12’de Levene, Brown ve Forsythe değişen varyans testi sonuçları yer almaktadır. Levene, Brown ve Forsythe'nin Test istatistikleri (W0, W50 ve W10) Snedecor F tablosu ile karşılaştırılarak "Değişen varyans yoktur" şeklinde kurulan temel hipotez %5 önem düzeyinde W0, W50 ve W10 sonuçları ile karşılaştırıldığında

reddedilememektedir. Sonuç olarak, H_0 hipotezi reddedilemez, başka bir ifadeyle modellerin tümünde değişen varyans yoktur.

Otokorelasyonun varlığına ilişkin hipotezler ise aşağıdaki şekildedir:

H_0 : Otokorelasyon yoktur.

H_1 : Otokorelasyon vardır

Tablo 13. Otokorelasyon testi sonuçları: Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin Watson ve Baltagi - Wu'nun yerel en iyi değişmez testleri

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
	İstatistik	Karar	İstatistik	Karar	İstatistik	Karar	İstatistik	Karar
Durbin Watson	1.246	Var	1.204	Var	1.160	Var	1.975	Var
Baltagi Wu	1.592	Var	1.527	Var	1.716	Var	1.666	Var

Tablo 13'te yer alan Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin Watson ve Baltagi – Wu'nun Yerel En İyi Değişmez Testleri sonuçları incelendiğinde DW ve LBI < 2 olduğu için otokorelasyon vardır. Test sonuçları dikkate alındığında otokorelasyon ve değişen varyanstan en az birinin olması durumunda model tahmini gerçekleştirilirken otokorelasyon ve değişen varyansa karşı dirençli tahminci kullanılması gerekmektedir.

Karbon emisyonunun firmaların finansal performansına etkisini Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi endeksinde yer alan firmalar özelinde tespit etmek amacıyla oluşturulan birim etkiye sahip tek yönlü tesadüfi etkiler modeli sonuçları Tablo 14'te gösterilmektedir.

Tablo 14. Dirençli panel veri modeli tahmin sonuçları

Modeller	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Değişkenler	AKO	AKO	OSK	OSK
lnKE	0.433 (0.054)*	-	-0.636(0.025)**	-
lnK1K2	-	0.328(0.081)*	-	-0.999 (0.059)**
CO	-1.000 (0.018)**	-0.958(0.038)**	2.166(0.409)	3.013(0.233)
VDH	3.589 (0.000)***	3.774(0.000)***	1.072(0.148)	1.207(0.126)
BO	-0.074 (0.005)***	-	0.755(0.000)***	0.761(0.000)***
nKÂR	0.806 (0.000)***	0.805(0.000)***	1.727(0.001)***	1.723(0.003)***
Sabit terim (c)	-4.793(0.166)	-3.152(0.342)	-	-
Wald İstatistiği	32.51 (0.000)	28.45(0.000)	22.28(0.003)***	20.99(0.001)***
			27.23(0.000)	25.34(0.000)

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Model sonuçları incelendiğinde, Wald istatistiği olasılık değeri (0.000), yukarıda tabloda yer alan tüm modellerin bir bütün olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla modellerde yer alan bağımsız değişkenlerin anlamlılıklarının yorumuna geçilebilir.

Model 1 sonuçları incelendiğinde, aktif karlılık oranı değişkeni ile firmaların karbon emisyonu toplamı, varlık devir hızı ve net kâr oranı değişkeni istatistiki olarak anlamlı pozitif ilişki tespit edilmiştir. Firmaların karbon emisyonu toplamı bir birim arttığında firmaların aktif kârlılığını 0.433 birim artırmakta olduğu tespit edilmektedir. Benzer şekilde firmaların varlık devir hızında bir birimlik artış oluşturmaları, firmanın aktif karlılığı üzerinde 3.589 birimlik artış sağlamaktadır. Firmanın net kâr oranında bir birimlik artış ise firmanın aktif karlılığı üzerinde 0.806 birimlik artış sağlamaktadır. Aktif kârlılık oranı ile firmanın cari oranı ve borç oranı arasında istatistiki olarak anlamlı negatif ilişki tespit edilmiştir. Firmanın cari oranında gerçekleşen bir birimlik artış, firmanın aktif kârlılığını 1.00 birim azaltmaktadır. Benzer şekilde firmanın borç oranında gerçekleşen bir birimlik artış, firmanın aktif kârlılığını 0.074 birim azaltmaktadır.

Model 2 sonuçları incelendiğinde, aktif karlılık oranı değişkeni ile firmaların kapsam-1ve kapsam-2 çerçevesindeki karbon emisyonu değerlerinin toplamı ($\ln K1K2$), varlık devir hızı ve net kâr oranı değişkeni istatistiki olarak anlamlı pozitif ilişki tespit edilmiştir. Firmaların kapsam-1ve kapsam-2 çerçevesindeki karbon emisyonu değerlerinin toplamı bir birim arttığında firmaların aktif kârlılığını 0.328 birim artırmakta olduğu tespit edilmektedir. Benzer şekilde firmaların varlık devir hızında bir birimlik artış oluşturmaları, firmanın aktif karlılığı üzerinde 3.774 birimlik artış sağlamaktadır. Firmanın net kâr oranında bir birimlik artış ise firmanın aktif karlılığı üzerinde 0.805 birimlik artış sağlamaktadır. Aktif kârlılık oranı ile firmanın cari oranı ve borç oranı arasında istatistiki olarak anlamlı negatif ilişki tespit edilmiştir. Firmanın cari oranında gerçekleşen bir birimlik artış, firmanın aktif kârlılığını 0.958 birim azaltmaktadır. Benzer şekilde firmanın borç oranında gerçekleşen bir birimlik artış, firmanın aktif kârlılığını 0.079 birim azaltmaktadır.

Model 3 sonuçları incelendiğinde, özsermaye karlılık oranı değişkeni ile borç oranı ve net kâr oranı arasında istatistiki olarak anlamlı pozitif ilişki tespit edilmişken, firmaların karbon emisyonu toplamı ile ise istatistiki olarak anlamlı negatif ilişki elde edilmiştir. Varlık devir hızı ve cari oran değişkeni ile özsermaye kârlılığı oranı arasında ise istatistiki olarak anlamlı ilişki tespit edilememiştir. Firmaların borç oranı bir birim arttığında firmaların özsermaye karlılığı 0.755 birim artırmakta olduğu tespit

edilmektedir. Benzer şekilde firmaların net kârlılığında gerçekleşecek bir birimlik artış, firmanın özsermaye karlılığı üzerinde 1.727 birimlik artış sağlamaktadır. Son olarak ise firmaların karbon emisyonu toplamı bir birim arttığında firmaların aktif kârlılığını 0.636 birim azaltmakta olduğu tespit edilmektedir.

Model 4 sonuçları incelendiğinde, özsermaye karlılık oranı değişkeni ile borç oranı ve net kâr oranı arasında istatistiki olarak anlamlı pozitif ilişki tespit edilmişken, firmaların kapsam-1ve kapsam-2 çerçevesindeki karbon emisyonu değerlerinin toplamı ($\ln K1K2$) ile ise istatistiki olarak anlamlı negatif ilişki elde edilmiştir. Varlık devir hızı ve cari oran değişkeni ile özsermaye kârlılığı oranı arasında ise istatistiki olarak anlamlı ilişki tespit edilememiştir. Firmaların borç oranı bir birim arttığında firmaların özsermaye karlılığı 0.761 birim artırmakta olduğu tespit edilmektedir. Benzer şekilde firmaların net kârlılığında gerçekleşecek bir birimlik artış, firmanın özsermaye karlılığı üzerinde 1.723 birimlik artış sağlamaktadır. Son olarak ise firmaların kapsam-1ve kapsam-2 çerçevesindeki karbon emisyonu değerlerinin toplamı ($\ln K1K2$) bir birim arttığında firmaların aktif kârlılığını 0.999 birim azaltmakta olduğu tespit edilmektedir.

Tablo 15. Test edilen hipotez sonuçları

Hipotezler	İlişkinin Yönü	Durumu
H₁: Firmaların aktif kârlılığı ile toplam karbon emisyonları arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	+	Kabul
H₂: Firmaların aktif kârlılığı ile Kapsam 1 ve Kapsam 2 toplamından elde edilen toplam karbon emisyonları arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	+	Kabul
H₃: Firmaların aktif kârlılığı ile cari oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	–	Kabul
H₄: Firmaların aktif kârlılığı ile varlık devir hızı oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	+	Kabul
H₅: Firmaların aktif kârlılığı ile borç oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	–	Kabul
H₆: Firmaların aktif kârlılığı ile net kâr oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	+	Kabul
H₇: Firmaların özsermaye kârlılığı ile toplam karbon emisyonları arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	–	Kabul
H₈: Firmaların özsermaye kârlılığı ile Kapsam 1 ve Kapsam 2 toplamından elde edilen toplam karbon emisyonları arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	–	Kabul
H₉: Firmaların özsermaye kârlılığı ile cari oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	X	Ret
H₁₀: Firmaların özsermaye kârlılığı ile varlık devir hızı oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	X	Ret
H₁₁: Firmaların özsermaye kârlılığı ile borç oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	+	Kabul
H₁₂: Firmaların özsermaye kârlılığı ile net kâr oranı arasında istatistiki olarak anlamlı ilişki vardır.	+	Kabul

Tablo 15’te görüldüğü üzere kurulan 12 hipotezden H₉ ve H₁₀ hipotezleri hariç diğer tüm hipotezler kabul edilmiştir. Firmaların karbon emisyonları ile aktif kârlılığı arasında istatikselsel olarak anlamlı ve pozitif yönlü, özkaynak kârlılığı ile ise istatikselsel olarak anlamlı negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Firmaların karbon salınımı, çevre kirliliği, sürdürülebilirlik ve finansal performans arasındaki ilişki son yıllarda önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Karbon salınımını azaltmayı hedefleyen şirketler, çevre dostu uygulamalara yatırım yaparak uzun vadede sürdürülebilir bir iş modeli oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu tür çevre dostu stratejiler, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı ve karbon ayak izinin azaltılması gibi unsurları içerirken, aynı zamanda şirketlerin finansal performansını da etkileyebilmektedir. Yapılan araştırmalar, çevre dostu uygulamaların başlangıçta maliyetli olmasına rağmen, uzun vadede operasyonel maliyetlerin düşmesi, marka değeri artışı ve yatırımcı ilgisinin artması gibi olumlu finansal sonuçlar doğurduğunu göstermektedir. Ayrıca, sürdürülebilirlik çabaları, şirketlerin düzenleyici uyumlarını güçlendirerek risklerini azaltmalarına ve bu sayede finansal istikrarlarını sağlamalarına yardımcı olabilir. Bununla birlikte, şirketlerin karbon salınımını azaltma çabalarının başarısı, genellikle sektörün doğasına, yenilikçilik kapasitesine ve yönetim anlayışına bağlıdır.

Karbon emisyonunun firmaların finansal performansına etkisini Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi endeksinde yer alan firmalar özelinde tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmanın değişkenlerine ilişkin veri seti 2019-2023 dönemini içermekte ve yıllık gözlemden oluşmaktadır. Bu çerçevede, çalışmanın örneklemini Borsa İstanbul- Ana Metal Sanayi endeksinde yer alan firmalardan incelenen dönem itibarıyla yıllık verilerine tam olarak ulaşılan 5 adet firma (Borusan Birleşik Boru Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş., Erciyas Çelik Boru Sanayi A.Ş., Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş., İskenderun Demir ve Çelik A.Ş. ve Kocaer Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş.) oluşturmaktadır.

Çalışmanın analizi dört adet model kurularak gerçekleştirilmiştir. Bağımlı değişken olarak ilk iki modelde Aktif Kârlılık Oranı (AK), sonraki iki modelde ise Özsermaye Kârlılık Oranı (OSK) kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler olarak ise Toplam Karbon Emisyonu (lnKE), Kapsam 1 ve Kapsam 2 de yer alan değerlerin toplamı (lnK1K2), Cari Oran (CO), Varlık Devir Hızı (VDH), Borç Oranı (BO) ve Net Kâr Oranı (nKAR) kullanılmıştır. Çalışmanın analizinin gerçekleştirilmesinde statik panel veri analizinden yararlanılmıştır.

Çalışmanın analizi sonucunda oluşturulan Model 1 ve Model 2 sonuçları, firmaların karbon emisyonu, varlık devir hızı, net kâr oranı ve finansal oranlar

arasındaki ilişkileri anlamada önemli bulgular sunmaktadır. Her iki modelde de firmaların karbon emisyonu toplamı ile aktif kârlılık arasında anlamlı pozitif bir ilişki gözlemlenmiştir. Model 2’de de karbon emisyonu ve varlık devir hızının aktif kârlılığı artırdığı bulunmuş, ancak cari oran ve borç oranı ile aktif kârlılık arasında negatif ilişkiler benzer şekilde devam etmiştir. Model 3’te, özsermaye karlılık oranı değişkeni ile borç oranı ve net kâr oranı arasında anlamlı pozitif ilişki tespit edilmişken, firmaların karbon emisyonu toplamı ile ise anlamlı negatif ilişki elde edilmiştir. Ayrıca, varlık devir hızı ve cari oran değişkeni ile özsermaye kârlılığı oranı arasında ise istatistiki olarak anlamlı ilişki tespit edilememiştir. Model 4’te de benzer şekilde özsermaye karlılık oranı değişkeni ile borç oranı ve net kâr oranı arasında istatistiki olarak anlamlı pozitif ilişki tespit edilmişken, firmaların kapsam-1ve kapsam-2 çerçevesindeki karbon emisyonu değerlerinin toplamı (lnK1K2) ile ise istatistiki olarak anlamlı negatif ilişki elde edilmiştir. Varlık devir hızı ve cari oran değişkeni ile özsermaye kârlılığı oranı arasında ise istatistiki olarak anlamlı ilişki tespit edilememiştir.

Çalışmanın analizinde kullanılmak amacıyla kurulan 12 hipotezden H_9 ve H_{10} hipotezleri hariç diğer tüm hipotezler kabul edilmiştir. Firmaların karbon emisyonları ile aktif kârlılığı arasında istatikselsel olarak anlamlı ve pozitif yönlü, özkaynak kârlılığı ile ise istatikselsel olarak anlamlı negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

Gelecek çalışmalarda, firma performansı ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi daha derinlemesine incelemek için, sektörel farklılıkların ve coğrafi faktörlerin göz önünde bulundurulması önemlidir. Özellikle, karbon emisyonlarının sektörel yapıya ve faaliyetlerin çevresel etkilerine göre değişiklik gösterdiği dikkate alınarak, sektör bazında karşılaştırmalı analizler yapılabilir. Ayrıca, firmaların sürdürülebilirlik stratejilerinin etkisini değerlendirebilmek için, karbon emisyonu azaltma politikalarının uzun vadeli finansal performans üzerindeki etkisi incelenebilir. Bu bağlamda, karbon salınımını azaltma çabalarının, çevresel düzenlemelere uyum sağlama, marka değeri kazanma ve tüketici taleplerine yanıt verme gibi faktörlerle nasıl ilişkilendiği araştırılabilir. Aynı zamanda, yenilikçi teknolojilerin ve yeşil yatırımların firmaların kârlılıkları ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmaları üzerindeki etkisi, daha ayrıntılı şekilde analiz edilerek, bu stratejilerin finansal performansı nasıl dönüştürdüğü üzerine çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Ağaslan, E. ve Koç, Y. (2024). Türkiye’de seçili sürdürülebilirlik ve finansal gelişmişlik göstergeleri arasındaki ilişkinin Bootstrap yöntemine dayalı analizi. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14, 251-261.
- Akova, İ. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları*, Nobel Akademik Yayıncılık. ISBN: 9786053950905, Ankara.
- Altaş, İ. H ve Şahin, E. (2019). *Dünyada ve Türkiye’de Dalga Enerjisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 465, 43-53.
- Anatürk, Ş. (2019). *Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Türkiye örneği. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (612579).*
- Aras, G. (2022). *Türkiye’de ekolojik ayak izi dinamiklerinin STIRPAT Modeli Kapsamında Analizi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (707530).*
- Atalay, O ve Guven, S. (2018). Use of the renewable energy resources in Turkey, the eurasia proceedings of science, technology, engineering & mathematics (EPSTEM), 4, 167-170.
- Atik, A., D., Işıldar, G., Y., Günal, Nazlı., (2018). Üniversite öğrencilerinin ekolojik ayak izi azaltılması konusundaki eğilimlerinin incelenmesi, *TÜBAV Bilim*, 11(4), 34-46.
- Ayas, C., Demirayak, F., Karaosmanoğlu, F., İş, G., Kumbaroğlu, G., Or, İ., ... Arıkan, Y. (2009). *İklim Çözümleri 2050 Türkiye Vizyonu*, ISBN: 978-605-60247-5-7.
- Bayazıt, Y. (2021). Hidroelektrik ve termik santrallerin karbon emisyonu üzerindeki etkilerinin araştırılması: Eskişehir ili örneği. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 442-452.
- Bıçen, Ö., F. ve Çoban, M., N. (2024), G-7 Ülkelerinde ekonomik özgürlük ile ekolojik ayak izi ilişkisi: *QRPD Yöntemi İle Analiz, Kafkas Üniversitesi İİBF Dergisi*, 15(29), 163-187.
- Bilgili, F. ve Ulucak, R. (2018). Is There deterministic, stochastic, and/or club convergence in ecological footprint indicator among G20 countries? Germany. *Çevre Bilimi ve Kirlilik Araştırması*, 25: 35404-35419.

- Binboğa, G. (2017). Sürdürülebilirlik kapsamında Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Türkiye'nin durumunun incelenmesi, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(4), 208-238.
- Birinci, N. (2020). Karbon fiyatlandırmasında elde edilen gelirlerin kullanımı ve etkinliği, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10, 155-179.
- Bucak, Ç. (2022). Ekonomik özgürlük endeksi, insani gelişme endeksi ve ekolojik ayak izi: E7 Ülkeleri için ampirik bir analiz. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12, 141-158.
- Çabuk, A., Çömert, R., Bilget, Ö. (2012). Kyoto Protokolüne imza atan G20 Ülkelerin yıllara göre karbon salınımlarının (1990-2012) coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile analizi, *Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimler Enstitüsü*, 883-891.
- Çağlayan, E., ve Saçaklı, İ. (2006). Satın alma gücü paritesinin geçerliliğinin sıfır frekansta spektrum tahmincisine dayanan birim kök testleri ile incelenmesi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 121-137.
- Çelik, G. (2021). *Ekolojik ayak izini etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik bir yapısal model önerisi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi*, (692841).
- Çetintaş, H ve Türköz, K. (2017). İklim değişikliği ile mücadelede karbon piyasalarının rolü, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(37), 147-167.
- Çınar, M. (2021). Panel veri ekonometrisi: Stata ve EViews Uygulamalı. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Çıtak, O. S. (2016). Karbon ayak izi'nin ne kadarı finansal piyasalarda: Karbon piyasalarının performansı ve karbon merkez bankasının kurulması. *İstanbul Medipol Üniversitesi, Maliye Finans Yazıları*, (105), 31-46.
- Danimarkalı, Özcan, B., ve Ulucak, R. (2021). Hindistan'da nükleer enerji tüketimi ve karbondioksit (CO2) emisyonu üzerine ampirik bir araştırma: IPAT ve EKC hipotezleri arasında köprü kurulması. *Nükleer Mühendislik ve Teknoloji*, 53(6), 2056-2065.
- Demirci, E. (2018). *Yenilenebilir enerji kaynaklarının konutlarda karbon ayak izinin azaltılmasındaki rolü. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi*, (539252).
- Destek, M. A., Ulucak, R. ve Doğan, E. (2018). Analyzing the environmental Kuznets curve for the EU countries: The role of ecological footprint. *Çevre Bilimi ve Kirlilik Araştırması*, 25, 29387- 29396.

- Dinç, A. ve Özsoy, C. E. (2016). Sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik ayak izi, *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 53, 36-55.
- Duru, B. Viyana'dan Kyoto'ya iklim değişikliği serüveni, *Mülkiye*, 25 (230), 301-333.
- Ecevit, E. (2013). Türk cumhuriyetlerinde yaşam beklentisinin belirleyicileri ve ampirik bir analiz, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 21, 349-363.
- Eren, A. A., ve Özlem, A. F.(2020). OEC ülkelerinde ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin durağanlığının incelenmesi, *Sosyoekonomi*, 28 (46), 293-310.
- Ertekin, P. (2012). *Sürdürülebilir kaynak kullanımına yönelik çevre eğitimi uygulamalarının ilköğretim öğrencilerinin karbon ayak izi konusunda bilinçlenmeleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (326007).*
- Fetting, C. (2020). The European Green Deal.ESDN Report, December, Viyana.
- Gül, E. Ve Ergün, H. (2012). Gelişmiş ve azgelişmiş ülkelerde ekonomik büyüme dinamikleri: Bir panel veri analizi, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 4(1), 127-136.
- Güleç, S. (2022). *5E Öğrenme modeli uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarılarına, ekolojik ayak izi farkındalıklarına ve sürdürülebilir çevreye yönelik tutumlarına etkisi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (705651).*
- İnci, E.İ. (2019). *Antalya il merkezinin ekolojik ayak izinin ve halkın çevresel farkındalık düzeylerinin değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (570001).*
- Karabulut, T ve Koyuncu, T. (2021). Türkiye'de Sürdürülebilir Kalkınma ve Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Enerji: Ampirik Bir Çalışma, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 2(17), 466-482.
- Karakaya, E. (2015). Proje Temelli Esneklik Mekanizmaları: *Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme*, Bağlam Yayınevi, Eskişehir, 169-196.
- Kaya, H. E. (2020). Kyoto'dan Paris'e Küresel İklim Politikaları. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırma Dergisi*, 4(10), 165-191.
- Keleş, Ö. (2007). *Sürdürülebilir yaşama yönelik çevre eğitimi aracı olarak ekolojik ayak izinin uygulanması ve değerlendirilmesi. Doktora tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (211813).*
- Kılıç, F. Ç ve Kılıç, M. K. (2013). *Jeotermal Enerji ve Türkiye*, 54, 45-56.

- Kılıç, M. Y ve Adalı, S. (2023). Güneş Enerjisi Kullanılarak Bir Villanın Elektrik İhtiyacının Karşılanması. *Yüüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 121-130.
- Kızılırmak, İ. (2023). *Edirne ili alçak düşüü akarsularında piko hidroelektrik enerjisi potansiyelinin değeriendirilmesi ve uygun bir türbin- generatör prototipinin geliştirilmesi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (821567).*
- Kızkın, A. (2023). *Hidroelektrik santrallerinde yıllık enerji üretiminin emisyon salınımı farklılıkları açısından biyoenerji ile karşılaştırılması ve küresel ısınmaya olan etkileri. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (787780).*
- Kim, Y. (2021). *Teknolojik Yenilik, Kyoto Protokolü ve Açık Yenilik*, 7(3), 198.
- Koç, E ve Şenel, M.C. (2013). *Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu: Genel Değeriendirme*, 54, 32-44.
- Koç, E ve Şenel., M.C. (2015). *Dünyada ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu- Genel Değeriendirme, Mühendis ve Makine*, 56, 46-56.
- Köseoğlu, P ve Erten, S. (2022). Paris Anlaşmasına Göre Çevre Eğitimi Nasıl Olmalıdır?, *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 54, 1528-1544
- Kurnuç, Z. (2010). *Tabiat ve İnsan*, ISSN: 1302-1001.
- Lglinski, B., Kielkowska, U., Pietrzak, M. B., Skrzatek, M., Kumar, G. Ve Piechota, G. (2023). *The Regional Energy Transformation In The Context Of Renewable Energy Sources Potential*, *Renewable Energy*, 218, 119246.
- Li, S., Tauni, M. Z., Afshan, S., Dong, X., Abbas, S. (2024). *Moving Towards A Sustainable Environment In The BRICS Economies: What Are The Effects Of Financial Development, Renewable Energy And Natural Resources Within The LCC Hypothesis?*, *Resources Policy*, 88, 104457.
- Marosek, J ve Gavurova, B. (2022). *Recovering Phosphorous From Biogas Fermentation Residues Indicates Promising Economic Results*. 291(1), 133008.
- Mızık, E.T. Ve Avdan, Y.Z. (2020). Sürdürülebilirliğin Temel Taşı: Ekolojik Ayak İzi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 451-467.
- Muhtasham, C. (2015). *Yenilenebilir Enerjiler*, 74, 1289-1297
- Ocak, R. (2022). *Sosyal bilgiler öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (739314).*

- Özçelik, E. (2024). *Sülfür geri kazanım ünitesi tesisinde karbon ayak izinin hesaplanması ve çevresel açıdan değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (877500).*
- Özden, A. ve Haçikoğlu, M. (2017), Ana Metal Sanayi Sektörü Ekonomik Araştırmalar Departmanı, A&T BANK
- Özden, S ve Yetiş, Ş. (2019). Türkiye’de Karbon Piyasalarının Gelişimi ve Ormancılığa Etkisi, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6, 457-477.
- Özil, E., Şişbot, S., Özpınar, A. ve Olgun, B. (2013). Elektrik enerjisi teknolojileri ve enerji verimliliği, TESAB.
- Öztürk, A., Türker, M., Demirci, U. (2012). İklim Değişikliği ile Mücadelede Karbon Piyasaları ve Türkiye için Bir Değerlendirme, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 306-312.
- Polat, F., Kemahlı, F., Akıllı, H., Okudan, K. (2008). Ekolojik Ayak İzinin Kavramsal İçeriği ve Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinde Bireysel Ekolojik Ayak İzi Hesaplaması, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi* 15, 1-25.
- Purvis, C.L. (2008). The Ecological Footprint Of Hostel Tourist In Ontario And Quebec, Master of studies, *Waterloo University, Kanada.*
- Rehman, A., Ulucak, R., Ma, H., Ding, J., ve Hua, J. (2024). The interconnectedness of lan-crops-livestock and environmental Ouality in emerging asian economies: Challenges of Agriculturalization and Carbonization, 10(13), 1570.
- Sağlam, M ve Uyar, T, S. (2020). *Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli*, Göztepe, İstanbul, 1, 1-5.
- Saraçoğlu, N., Kurt, R., Karayılmazlar, S., Çabuk, Y. (2011). Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(13), 63-75
- Selçuk, F.S. (2023). Uluslararası İklim Değişikliği Anlaşmaları ve Türkiye’nin Tutumu, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 9-19.
- Sevüktekin, M. ve Çınar, M. (2017). Ekonometrik Zaman Serileri Analizi: EvIEWS uygulamalı 5.Baskı. Bursa: Dora Yayınevi
- Shi, H., Chai, J., Lu, Q., Zheng, J., Ve Wang, S. (2022). The İmpact Of China’s Low-Carbon Transition On Economy, Society And Energy İn 2030 Based On CO2 Emissions Drivers, *Energy*. 239, 122336.
- Sun, R. S., Gao, X., Deng, L. C., Wang, C. (2022). Is The Paris Rulebook Sufficient For Effective İmplementation Of Paris Agreement?, *İklim Değişikliği Araştırmalarındaki Gelişmeler*, 13(4), 600-611.

- Şeneren, M. (2022). *Kentlerde ısınma kaynaklı karbon ayak izi azaltımında termik santrallerin atık ısının kullanımı. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (772692).*
- Şevik, S., E. Ve Şahin, A., D. (2024), Türkiye'nin En Büyük Metropol Şehirlerinde Sektörel Karbon Ayak İzlerinin Miktarlandırılması: Monte Carlo Simülasyon Yaklaşımı, *Sürdürülebilir Enerji ve İklim Sistemleri Laboratuvarı*, 16(5), 1730.
- Şimşek, T. ve Bursal, M. (2019). Türkiye'de Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite Arasındaki İlişki: Bootstrap Rolling Window Nedensellik Testi, *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, Özel Sayı, 452-465.
- Taşçı, M. (2019). *İklim değişikliğinin gıda güvenliğine etkileri ve küresel, ulusal ve yerel ölçekli politikaların analizi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (602436).*
- Tatlıbadem, A.İ. (2020). *Sürdürülebilir kalkınma ve karbon ayak izi ilişkisi: G-8 örneği. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (659915).*
- Tatoğlu, F. Y. (2013). Panel Veri Ekonometrisi 2. Baskı. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Tosunoğlu, T. (2014). Sürdürülebilir Küresel Refah Göstergesi Olarak Ekolojik Ayak İzi, *Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi* 3(3), 5, 133-149.
- Tür, R ve Bozkurt, S. (Yok). Dünyada ve Türkiye'de Hidroelektrik Enerji, Gelişimi ve Genel Değerlendirme, *Su yapıları sempozyumu*, (4), 322-330.
- Ubay, B ve Bilgici., Y. (2021). Karbon Fiyatlandırmasında Emisyon Ticaret Sistemi ve Önemi, *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(10), 47-72.
- Ulucak, R. (2015). *Ekonomik büyüme modellerinde çevre: Ekolojik ayak izini esas alan bir uygulama. Doktora tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (412245).*
- URL-1 <http://www.footprintnetwork.org>, Erişim: 10.01.2023.
- URL-2 <http://www.footprintnetwork.org>, Erişim: 12.01.2023.
- URL-3 <http://www.footprintnetwork.org>, Erişim: 15.01.2023.
- URL-4 <https://www.karbonayakizi.com/>, Erişim: 10.02.2024.
- URL-5 <https://4en.com.tr/karbon-ayak-izi-nedir-ve-nasil-azaltilir>, Erişim: 16.02.2024.
- URL-6 <https://www.turkiyefinans.com.tr/tr-tr/blog/sayfalar/karbon-ayak-izi-ve-su-ayak-izi.aspx>, Erişim: 18.02.2024.
- URL-7 <https://4en.com.tr/karbon-ayak-izi-nedir-ve-nasil-azaltilir>, Erişim: 16.02.2024.
- URL-8 <https://4en.com.tr/karbon-ayak-izi-nedir-ve-nasil-azaltilir>, Erişim: 22.02.2024.
- URL-9 https://yenader.org/tr_tr/blog/service/yenilenebilir-enerji-nedir/, Erişim: 24.02.2024.

- URL-10 <https://eusolar.ege.edu.tr/tr-3482/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.html>, Erişim: 02.03.2024.
- URL-11 <https://www.engeenergy.com/Gunes-Enerjisi-ve-Cevresel-Surdurulebilirlik-124> Erişim: 04.03.2024.
- URL-12 Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli incitas.com.tr, Erişim: 05.03.2024.
- URL-13 <https://tureb.com.tr/eng/kurumsal/neden-ruzgar-enerjisi/3>, Erişim: 11.03.2024.
- URL-14 <https://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Jeotermal-Enerji-Nedir->, Erişim: 13.03.2024.
- URL-15 <https://www.aydemperakende.com.tr/blog/jeotermal-enerji-nedir-nasil-elde-edilir>, Erişim: 16.03.2024.
- URL-16 <https://www.aydemperakende.com.tr/blog/jeotermal-enerji-nedir-nasil-elde-edilir>, Erişim: 16.03.2024.
- URL-17 <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal#:~:text=%C3%9C%20kemizin%20jeotermal%20potansiyeli%20olduk%C3%A7a%20y%C3%BCksek,i%20di%C4%9Fer%20b%C3%B6lgelerde%20yer%20almaktad%C4%B1r>, Erişim: 20.03.2024.
- URL-18 Biyokütle Enerjisi Nedir? – Sehatek, Erişim: 21.03.2024.
- URL-19 <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/havza%20koruma%20eylem%20planlari%C4%B1/Stockholm.pdf>, Erişim: 06.10.2024.
- URL-20 <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi>, Erişim: 10.10.2024.
- URL-21 https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf, Erişim: 4.11.2024.
- URL-22 <https://iklim.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-33>, Erişim: 7.11.2024.
- URL-23 http://web.bilecik.edu.tr/onur-polat/files/2019/09/iklim_degisikligi_cerceve_so_zlesmesi_ve_turkiye.pdf, Erişim: 12.11.2024.
- URL-24 <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>, Erişim: 13.11.2024.
- URL-25 <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>, Erişim: 13.11.2024.
- URL-26 <https://eu.immib.org.tr/avrupa-yesil-mutabakati/>, Erişim: 17.11.2024.
- URL-27 <https://sustainablefuture.com.tr/karbon-piyasasi/>, Erişim: 20.11.2024.
- URL-28 <https://cdm.unfccc.int/about/index.html>, Erişim: 03.12.2024.

- URL-29 <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/emissions-trading>,
Erişim: 10.12.2024.
- Ünaldı, G. (2016). *Yeşil pazarlamada karbon ayak izi kavramının değerlendirilmesi: Çorum İli'nin dünya üzerindeki karbon ayak izinin belirlenmesi üzerine bir alan araştırması. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (433871).*
- Üner, B. (2023). *Küreselleşen dünyada ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi ilişkisi: Kırılgan Beşli ölkeleri üzerine bir inceleme. Doktora tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (857337).*
- Wackernagel, M. Ve Rees, E. W. (1997). Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective. *Ecological, Economy*, 20 (1), 3-24.
- Wackernagel, M., Lin, D., Hanscom, D., Galli, A., Iha, K. (2019) Ekolojik Ayak İzi, *Ekoloji Ansiklopedisi* (2) 4, 70-282.
- Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, A. C., Falfan, I. S., Garcia, M. J., ... Guerrero, A.I. (1999), National natural capital accounting with the ecological footprint concept, *Ecological Economy*, 3(29), 375-390.
- Wiedmann, T., Minx, J., Barrett, J., ve Wackernagel, M. (2006). Allocating ecological footprints to final consumption categories with input- output analysis, *Ecological Economy*, 56(1), 28-48.
- Yadav, A., Gyamfi, B., A., Asongu, S., A., Behera, K. D. (2024). The Role Of Green Finance And Governance Effectiveness In The Impact Of Renewable Energy Investment On CO2 Emmissions In BRICH Economies, *Journal Of Environmental Management*, 358, 120906.
- Yapraklı, S. (2013). *Enerjiye Dayalı Büyüme: Türk Sanayi Sektörü Üzerine Uygulamalar*, Beta Yayınevi.
- Yıldırım, A.N. (2024). *Yenilenebilir enerji tüketimi, fosil enerji tüketimi, ticari dışa açıklık ve büyüme arasındaki ilişkinin analizi: Türkiye örneği. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (852256).*
- Yılmaz, A. (2022). Ticari açıklığın ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel etkilerinin ekolojik ayak izi üzerinden değerlendirilmesi; Yükselen Piyasa Örneği, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 18(2), 32-57.
- Yılmaz, Ö., ve Çamkaya, S. (2022). CO2 Emisyonu ve Ekolojik Ayak İzi Bağlamında N-11 Ölkelerinde Çevresel Kuznets Eğrisinin Test Edilmesi, *Kafkas Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13 (26), 915-937.

- Yılmaz, S. (2014). Yeşil İşler ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli, *Uzmanlık Tezi*.
- Yolcu, M.B. (2023). Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye’deki Yeşil Lojistik Uygulamaları & European Green Deal And Green Logistics Practices In Turkey, *Araştırma Makalesi*, 7(2), 136-151.
- Yüksel, Ş., B. (2017). Ankara üniversitesi tıp fakültesi çalışanlarının karbon ayak izi saptanması. *Tıpta uzmanlık tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi*, (461601).



ÖZGEÇMİŞ

Şeyma EKEN, 2014 yılında Şehit Nuri Pamir Lisesinden mezun olmuştur. 2016 yılında Gümüşhane Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü'nü kazanmıştır. 2018-2019 Eğitim- Öğretim hayatında, Farabi programına hak kazanarak 3.sınıfı Kırıkkale Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinde devam etmiş, 4.sınıfı Gümüşhane Üniversitesinde tamamlayıp 2020 yılında mezun olmuştur. 2021-2022 Eğitim- Öğretim Yılı Güz Döneminde Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır.

