



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA BAĞLAMINDA
EKO-İNOVASYON PERFORMANSINI
ETKİLEYEN FAKTÖRLER: OECD ÜLKELERİ
ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Ayça ÜÇBAŞ

Danışman
Prof. Dr. Burcu TÜRKCAN

İZMİR

2026

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA BAĞLAMINDA
EKO-İNOVASYON PERFORMANSINI
ETKİLEYEN FAKTÖRLER: OECD ÜLKELERİ
ÖRNEĞİ**

Ayça ÜÇBAŞ

Danışman
Prof. Dr. Burcu TÜRKCAN

İZMİR
2026

Tez Değerlendirme Kurulu Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Burcu TÜRKCAN
(Danışman)

ye : Doç. Dr. Gül şerife HUYUGÜZEL KİşLA

ye : Dr. Öğr. Üyesi Elif Tuğçe BOZDUMAN

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Ege Üniversitesi tarafından kullanılan ‘bilimsel intihal tespit programı’ ile tarandığını ve hiçbir şekilde ‘intihal içermediğini’ beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Ayça ÜÇBAŞ

ÖNSÖZ

Gelecek nesillerin refahını güvence altına almak için sürdürülebilirliği ekonomik ve sosyal faaliyetlere entegre etmek bir zorunluluktur. Eko-inovasyon uygulamaları çevresel faydalara odaklanırken ekonomik ve toplumsal gelişmeleri de teşvik etmektedir. Bu kapsamda eko-inovasyon uygulamaları sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için önemli bir araç olarak işlev görmektedir.

Tez konusu belirlenirken eko-inovasyonun geliştirilme sürecinde hangi faktörlerden etkilendiğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için örneklem olarak da OECD ülkeleri tercih edilmiştir.

Analiz yöntemi olarak CS-ARDL yönteminin kullanıldığı çalışmada modele eklenen değişkenlerin kısa ve uzun vadeli katsayı tahminleri yapılmıştır. Buna göre, OECD ülkelerinde eko-inovasyon performansını etkileyen faktörler analiz edilerek ulaşılan bulgular yorumlanmış ve politika önerileri sunulmuştur.

İzmir, 2026

Ayça ÜÇBAŞ

ÖZET

İklim değışikliğinin etkileri giderek daha belirgin hale gelmektedir. Bu etkilerden kaçınmak için de gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınma da bu çerçevede ekonominin tüm kesimleri için ortak bir odak noktası haline gelmektedir. Sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmanın kilit bir aracı olarak da eko-inovasyonlar öne çıkmaktadır. Literatürde eko-inovasyonların karbondioksit emisyonları ve ekolojik ayak izi üzerindeki negatif etkisi çeşitli çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Bu çerçevede eko-inovasyonlar ekonomik amaçlar ile sürdürülebilirlik amaçlarına aynı anda ulaşmanın bir yolu olarak değerlendirilebilmektedir. Bu kapsamda ülkelerin eko-inovasyon performansını etkileyen faktörlerin analiz edilmesi ve buna göre düzenlemeler ve geliştirmeler yapılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasının temel amacı OECD ülkelerinde eko-inovasyon performansını belirleyen temel faktörleri analiz etmektir. Çalışma 24 yıllık dönem için ekonomik karmaşıklığın eko-inovasyon performansının geliştirilmesi sürecindeki etkisini analiz etmesi bakımından özgün değeri taşımaktadır ve bu kapsamda bulguların literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde sürdürülebilir kalkınma bağlamında eko-inovasyon belirleyicilerinin analizini yapabilmek için ilk olarak sürdürülebilir kalkınmanın kavramsal çerçevesi tartışılmıştır. Ardından eko-inovasyon kavramsal çerçevesine yer verilerek sürdürülebilir kalkınma bağlamında önemi ve geliştirilme sürecini etkileyebilecek faktörler tartışılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise eko-inovasyon performansını etkileyen faktörler ile ilgili ampirik çalışmalara yer verilmiştir. Bölüm sonuna ise ampirik literatür özeti tablo olarak eklenmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise ampirik analize yer verilmiştir. İlk olarak veri seti ve model tanıtılmıştır. Çalışmada OECD ülkeleri için 2000-2023 verileri kullanılarak eko-inovasyon performansının belirleyicileri analiz edilmiştir. CS-ARDL yönteminin kullanıldığı çalışmada ekonomik karmaşıklık, Ar-Ge harcamaları, küreselleşme, GSYİH, karbondioksit emisyonları ve popülasyon yoğunluğunun çevresel patentler üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Ardından ise yöntemin metodolojisi ve bulgular açıklanmıştır. Buna göre, analiz sonucunda, kısa vadede ekonomik karmaşıklığın eko-

inovasyon performansını pozitif etkilediği tespit edilmiştir. Uzun vadede ise karbondioksit emisyonlarının etkisinin pozitif, GSYİH etkisinin ise negatif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: sürdürülebilir kalkınma, eko-inovasyon, ekonomik karmaşıklık, CS-ARDL

ABSTRACT

The effects of climate change are becoming increasingly apparent. Measures must be taken to avoid these effects. Sustainable development, in this context, is becoming a common focus for all sectors of the economy. Eco-innovation stand out as a key tool for achieving sustainable development. The negative impact of eco-innovations on carbon dioxide emissions and ecological footprint has been proven by various studies in the literature. In this context, eco-innovations can be considered a way to achieve both economic and sustainability goals simultaneously. Therefore, it is necessary to analyze the factors affecting the eco-innovation performance of countries and to make regulations and improvements accordingly.

The main objective of this thesis is to analyze the key factors determining eco-innovation performance in OECD countries. In the first section of the study, the conceptual framework of sustainable development is discussed in order to analyze the determinants of eco-innovation within the context of sustainable development. Next, the conceptual framework of eco-innovation is presented, and its importance in the context of sustainable development and the factors that may affect its development process are discussed.

The second section of the study includes empirical studies on the factors affecting eco-innovation performance. A table summarizing the empirical literature is included at the end of the section.

The third section of the study presents the empirical analysis. Firstly, the dataset and model are introduced. In this study, the determinants of eco-innovation performance are analyzed using data from 2000-2023 for OECD countries. Using the CS-ARDL method, the effects of economic complexity, R&D expenditures, globalization, GDP, carbon dioxide emissions, and population density variables on environmental patents are analyzed. Then, the methodology and findings of the method are explained. Accordingly, the analysis results show that in the short term, economic complexity positively affects eco-innovations. In the long term, it is concluded that carbon dioxide emissions have a positive effect, while GDP has a negative effect.

Keywords: sustainable development, eco-innovation, economic complexity, CS-ARDL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ	xii
GİRİŞ	2
BİRİNCİ BÖLÜM	4
SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE EKO-İNOVASYONUN TEORİK ÇERÇEVESİ.....	4
1.1. Sürdürülebilir Kalkınma: Kavramsal Çerçeve ve Tarihsel Süreç	4
1.2. Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları	9
1.2.1. Ekonomik Sürdürülebilirlik.....	11
1.2.2. Sosyal Sürdürülebilirlik	12
1.2.3. Çevresel Sürdürülebilirlik.....	13
1.3. Eko-İnovasyon: Tanım, Kapsam ve Teorik Çerçeve.....	14
1.3.1. İnovasyon.....	14
1.3.2. Eko-İnovasyon: Tanım, Kapsam ve Sınıflandırma	15
1.3.3. Eko-İnovasyonun Ölçülmesi.....	20
1.3.4. Sürdürülebilir Kalkınmayı Sağlamada Eko-İnovasyon	22
1.3.5. Eko-İnovasyonun Belirleyicileri ve Önündeki Engeller.....	24
1.4. Ekonomik Karmaşıklık.....	26
İKİNCİ BÖLÜM.....	30
EKO-İNOVASYON PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERE YÖNELİK AMPİRİK LİTERATÜR	30
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	49

EKO-İNOVASYON PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERE YÖNELİK AMPİRİK ANALİZ.....	49
3.1. Veri Seti ve Model	49
3.2. Metodoloji ve Bulgular	54
3.2.1. Yatay Kesit Bağımlılığı	55
3.2.2. Homojenlik Testi	57
3.2.3. Pesaran CIPS Birim Kök Testi	58
3.2.4. Westerlund Eşbütünleşme Testi	60
3.2.5. Katsayı tahmini: CS-ARDL yaklaşımı	62
SONUÇ	66
KAYNAKÇA.....	69

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Binyıl Kalkınma Amaçları.....	7
Tablo 2: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları.....	8
Tablo 3: Literatür Özet Tablosu.....	39
Tablo 4: Değişken Tanımları.....	50
Tablo 5: Tanımlayıcı İstatistikler.....	53
Tablo 6: Korelasyon Katsayıları.....	54
Tablo 7: Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları.....	56
Tablo 8: Homojenlik Test Sonucu.....	58
Tablo 9: İkinci Nesil Birim Kök Testi Sonuçları.....	59
Tablo 10: Eşbütünleşme Testi Sonuçları.....	61
Tablo 11: Uzun Dönem ve Kısa Dönem CS-ARDL Katsayı Tahmin Sonuçları.....	64

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: OECD Ülkelerinin 2000-2023 CO2 Emisyonları Ortalaması.....	9
Şekil 2: Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları.....	10
Şekil 3: OECD Ülkelerinin 2000-2023 Ekonomik Karmaşıklık Ortalaması.....	21
Şekil 4: OECD Ülkelerinin 2000-2023 Yılları Ar-Ge Harcamaları Ortalaması.....	22
Şekil 5: OECD Ülkelerinin 2000-2023 Yılları Çevreyle İlgili Teknoloji Patentleri Ortalaması.....	27

KISALTMALAR LİSTESİ

AB: Avrupa Birliği

ABD: Amerika Birleşik Devleti

AR-GE: Araştırma ve Geliştirme

ARDL: Autoregressive Distributed Lag - Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif

BKA: Binyıl Kalkınma Amaçları

CADF: Cross-Sectionally Augmented Dickey-Fuller – Yatay Kesit Genişletilmiş Dickey-Fuller

CIPS: Cross-Sectionally Augmented Im, Pesaran ve Shin - Yatay Kesit Genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin

CO₂: Karbondioksit

CS-ARDL: Cross Sectionally Augmented Autoregressive Distributed Lag - Yatay Kesit Genişletilmiş Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif

ECI: Ekonomik Karmaşıklık İndeksi

EUROSTAT: Statistical Office of the European Union- Avrupa Birliği İstatistik Ofisi

GDP: Gross Domestic Pruduct

GI: Globalisation Index - Küreselleşme İndeksi

GSYİH: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development- Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü

R&D: Research and Development

SKA: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

UN: The United Nations- Birleşmiş Millerler

UNDP: The United Nations Development Programme (UNDP) – Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change – Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

GİRİŞ

Günümüzde tüm ülkeler iklim değişikliğinin sert etkileri ile mücadele etmektedir. Sera gazı emisyonları 1990 yılına nazaran %50'den fazla artmıştır. Küresel ısınma iklim sisteminde geri dönülemez değişikliklere neden olmaktadır (UN, 2026). Bu etkilerden kaçınmak için karbondioksit emisyon azaltımı ve çevresel ayak izinin azaltılması gibi acil önlemler alınması gerekmektedir. Aksi durumda, biyoçeşitliliğin kaybı, aşırı hava koşulları ve aşırı yükselen deniz seviyeleri gibi sonuçlar kaçınılmazdır.

2015 yılında Birleşmiş Milletler yoksulluğu bitirmek, gezegeni korumak ve 2030 yılına kadar tüm insanların barış ve refah içinde yaşamasını sağlamak amacıyla evrensel bir eylem çağrısı olarak Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarını kabul etmiştir (UN, 2026). Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına bağlılık gösteren neredeyse tüm ülkeler Paris Anlaşmasını da onaylamıştır. Paris Anlaşmasında küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C üzerinde sınırlandırılması hedefi konulmuştur (Hille vd., 2020).

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına ulaşmak için toplumun her kesiminden yaratıcılık, bilgi birikimi, teknoloji ve finansal kaynaklar gerektiğinin altı çizilmektedir (UN,2026). Bu kapsamda ülkeler Paris Anlaşmasında emisyon azaltma amaçları belirlediğinden beri 2030 yılına kadar bu amaçlara ulaşmaya yardımcı olabilecek yeterli teknolojik altyapıya sahip olup olunmadığı ile ilgili endişeler oluşmuştur (Ahmed, 2020).

Bu kapsamda, inovasyon ve sürdürülebilir kalkınmayı birleştiren eko-inovasyon kavramı, ülkelerin çevresel yüklerini azaltmaya yardımcı olurken ekonomik amaçlara da ulaşılmasına katkı sağlayan bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Geleneksel inovasyon ile karşılaştırıldığında iş ve ekonomi hedeflerinin çevresel faydalar ile birleştirmesi açısından öne çıkmaktadır.

İlgili literatür göstermektedir ki çevre teknolojilerindeki yenilikler karbondioksit emisyonlarının ve ekolojik ayak izinin azaltılması sürecine katkıda bulunmaktadır. Eko-inovasyonlar devam eden süreçlerde verimlilik sağlamak ve emisyon yoğun teknolojiler için de alternatif geliştirme sürecine doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda enerji kaynaklarının verimliliğini sağlamak ve yenilenebilir enerji

kaynaklarının da payını artırarak sürdürülebilirliğin sağlanması için önemli bir araç olmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınmaya olan katkıları göz önüne alındığında eko-inovasyonların belirleyicilerinin analiz edilmesi ve bu kapsamda faaliyete geçilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Eko-inovasyonlar genellikle firmalar tarafından geliştirildiği için literatürde belirleyicilerini mikro düzeyde veriler kullanarak analiz eden çalışmalar yoğunluktadır. Ancak firmaların içinde yer aldığı ülkelerin sosyo-ekonomik ve çevresel koşulları da eko-inovasyon performansının analiz edilebilmesi için bir o kadar önemlidir. Sonuç olarak, eko-inovasyon kapasitesinin bir tamamlayıcısı niteliğinde olarak makro düzeyde analizler de bu kapasitenin belirlenmesi ve geliştirilmesi aşamasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda bu tez çalışmasında OECD ülkelerinde eko-inovasyon performansını etkileyen faktörler 2000-2023 dönemi makro düzeyde veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan ekonometrik analizde ekonomik karmaşıklık endeksi, GSYİH, Ar-Ge harcamaları, küreselleşme endeksi, CO₂ emisyonları ve popülasyon yoğunluğu açıklayıcı değişkenleri kullanılmıştır. Değişkenlerin hem uzun vadeli hem de kısa vadeli etkilerini anlayabilmek adına CS-ARDL yöntemi tercih edilmiştir. Bu kapsamda çalışma 31 OECD ülkesi eko-inovasyon performansının belirleyicilerini 2000-2023 dönemini kapsayan geniş bir veri seti ile analiz etmesi bakımından ve ekonomik karmaşıklığı da ekonometrik modele dahil etmesi bakımından literatüre katkı sunmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde sürdürülebilir kalkınma ve eko-inovasyon kavramı teorik çerçevesine yer verilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde eko-inovasyon performansının belirleyicileri üzerine yapılan bu çalışmada ilk olarak sürdürülebilir kalkınmanın tanımı ve gelişme sürecine yer verilmiştir. Ardından sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutu açıklanmıştır. Sürdürülebilir kalkınma çerçevesi tanıtıldıktan sonra eko-inovasyon kavramsal çerçevesi açıklanmıştır. Ardından eko-inovasyonun türleri, belirleyicileri ve önündeki engellere yer verilmiştir. Bu bölümde son olarak sürdürülebilir kalkınma bağlamında eko-inovasyonun önemi tartışılmıştır. İkinci bölümde ise eko-inovasyon performansını belirleyicileri ile ilgili ampirik literatür özetine yer verilmiştir. Bu bölüme ilgili literatürün kısa bir özet tablosu da eklenmiştir. Üçüncü bölümde ise sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde OECD ülkelerinde eko-inovasyon performansını belirleyen faktörlerin analizine yer verilmiştir. İlk olarak veri seti ve model tanıtılmış, ardından değişkenler sırasıyla açıklanmıştır. Sonraki aşamada

ise modelin analizi için kullanılan CS-ARDL yönteminin metodolojisi açıklanmış ve bulgularına yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE EKO-İNOVASYONUN TEORİK ÇERÇEVESİ

1.1. Sürdürülebilir Kalkınma: Kavramsal Çerçeve ve Tarihsel Süreç

Sürdürülebilirlik kavramı akademik literatüre 1980’lerde girmeye başlamıştır. Kavram daha çok insan nüfusu ve ekonomik büyüme desteklenirken aynı zamanda insan, hayvan ve bitki sağlığının korunmasının sağlanması ile ilgilidir. Buna göre, sürdürülebilirlik kavramının öncülü, kaynakların sınırsızca tüketilmemesi gerekliliğinin anlaşılmasıdır (Portney, 2015).

Dünya tarihinde Sanayi Devrimi’nden sonraki süreçte yaşanan kadar çarpıcı bir üretim ve tüketim artışı yaşanmamıştır. 1800 ile 1900 yılları arasında dünyada durmaksızın devam eden bir ekonomik büyüme yaşanmıştır ve üretim miktarı 1730 kat artmıştır. Dünya nüfusu yine bu dönemde 978 milyondan 3632 milyona çıkmıştır 18. yüzyılda nüfus artışına bağlı olarak kaynak tüketimine ilişkin endişeler ortaya çıkmıştır (Pisani, 2006). 18. yüzyılın sonuna gelindiğinde de sanayi devriminin birçok olumsuz etkisi daha görünür hale gelmeye başlamıştır (Mebratu, 1998).

Thomas Malthus, 1798 yılında yayınlanan “Essay on the Principle of Population” adlı eserinde insan nüfusunun ve ekonominin geometrik büyümesinin aritmetik olarak büyüyen gıda üretimi göz önüne alındığında bir sınırı olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışma, iklimde geri dönüşü olmayan değişikliklerden bahsetmesi ve toplumsal çevre bilinç oluşmasına yol açması açısından öncü eserlerden kabul edilmektedir. O dönemde hızla sanayileşmeye devam eden ülkelerdeki teşvik edilen teknoloji kullanımı ve tüketim seviyelerinin de dünyanın taşıma kapasitesi üzerinde bir baskı olarak yorumlamıştır (Seidl ve Tisdell, 1999).

Bilimsel, teknolojik ve ekonomik ilerlemenin doğaya verdiği zararlar özellikle küresel savaşlardan sonra daha görünür hale gelmiştir. Özellikle ikinci dünya savaşından sonraki büyük sanayi ve ticari büyüme döneminde hızlı nüfus artışı, çevre kirliliği ve kaynak tükenmesinin oluşturulabileceği tehditler üzerine farkındalık artmıştır (Pisani, 2006).

Rachel Carson, 1962 yılında yayınladığı “Sessiz Bahar” kitabında çevresel sonuçlar düşünülmeden gerçekleştirilen kalkınmanın insanlar ve hayvan türleri üzerine etkilerini incelemiştir (Tıraş, 2012). 1972’de Roma Kulübü tarafından ekonomik süreçlerin doğal çevreye etkileri üzerine hazırlanan “Büyüme’nin Sınırları” raporu yayınlanmıştır (Bilgili, 2017).

Çeşitli akademisyenler ve araştırmacılar da sürdürülebilir kalkınma kavramının 1972’de düzenlenen Stockholm Çevre Konferansında ilk büyük uluslararası tanınırlığını kazandığını savunmaktadır. Bu konferansta sürdürülebilir kalkınma terimi kullanılmamış olsa da temelleri atılmıştır. Aynı zamanda konferans sonucunda Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) kurulmuştur (Mensah, 2019). Bu konferans ile birlikte kalkınmanın sürdürülebilir olması gerektiği, sadece ekonomik ve sosyal konulara değil doğal kaynaklara da odaklanması gerektiği artık anlaşılmıştır (Pisani,2006).

Bu gelişmelerin ardından 1987’de Gro Harlem Brundtland başkanlığında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu sürdürülebilir kalkınma çağrısını yenileyerek “Ortak Geleceğimiz” başlıklı Brundtland Raporu’nu geliştirmiştir. Raporda sürdürülebilir kalkınmanın en çok kullanılan tanımlarından biri ilk kez kullanılmıştır. Buna göre; sürdürülebilir kalkınma “*gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma*” olarak tanımlanmıştır (Mensah, 2019). Brundtland tanımının oluşmasının ardındaki ana fikir sınırsız büyümenin mümkün olmayacağı ve bu büyüme çabasının doğaya geri dönülmez zararlar verdiğidir (Yücel ve Kurnaz, 2021).

1992’de BM Brezilya’nın Rio de Janeiro kentinde sürdürülebilir kalkınmayı ele almak için bir konferans düzenledi. 178 ülkenin katılımı ile gerçekleştirilen bu konferans ile sürdürülebilir kalkınma küresel çapta aktif bir politika haline gelmiştir (Tıraş, 2012). BM Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda (UNCED) Gündem 21 çölleşme, biyoçeşitlilik ve iklim değişikliği konusunda sözleşmelerin imzalanması ile küresel ortaklık kapsamında stratejilerin belirlenmesine olanak tanındı (Mebratu, 1998). Konferansta sürdürülebilir kalkınmayı uygulamak için amaçlar ve eylem planları belirlendi. Ayrıca çevre sorunlarının çözümü için küresel bir ortaklık stratejisi oluşturuldu. Bu şekilde kavram küresel bir eyleme dönüştürülen sürdürülebilir kalkınma stratejisi haline geldi. Ayrıca konferansta eşitliğin önemi de vurgulanmış olup sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutu tanıtılmıştır. Sonuç olarak,

sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutu çevre, ekonomi ve toplum olarak belirlenmiştir (Shi vd., 2019).

Bu konferansta imzalanan sözleşmelerden en bilineni İklim Değişikliği Çerçeve sözleşmesidir. Sera gazı salımlarının 1990 yılının altına düşürülmesini öngören bu sözleşme tüm ülkeler tarafından imzalanmıştır. Bu çerçevede 1995 yılından itibaren ülkeler, her yılın sonunda Taraflar Toplantısına katılarak ilerleme konusunda katedilen aşamaları ve atılması gereken adımları analiz etmektedir. 1997 yılında Kyoto'da gerçekleştirilen Taraflar Toplantısı'nda Kyoto Protokolü olarak adlandırılan bir anlaşma imzalanmıştır. Buna göre ülkeler; sera gazı indirim yükümlülüğü bulunan ülkeler, indirim yükümlülüklerinin yanında diğer ülkelerin azaltım yapması için maddi yardım sağlayacak ülkeler ve sera gazı indirim yükümlülüğü bulunmayan ancak salımları raporlamak zorunda olan ülkeler olarak üç gruba ayrılmıştır (Yücel ve Kurnaz, 2021).

ABD emisyonların azaltılmasına da istikrarlı bir seviyede tutulmasını önerse de AB ülkeleri emisyonlarda %15'lik bir azalış talep etmişlerdir. Toplantı sonunda sanayileşmiş ülkelerin 2008-2012 dönemi için sera gazı emisyonlarını 1990 seviyesinin %5,2 altına düşürülmesi amaçlanmıştır. Ancak uygulama düzeyinde Kyoto Protokolü bu amaçlara ulaşma bağlamında başarılı olamamıştır (Bac, 2008).

2000 yılında New York'ta düzenlenen 189 ülkenin temsilcilerinin katılımı ile gerçekleşen BM Binyıl Zirvesi'nde kalkınma ve aşırı yoksulluğun ortadan kaldırılması için Binyıl Kalkınma Amaçları belirlenmiştir. Bu amaçların 15 yıl içinde gerçekleşmesi öngörülmüştür (Shi vd., 2019). Binyıl Kalkınma Amaçları, çevresel sorunlarla mücadele etmenin yanı sıra toplumsal sorunları da önceliklendirilmiştir. Bu kapsamda belirlenen sekiz amaç aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1: Binyıl Kalkınma Amaçları

Binyıl Kalkınma Amaçları	
BKA 1	Aşırı yoksulluğu ve açlığı önlemek
BKA 2	Evrensel ilköğretimi sağlamak
BKA 3	Cinsiyet eşitliğinin teşvik edilmesi ve kadınları güçlendirmek
BKA 4	Çocuk ölümlerini azaltmak
BKA 5	Anne sağlığını geliştirme
BKA 6	AIDS ve sıtma gibi hastalıklarla mücadele etmek
BKA 7	Çevresel sürdürülebilirliği sağlamak
BKA 8	Kalkınma için küresel bir iş birliği sağlamak

Kaynak: Yücel ve Kurnaz, 2021

1992 yılından sonra ekonomi, toplum ve çevre arasındaki çıkar çatışmalarının daha belirgin olmasının bir sonucu olarak küresel paydaşların iş birliğine dayalı yönetim kavramının önemi anlaşılmıştır. 2012 yılında ise BM “Rio +20” Zirvesi düzenlenmiştir. Zirvede yeşil ekonominin kalkınma ve çevre arasındaki çıkar çatışmaları çözmek için bir çözüm yolu olabileceği sonucuna varılmıştır (Shi vd., 2019).

Eylül 2015’te New York’ta 150’den fazla ülkenin katılımıyla düzenlenen BM Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi gerçekleşmiştir. Zirvede Binyıl Kalkınma Amaçları ilerlemesi değerlendirilmiş ve bu kapsamda “Dünyamızı Dönüştürmek – Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi” kabul edilmiştir. Gündemde 1. şekilde gösterilen 17 odak alanı ve 169 alt amacı kapsayan Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları kararlaştırılmıştır (Shi vd., 2019). Buna göre 17 odak alanı; yoksulluğa son, açlığa son, sağlık ve kaliteli yaşam, nitelikli eğitim, toplumsal cinsiyet eşitliği, temiz su ve sanitasyon, erişilebilir ve temiz enerji, insana yakışır iş, sanayi, yenilikçilik ve altyapı, eşitsizliklerin azaltılması, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar, sorumlu üretim ve tüketim, iklim eylemi, sudaki yaşam, karasal yaşam, barış adalet ve güçlü kurumlar, amaçlar için ortaklıklar olarak belirlenmiştir. Bu zirvede belirlenen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları kapsamında koordineli ekonomik, sosyal ve çevresel kalkınmayı içeren kapsayıcı büyüme ve sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya konmuştur.

Tablo 2: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları			
SKA 1	Yoksulluğa Son	SKA 10	Eşitsizliklerin Azaltılması
SKA 2	Açlığa Son	SKA 11	Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar
SKA 3	Sağlık ve Kaliteli Yaşam	SKA 12	Sorumlu Üretim ve Tüketim
SKA 4	Nitelikli Eğitim	SKA 13	İklim Eylemi
SKA 5	Toplumsal Cinsiyet Eşitliği	SKA 14	Sudaki Yaşam
SKA 6	Temiz Su ve Sanitasyon	SKA 15	Karasal Yaşam
SKA 7	Erişilebilir ve Temiz Enerji	SKA 16	Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar
SKA 8	İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme	SKA 17	Amaçlar için Ortaklıklar
SKA 9	Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı		

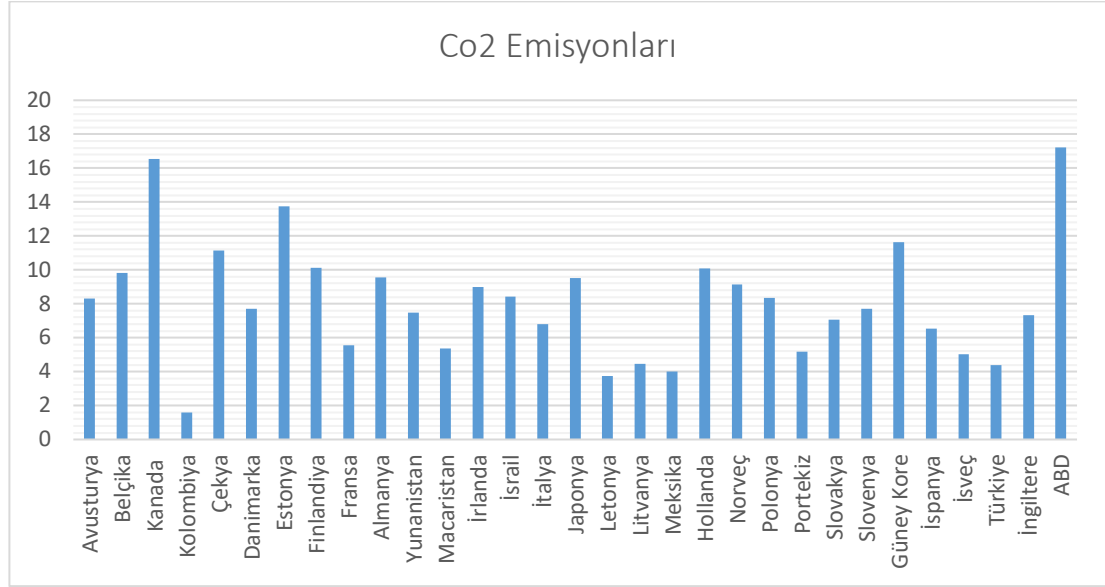
Kaynak: UNDP Türkiye: <https://turkiye.un.org/tr/sdgs> (Erişim Tarihi: 28.06.2026)

2015 yılında Paris’te 195 ülkenin katılımı ile gerçekleşen Taraflar Toplantısı’nda Paris Anlaşması kabul edilmiştir. Bu çerçevede ilk kez tüm ülkeler iklim değişikliği ile mücadele etmek için bağlayıcı bir anlaşmayı kabul etmiştir. Buna göre, küresel ortalama sıcaklık artışı sanayi öncesi seviyelerin 2°C’nin oldukça altında tutmak ve sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C üzerinde sınırlandırmak hedeflenmiştir. Eğer 1,5°C eşiği aşılsa şiddetli kuraklıklar, sıcak hava dalgaları ve yağışlar da dahil olmak üzere pek çok iklim değişikliği etkisinin tetikleneceği belirtilmiştir (UNFCC, 2026).

CO₂ emisyonlarındaki sürekli artışın sıcaklık seviyelerini yükselttiği, hava anomalilerini artırdığı ve dünyanın iklim sistemini uzun vadeli olarak etkileyeceği konusunda araştırmacılar uyarmaktadırlar. Bu kapsamda en büyük çevresel tehditlerden biri olarak değerlendirilen CO₂ emisyonları sürdürülebilirlik hedefi için de büyük bir engel oluşturmaktadır. CO₂ emisyonları, aşırı meteorolojik olayların sıklığındaki artış, biyoçeşitlilikteki değişimler ve yükselen deniz seviyeleri gibi insan kaynaklı iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu çevresel sorunlar altyapıya, geçim kaynaklarına ve beslenmeye zarar vermekte, sağlık ve refahı riske atmakta ve göçe

neden olmaktadır. Bu kapsamda, çeşitli iklimsel sonuçlara neden olan CO₂ emisyonlarının artması sonucu yaşanan sorunlar ile bir ülke tek başına baş edemeyeceği için dünyanın herhangi bir yerinde ortaya çıkan bir sorunun aslında tüm dünyanın sorunu olarak değerlendirilmesi gerekliliğinin altı çizilmektedir (Han ve Hou 2021).

Şekil 1: OECD Ülkelerinin 2000-2023 CO₂ Emisyonları Ortalaması



Kaynak: Dünya Bankası veri tabanından alınan veriler ile tarafımızca hazırlanmıştır.

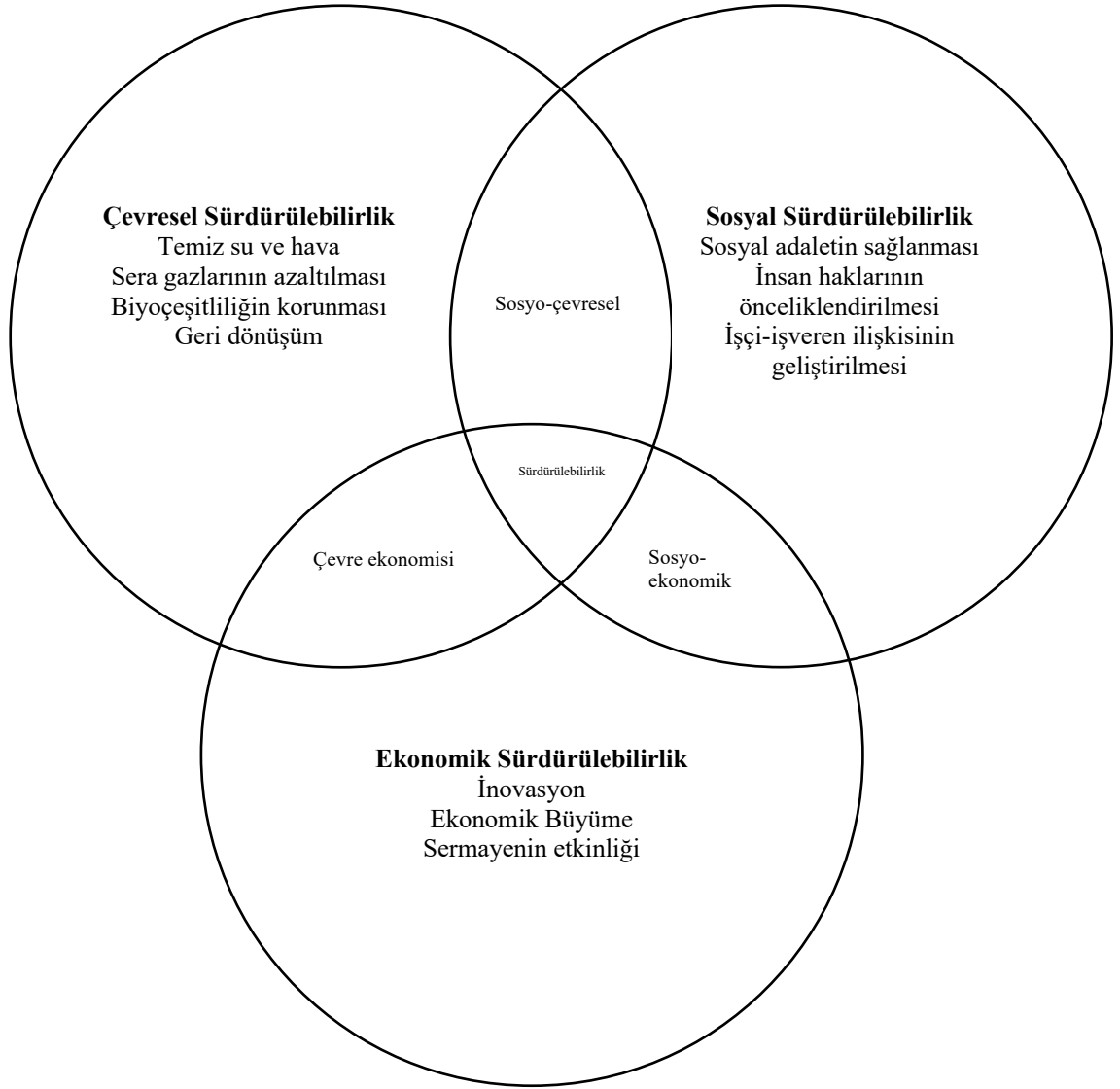
Şekil 1’de yer alan 31 OECD ülkesine ait 24 yıllık karbondioksit salınım ortalamaları incelendiğinde beklendiği gibi genel olarak sanayisi gelişmiş ülkelerin CO₂ salımlarının da daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. ABD, Kanada, Estonya, Güney Kore, Finlandiya ve Hollanda’nın en çok CO₂ emisyonuna neden olan OECD ülkeleri olduğu gözlemlenmektedir.

1.2. Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları

Sürdürülebilir kalkınmayı açıklarken kullanılan en yaygın yollardan biri ekonomi, toplum ve çevre ile ilgili endişeleri ayrı ayrı temsil eden ve birleşiminde sürdürülebilir kalkınma yer alan üç daire imgesidir. Sürdürülebilirlik çevresel koruma, ekonomik büyüme ve toplumsal adaletin kesiştiği noktada yer almaktadır (Connely, 2007). Bu çerçevede sürdürülebilir kalkınma geleneksel perspektiften üç temel taştan oluşmaktadır. Bunlar; ekonomik sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik ve çevresel sürdürülebilirliktir. Buna göre, sürdürülebilir kalkınma ekonomi, çevre ve toplumu iç içe geçmiş kümeler olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda tüm boyutlar birbiriyle

ilişkilidir ve her bir boyutun sürdürülebilirliği aslında diğerlerine de bağlıdır (Güner, 2020). Bu yüzden üç boyut da bir bütün olarak ele alınmalıdır.

Şekil 2: Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları



Kaynak: Güner, 2020

1.2.1. Ekonomik Sürdürülebilirlik

Ekonomik sürdürülebilirlik, gelecekteki ihtiyaçları tehlikeye atmadan mevcut tüketim seviyelerini karşılayan üretim sistemini ifade etmektedir (Mensah, 2019). Ekonomik sürdürülebilirliğin bir politika olarak ortaya çıkması ise 1970’lerde gerçekleşmiştir. Dünya Bankası, Uluslararası Para Fonu (IMF) ve Amerikan Uluslararası Kalkınma Ajansı’nın (USAID) yönettiği uluslararası kalkınma programlarının mali kaynaklarının gelişmekte olan ülkelerde ekonomik gelişme amacıyla çevreye verilen zararların göz ardı edilmesi nedeniyle eleştirilmiştir. Bu kapsamda sivil toplum örgütleri, kalkınma programları için yardım edilen bölgelerdeki yerel halk ve çevreye karşı hassas olunması gerekliliğini vurgulamışlardır (Portney, 2015). Böylece bu kurumlar için temel amaç ekonomik gelişme olsa da bunun çevre ve toplumu ikinci plana atarak gerçekleştirilemeyeceği bilinci oluşmaya başlamıştır.

Klasik iktisatçılar çevre mallarının sınırsız olduğu varsayımı üzerine modellerini kurmuşlardır. Günümüze kadar uygulanan çevre politikalarının hedeflerinden biri de bu algıyı kırmak üzerinedir. Ayrıca neo-klasik iktisatçıların arz-talep dengesine bağlı olarak üretim ve tüketimi önceliklendirerek çevresel değerlerin sınırsız kabul edilip ikinci plana atılması ekolojik iktisatçılar tarafından sorgulanmıştır. Klasiklerin insan merkezli yaklaşımlarının yaşanan çevre sorunlarının temellerinden biri olduğu düşünülmektedir (Kılıç, 2012).

Ekonomik büyüme ülkeler için hayat standartlarındaki gelişmeyi vurguladığı için toplumsal refahın iyileşmesi ile eşanlamlı düşünülmektedir. Neoklasik düşünceye göre bir ülkenin refahını artırmak için GSYİH’nin artması gerekmektedir. GSYİH’nin artması ise çevreye zarar vermek pahasına doğal kaynak kullanımı gerektirmektedir. Bu çerçevede bu görüş çevre ile insani koşulların iyileştirilmesi arasında bir ödünleşme olduğunu varsaymaktadır. 2006 yılında yayınlanan Stern raporunda ekonomik büyümenin her zaman refahla sonuçlanmayacağı belirtilmiş ve ekonominin ekoloji ile ilişkisi göz önünde bulundurulmadan bir refah sağlanamayacağının altı çizilmiştir. Bu kapsamda sürdürülebilirlik yaklaşımına göre ise çevreye ve gelecek nesillere zarar vermeyecek bir büyüme yaklaşımı benimsenmesi gerekliliği vurgulanmaktadır (Portney, 2015).

Finansal istikrar, adil dağılım, kaynak verimliliği ve ekonomik büyüme arasında denge kurmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, ekonomik sistemlerin ve işletmelerin verimli ve yenilikçi olma kapasitesi oldukça önem taşımaktadır. Ekonomik sistemi sürdürülebilir kılmak için yenilenebilir kaynaklardan enerji üretilmesini teşvik etmek, enerji verimliliğini destekleyen yasalar çıkarmak ve kaynak sömürsünü kısıtlayan ve atıkları minimize eden döngüsel ekonomi tabanlı ekonomik modeller geliştirilmesi gerekmektedir (Francis vd., 2025). Bu, üretim sürecinde oluşan atıkların yeniden hammaddeye dönüştürülmesi ve üretim sürecinde daha az girdi kullanılması gibi süreçleri ifade etmektedir (Topçu, 2021). Ekonomik sistemin devamlılığının sağlanabilmesi, çevre ve ekonomi arasındaki ilişkinin dengeli bir şekilde kurulabilmesine bağlıdır.

1.2.2. Sosyal Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir kalkınmanın üç temel boyutunda en az anlaşılmış olanının sosyal sürdürülebilirlik olduğu düşünülmektedir. Sürdürülebilirliğin bu boyutunda toplumun refahı, uyumu, eşitliği, kapsayıcılığı, kişiler arası bağlantıların güçlendirilmesi ve topluma fayda sağlayan hizmetleri kapsayıcı altyapı aracılığı ile sağlamak amaçlanmaktadır. Bu kapsamda sosyal sorumluluk, sosyal adalet, insan hakları, işçi hakları, sosyal sermaye, sosyal adalet ve sosyal destek sosyal sermayeyi oluşturan temel bileşenlerdir (Francis vd., 2025). Sürdürülebilirliğin bu boyutunda kendi kaynaklarını koruma altına alan, geliştiren ve gelecekte çıkabilecek sorunlara karşı önlem alan bir toplum vurgusu yapılmaktadır (Topçu, 2021). Sosyal sürdürülebilirlik çerçevesinde eşitlik ve adaletin sağlanması insanların yaşam alanlarını daha çok benimsemesi ve bunun sonucunda da çevresel sorunlara olan ilginin artmasına neden olmaktadır (Eizenberg ve Jabareen, 2017).

Sosyal sürdürülebilirliğin temel amacı toplumdaki herkesin ihtiyacını karşılamak değildir. Asıl amacı, insanların ihtiyaçlarını gerçekleştirme potansiyeline sahip olması için elverişli koşullar yaratılması ile ilgilidir (Kolk,2016). Bu kapsamda eğitim ve sağlık gibi sosyal hizmetlerin yeterli olduğu sosyal olarak sürdürülebilir bir sistemin kurulması ve sistemin kapsayıcı olması, cinsiyet eşitliği ve politik sorumluluk ve katılımı sağlayan bir sistemin kurulması gerekmektedir (Tıraş, 2012). Sosyal sürdürülebilirlik niceliksel anlamda büyümeyi değil, niteliksel anlamda gelişmeyi önceliklendirmektedir (Yalçınkaya vd., 2011).

1.2.3. Çevresel Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir kalkınmanın temelinde doğal yaşamın koruma altına alınması, ekolojik zararların ortadan kaldırılması ve doğanın kendi dinamiğini gözeterek korunması vardır. Bu kapsamda kaynakların tüketiminin denetlenmesi gerekmektedir (Ergün ve Çobanoğlu, 2012).

Bir arazinin belirli bir yaşam standardını belirli bir kaynak üretim ve kullanım teknolojisi gözeterek sürdürülebilir bir şekilde yaşamasına izin verdiği maksimum canlı sayısına taşıma kapasitesi denilmektedir (Güner, 2020). Bradshaw vd. (2026) Ricker lojistik modeli kullanarak yaptıkları çalışmada küresel nüfusun 2067 ile 2076 yıllarında 11,7 ila 12,4 milyar olacağını tahminlenmişlerdir. Ancak mevcut ekolojik ayak izi verileri de göz önüne alındığında o yıllarda taşıma kapasitesinin yani Dünya'nın destekleyebileceği uygun yaşam koşullarını sağlayabileceği maksimum nüfusun 2,5 milyar olacağı belirtilmiştir (Bradshaw vd., 2026).

Çevresel sürdürülebilirlik için bir diğer gösterge olan ekolojik ayak izi, mevcut teknoloji ve kaynak tüketimi sonucunda ortaya çıkan atığı absorbe etmek için biyolojik olarak gereken su ve toprak alanını ifade etmektedir. Bu kapsamda sürdürülebilir çevrenin de bir ölçüsü olarak değerlendirilebilmektedir (Güner, 2020). Günümüzde ülkelerin çoğu doğadan ekosistemlerinin yenileyebileceğinden daha fazlasını talep etmektedirler. Bu da ekolojik açık verdikleri anlamına gelmektedir (Global Footprint Network, 2026).

Çevresel sürdürülebilirlik çevrenin korunması ve doğal kaynakların daha akıllıca kullanılması yoluyla insan refahını ve uzun vadeli sürdürülebilirliği artırmayı amaçlamaktadır. Bu çerçevede nüfus artışı ve tüketim kısıtlamaları da çevresel sürdürülebilir kapsamında değerlendirilmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik toplumu ve çevreyi tehlikeye atmadan büyümeyi sağlayan ekonomik modelleri teşvik etmektedir (Francis vd., 2025).

Sürdürülebilir kalkınmanın çevresel boyutu doğal kaynakların korunmasını, iklim eylemini döngüsel ekonomiyi ve sürdürülebilir enerjiyi kapsamaktadır. Su, hava ve biyoçeşitliliğin korunması sürdürülebilir bir gelecek için en önemli koşullardandır. Sera gazı emisyonlarının azaltılması ve yenilenebilir enerjiye geçiş iklim değişikliğinin kontrol altına alınmasında etkili rol oynamaktadır. Döngüsel ekonomi

modeli ise malzemelerin mümkün olduğunca kullanımda tutularak atıkları minimize etmeye dayanmaktadır (Francis vd., 2025).

Doğrusal ekonomide al-kullan-at modeli uygulanmaktadır. Buna göre, bir ürünün üretimi için hammadde alınır, işlenerek ürün haline getirilir ve tüketicinin kullanımına sunulur. Son aşamada ise tüketilerek atık haline getirilir. Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesinin önündeki engellerden birinin de bu ekonomik yaklaşım olduğu anlaşılmıştır (Önder, 2018). Bu doğrultuda doğrusal ekonominin alternatifi olarak ortaya çıkan döngüsel ekonomi, çevre, ekonomi ve toplum arasındaki dengeyi iyileştirmek amacıyla kaynak verimliliği artırmayı hedefleyen bir modeldir. Döngüsel ekonomi, malzemelerin ve enerjinin kullanımının azaltılması, yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesine dayanmaktadır (Sanguino vd., 2020). Bu kapsamda döngüsel ekonomi üretim ve tüketim süreçlerini yeniden yapılandırmayı amaçlamaktadır. Bu kavram, doğal sermayeyi korumak ve geliştirmek, kaynak verimliliğini optimize etmek ve sistem etkinliğini korumak üzerine 3 temel unsura odaklanmaktadır (Önder, 2018). Döngüsel ekonomi modeli çerçevesinde, yeni bir inovasyon türü ortaya çıkmıştır: eko-inovasyon. Hem döngüsel ekonomi hem de eko-inovasyon, sürdürülebilirliği sağlamak için çevre üzerindeki yükü azaltmak ve kaynak verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır (Sipos ve Ionescu, 2024).

1.3. Eko-İnovasyon: Tanım, Kapsam ve Teorik Çerçeve

Ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerini benimsemeleri ile iklim değişikliği konusunda politik ve toplumsal bilinçlenme artmıştır. Bununla birlikte sürdürülebilirliğe ulaşmayı sağlayacak araçların geliştirilmesi önceliklendirilmiştir. Bu süreçte özellikle sera gazları gibi çevresel baskıların önemli ölçüde azaltılması gibi çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için teknolojilerde, altyapılarda, yaşam tarzlarında ve kurumlarda kökten değişiklikler gerektiği anlaşılmıştır. Bu nedenle inovasyon faaliyetleri de sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik olarak dönüşüm yaşamaya başlamıştır (Rennings, 2000).

1.3.1. İnovasyon

İnovasyonlar yaşam biçimlerindeki iyileşmelerin temelinde yer almaktadır. İnovasyon, OECD Oslo el kitabında *“birimin önceki ürün ve süreçlerinden önemli ölçüde farklılık gösteren ve potansiyel kullanıcılara sunulan veya birim tarafından kullanıma alınan yeni veya geliştirilmiş bir ürün veya süreç”* olarak tanımlanmaktadır.

Tanımdaki birim ifadesi inovasyon konusunda sorumlu aktörü ifade etmek için kullanılmaktadır. Bu aktör, bireysel üyeler ve hane halkları da dahil olmak üzere herhangi bir sektördeki kurumsal birimi ifade etmektedir. Bu kapsamda ürün inovasyonu da *“firmanın önceki ürün veya hizmetlerinden önemli ölçüde farklılık gösteren ve piyasaya sürülen yeni veya geliştirilmiş bir ürün veya hizmet”* olarak tanımlanmaktadır. Süreç inovasyonu ise *“firmanın önceki iş süreçlerinden önemli ölçüde farklılık gösteren ve firma tarafından kullanıma sunulan, bir veya daha fazla iş fonksiyonu için yeni veya geliştirilmiş bir iş süreci”* olarak tanımlanmaktadır (OECD, 2018).

İnovasyonların ölçülmesi karmaşık bir süreçtir çünkü sürekli devam etmektedirler. İnovasyonlar yayılma aşamasında da devam etmektedir. İnovasyon süreci bir Ar-Ge ve öğrenme süreci olarak nitelendirilmektedir. Çünkü burada bilgiler toplanır ve yeni teknolojilerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Ar-Ge süreci özellikle yüksek teknoloji ürünleri için oldukça önemlidir. İnovasyonlar, süreç içindeki aktörlerin değerleri, bilgileri ve ağları, mevcut teknolojiler, ekonomik büyüme, ürün piyasası koşulları, faktör piyasası koşulları, eğitim ve öğretim sistemi, fiziksel altyapı, makroekonomik ve düzenleyici ortam koşulları göz önüne alınarak gerçekleşmektedir (Kemp ve Pearson, 2007).

1.3.2. Eko-İnovasyon: Tanım, Kapsam ve Sınıflandırma

İnovasyonun genel tanımı, değişimin içeriğine karşı tarafsız ve her yöne açık bir çerçevede yapılmaktadır (Rennings, 2000). İnovasyon faaliyetlerinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik olarak dönüşüm sürecine girmesiyle beraber yeni inovasyon türlerinden bahsedilmeye başlanmıştır.

Ekonomik büyüme inovasyona bağlı olmakla birlikte aynı zamanda çevresel zararlar da ilişkilidir. Dünya genelinde çevre bilincinin artmasıyla birlikte oluşan toplumsal ve hükümet baskısının bir sonucu olarak şirketler hem stratejik hem de ekonomik olarak başarılı olabilmek için yeni ürünler geliştirirken onların sosyal ve çevresel yönlerini de göz önünde bulundurmaya başlamışlardır (Bossle vd., 2016).

Çevre üzerindeki yükleri azaltan inovasyonları tanımlamak için literatürde “eko-“, “çevresel”, “sürdürülebilir” ve “yeşil” sıfatları kullanılabilmektedir (Díaz-García vd., 2015). Geleneksel inovasyon ile benzer şekilde eko-inovasyon da çok yönlü ve disiplinlerarası bir terimdir (Bossle vd., 2016). Eko-inovasyon terimi ilk olarak 1996

yılında Claude Fussler ve Peter James'in "Driving Eco-Innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability" isimli kitaplarında ortaya atılmıştır.

Eko-inovasyon *"firma veya kullanıcı için yeni olan yaşam döngüsü boyunca çevresel risk, kirlilik ve kaynak kullanımının olumsuz etkilerinin alternatiflerine kıyasla azaltılmasıyla sonuçlanan bir ürün, üretim süreci, hizmet veya yönetim veya iş yönteminin üretimi, özümsemesi veya kullanılması"* olarak tanımlanmaktadır. Buna göre, bir yeniliğin eko-inovasyon olarak değerlendirilmesi için birincil hedefinin çevresel yükü azaltmak olması gerekmektedir. Kaynakların daha verimli kullanılmasına yol açan tüm süreç yenilikleri eko-inovasyon olarak değerlendirilmektedir. Örneğin, bir şirkette kullanılan teknolojiye bir yenilik alternatiflerine göre emisyonların azaltımına katkıda bulunursa eko-inovasyon olarak değerlendirilmektedir (Kemp ve Pearson, 2007). Buna göre, motivasyondan ziyade sonuç önemlidir. Pazar payını artırmak veya maliyetleri düşürmek gibi çabaların sonucu da çevresel iyileşmelere yol açan ürün veya süreçler ortaya çıkabilmektedir. Bu kapsamda, eko-inovasyonların yan ürün olarak veya şans eseri ortaya çıkması önemli değildir (Horbach vd., 2012). Sonuç olarak, inovasyon faaliyetleri değişimin içeriği konusunda tarafsız bir tutuma sahipken sürdürülebilirliğe yönelik inovasyonlar çevresel yükleri azaltıcı ve iklim değişikliğinin yol açtığı sorunları azaltıcı niteliktedir (Rennings, 2000).

1.3.2.1. Eko-İnovasyonun Sınıflandırması

Kemp ve Pearson (2007) çevre üzerindeki yükü azaltmaya yarayan her türlü inovasyonun eko-inovasyon olarak değerlendirilmesi gerektiği görüşüne istinaden sınıflandırma yapmışlardır. Buna göre, eko-inovasyonların çevre teknolojileri, organizasyonel, ürün, hizmet veya sistem düzeyinde mi gerçekleştiğine göre dört sınıfa ayırmışlardır. Bu sınıflandırma inovasyonun hangi düzeyde gerçekleştirildiği ve kapsamı gözetilerek yapılmaktadır.

I. Çevre Teknolojileri

- Çevre kirliliğini önleyici arıtma ve temizleme teknolojileri;
- Alternatiflere göre daha az çevreye zarar veren ve daha verimli kaynak kullanımı sunan yeni ve daha temiz üretim teknolojileri;
- Atık yönetim teknolojileri;

- Çevresel izleme ve ölçüm sistemleri;
- Yeşil enerji teknolojileri;
- Su kaynakları yönetimi teknolojileri;
- Gürültü ve titreşim kontrol teknolojileri.

II. Çevre için Örgütsel İnovasyonlar

- Ham madde ve girdi ikamesi gibi kirliliği kaynağında önlemeyi hedefleyen uygulamalar;
- EMAS ve ISO 14001 gibi enerji, su ve malzeme tüketimi üzerine performansın izlenmesini, ölçülmesini ve raporlanmasını sağlayan çevre yönetim ve denetim sistemleri;
- Tedarik ve değer zinciri yönetimi kapsamında çevresel yükü en aza indirecek kurumlar arasında gerçekleştirilen iş birliği faaliyetleri.

III. Çevresel Fayda Sağlayan Ürün ve Hizmet İnovasyonu

- Eko-binalar da dahil olmak üzere çevresel performansın iyileştirilmesinde rol alan çevre dostu ürün ve malzemeler;
- Yeşil krediler ve iklim ipotek kredileri gibi düşük karbonlu dönüşümü destekleyen yeşil finansal ürünler;
- Geri dönüşüm, atık ve su yönetimi gibi konularda çevre danışmanlığı ve çevresel analiz değerlendirmeleri kapsamında sağlanan hizmetler;
- Araç paylaşım sistemleri gibi daha az enerji ve doğal kaynak kullanımını sağlayarak çevresel zararın azaltımını teşvik eden uygulamalar.

IV. Yeşil İnovasyon Sistemleri

- Yenilenebilir enerji sistemleri gibi mevcut alternatiflerinden daha çevre dostu üretim ve tüketim sistemleri (Kemp ve Pearson, 2007).

1.3.2.2. Eko-İnovasyonun Türleri

2005 yılında OECD ve Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan Oslo Kılavuzunda eko-inovasyonlar 4 kategoriye ayrılmıştır. Buna göre, eko-inovasyon yeniliğin hangi alanda yapıldığına göre eko-ürün, eko-süreç, eko-organizasyonel ve eko-pazarlama olarak ayrılmıştır (Yurdakul ve Kazan, 2020).

1.3.2.2.1. Eko-Ürün İnovasyonu

Eko-ürün inovasyonu, teknik bileşenler ve malzemelerdeki iyileştirmeler gibi yeni veya mevcut olan ürünlerin geliştirilmiş versiyonlarının tanıtılmasıdır.

Yeni veya geliştirilmiş bir ürün veya hizmet eğer aşağıdaki dört koşulu sağlayarak çevresel yükün azaltılmasına katkıda bulunuyorsa eko-ürün inovasyonu olarak değerlendirilmektedir (Rashid vd., 2014):

- I. Üretiminde kullanılan malzemeler ikamelerine göre daha az çevresel kirliliğe neden olur,
- II. Üretiminde kullanılan malzemeler daha az enerji ve kaynak tüketilir,
- III. Üretiminde daha az miktarda malzeme kullanılır,
- IV. Ürün kolayca geri dönüştürülebilir, yeniden kullanılabilir ve ayrıştırılabilir.

Amacı bir ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini azaltmaktır. Bir ürünün yaşam döngüsü analizi, üretilmesinden kullanılmasına ve bertarafına kadar olan tüm süreci içermektedir. Örneğin, rüzgâr enerjisinden üretilen elektrik üretim yoluyla bir eko-ürün inovasyonu olarak değerlendirilebilmektedir. Kompakt floresan ampuller ise kullanım yoluyla enerji tasarrufu sağlaması ile eko-ürün kapsamında değerlendirilmektedir. Kloroflorokarbon içermeyen bir klima ise öncelikli olarak bertaraf etkisi yoluyla eko-ürün inovasyonu olarak değerlendirilebilmektedir (Cheng vd., 2014).

Bir inovasyonun eko-ürün inovasyonu olup olmadığı hem üretici hem de tüketici gözünden ölçülebilmektedir. Üretici açısından şimdiye kadar ürettiği ürünlere göre daha az çevresel hasara sebep olması beklenmektedir. Tüketici bakış açısından ise şimdiye kadar tükettiği alternatif ürünlere kıyasla daha az çevresel hasara sebep olması beklenmektedir (Kemp vd., 2019).

1.3.2.2.2. Eko-Süreç İnovasyonu

Eko-süreç inovasyonu bir kuruluşun eko-ürünler üretmek amacıyla mevcut üretim sisteminde yaptığı iyileştirmeleri ve yeni süreçlerin eklenmesini ifade etmektedir. Eko-süreç inovasyonu kuruluşun operasyonel süreçlerindeki ve sistemindeki değişiklikler sonucu üretim birim fiyatlarının düşmesi ve çevre üzerindeki baskının azalmasına katkıda bulunmaktadır (Cheng vd., 2014).

Eko-süreç inovasyonu; bir birim ürünün üretimi veya lojistik süreci sırasında çevresel kirliliğin azalması, daha az girdi kullanılması ve atıkların azaltılması veya yeniden kullanılması, kullanılan tehlikeli maddelerin ikame edilmesi ile gerçekleşir. Evlerde kullanılan akıllı bina ısıtma sistemi bir eko-süreç inovasyonu olarak değerlendirilmemektedir çünkü nihai tüketime sunulan bir üründür. Ancak bir devlet dairesindeki ısıtma sistemindeki yenilikler eko-süreç yeniliği olarak değerlendirilebilmektedir (Kemp vd., 2019).

Eko-süreç inovasyonları genel olarak iki geniş teknoloji grubu altında gruplandırılmaktadır. Bunlar; temiz teknolojiler ve son işlem teknolojileridir (EOP). Temiz teknolojiler, toplam atık ve kirlilik azaltılması yoluyla tüm üretim sürecinde değişiklik yapılmasını gerektirmektedir. EOP teknolojileri ise üretim sürecinde radikal bir değişiklik gerektirmeden birincil emisyonları daha kolay işlenebilir maddelere dönüştürülmesi sürecini ifade etmektedir. Bu süreç aslında daha çok mevcut üretim sürecinin sonuna eklenen atık su arıtma ve baca filtreleri gibi mekanizmaları kapsamaktadır (Triguero vd., 2013).

1.3.2.2.3. Örgütsel Eko-İnovasyon

Örgütsel eko-inovasyon, çevresel zararı azaltmayı amaçlayan çeşitli yönetim biçimlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasıdır (Triguero vd., 2013). Örgütsel eko-inovasyonlar çevre üzerindeki baskıyı dolaylı olarak azaltan uygulamalardır. Eko-ürün ve eko-süreç inovasyonların uygulanmasını kolaylaştırmak için kuruluşlarda yönetim süreçlerinin iyileştirilmesini amaçlamaktadırlar. Bu kapsamda idari ve işlem veya tedarik maliyetlerinin azaltılması veya iş yeri memnuniyetinin artırılarak firma performansının iyileştirilmesi ile eko-inovasyon sürecine katkıda bulunmaktadır (Cheng vd., 2014). Kuruluşlar süreç ve ürünlerin sürekli iyileştirilmesine katkıda bulunmak amacıyla çevre yönetimi, ürünlerin tasarımında sürdürülebilirlik çerçevesinden kopmayan ve bu kapsamda eğitim ve öğretim programları geliştirilmesine odaklanmalıdırlar. Böylece, ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere sürdürülebilirliğin üç boyutunu da kapsayan yönetim tasarımları geliştirilebilir. Ar-Ge yatırımlarına daha fazla kaynak ayıran büyük şirketler örgütsel eko-inovasyonları daha kolay geliştirebilmektedirler (Aydın, 2023).

Bir kuruluşun uyguladığı yöntemdeki bir değişiklik veya yeni bir yöntem kullanılması o kuruluşun faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel zararın azalması ile sonuçlanıyorsa bu örgütsel eko-inovasyon kapsamında değerlendirilmektedir. Örneğin, üretim

sürecinde uygulanan bir atık yönetim sistemi lojistiğe de uygulanır ve bu birim başına daha az atık ile sonuçlanırsa bu bir örgütsel eko-inovasyondur (Kemp vd., 2019).

1.3.2.2.4. Eko-Pazarlama İnovasyonu

Eko-Pazarlama inovasyonu, çevresel bakış açısını pazarlama stratejilerine entegre eden ve satın alma davranışlarının da benzer şekilde bir değişim sürecine sokan bir inovasyon boyutudur. Buna göre, bir ürününü piyasada yer edinebilmesi için çevre dostu yönlerinin ön planda olması gerekmektedir (Aydın, 2023). Pazarlama eko-inovasyonları çevre üzerinde yükü azaltan ürünlere olan talebi artırarak çevresel fayda sağlayabilmektedirler. Çevre dostu ürünler için etiket ve marka kullanılarak çevresel katkılar konusunda tüketiciler bilinçlendirilir ve ürünlere olan talep de artar. Buna göre, çevre dostu ürünler için etiketleme ve marka oluşturma yöntemleri, fiyatlandırma yöntemleri, reklam yöntemleri ve dağıtım kanallarında inovasyonlar birer eko-pazarlama inovasyonu olarak değerlendirilebilmektedir. Örnek olarak, bir malı veya hizmeti kiralama yoluyla sunmak fiyatlandırma stratejisinde bir yeniliktir (Kemp vd., 2019).

1.3.3. Eko-İnovasyonun Ölçülmesi

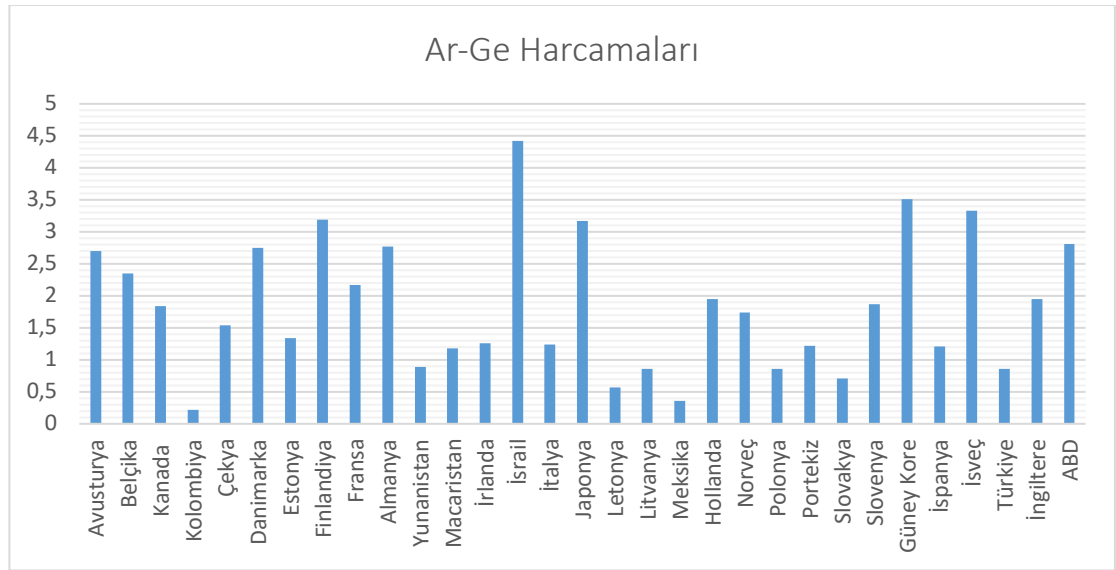
Arundel ve Kemp (2009) eko-inovasyonun ölçülmesi sayesinde hangi ülkelerin bu alanda daha ileride olduklarının anlaşılmasına, bu kapsamda politikalar belirlenmesine, ülkelerin ne oranda yeşil büyüme gerçekleştirebildiğine, eko-inovasyonun itici güçlerinin belirlenmesine ve sonuç olarak ekonomik ve çevresel sonuçlarının kapsamlı değerlendirilebileceğini vurgulamışlardır. Buna göre, politika yapıcılar eko-inovasyonların itici güçleri ve önündeki engelleri daha iyi anlayabilir ve bu kapsamda karbon vergisi gibi politikalar belirleyebilirler.

Bu kapsamda eko-inovasyonun 4 ayrı kategori kullanılarak analiz edilebileceğini önermişlerdir. Bunlardan ilki Ar-Ge harcamaları, Ar-Ge personel sayısı ve inovasyon harcamaları gibi girdi ölçütlerine bakılarak yapılan analizdir. İkincisi ise patent sayısı ve bu alanda yapılan bilimsel yayınları kapsayan ara çıktı ölçütlerine bakılarak yapılan analizdir. Üçüncü kategoride ise doğrudan çıktı ölçütleri yer almaktadır. Bu ölçütler arasında inovasyon sayısı, bireysel inovasyonların açıklaması ve yeni ürün satışlarına ilişkin verileri kapsamaktadır. Dördüncü kategoride ise dolaylı çıktı ölçütleri yer almaktadır. Bu kategoride ise toplu verilerden türetilen kaynak verimliliğindeki ve üretkenlikteki değişiklikler kapsamaktadır.

Her ölçüm yönteminin kendine özgü dezavantajları mevcuttur. Ar-Ge harcamaları gibi girdi ölçütleri inovasyon için ayrılan kaynakları göstermektedir ancak inovatif çıktıyı ifade etmemektedir. Doğrudan çıktı yöntemi ise inovasyon çıktısını doğrudan ölçme avantajına sahip olsa da veri tabanlarından ulaşılması oldukça güçtür. Bu yüzden bu yöntemden literatürde oldukça az yararlanılmaktadır.

Ar-Ge harcamaları yenilikçi faaliyetler için bir girdi ölçüsü sağlarken patent verileri çıktı ölçüsü olarak nitelendirilmektedir. Patentler eko-inovasyon araştırmalarında ölçüm için en yaygın kullanılan yöntemdir. Uzun zaman serileri için kamuya açık veri tabanlarında yer almaları en büyük avantajdır. Ayrıca patentlerin avantajı sayılabilir olması ve teknolojik alan, kullanım sektörü ve yenilik özelliği açısından sınıflandırılabilir olmasıdır. İnovatif çıktıdan ziyade daha çok buluş çıktısını ölçmesi ise dezavantajlarından (Kemp ve Pearson, 2007).

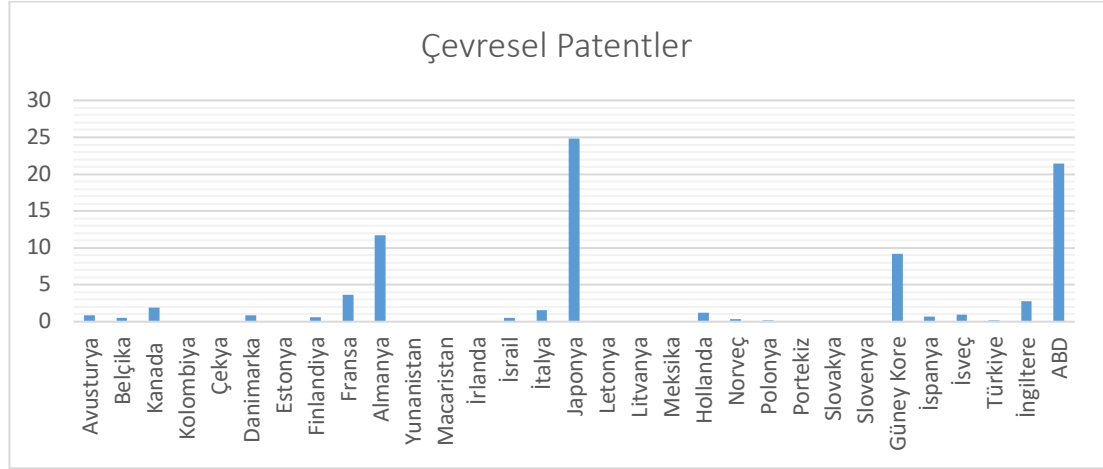
Şekil 3: OECD ülkelerinin 2000-2023 Yılları Ar-Ge harcamaları ortalaması



Kaynak: Dünya Bankası veri tabanından alınan veriler kullanılarak tarafımızca hazırlanmıştır.

Şekil 3'te 31 OECD ülkesinin Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payı ortalaması gösterilmiştir. 31 ülkenin 24 yıllık ortalamaları incelendiğinde Ar-Ge harcamalarına en çok kaynak ayıran ülkelerin İsrail, Güney Kore, Japonya, İsveç, Finlandiya, ABD ve Danimarka olduğu görülmektedir. Kolombiya, Meksika, Letonya, Litvanya, Slovakya ve Türkiye'nin bu 31 ülke içinde Ar-Ge harcamalarına en az kaynak ayıran ülkeler konumunda oldukları görülmektedir.

Şekil 4: OECD Ülkelerinin 2000-2023 Yılları Çevreyle İlgili Teknoloji Patentleri Ortalaması



Kaynak: OECD veri tabanından alınan veriler ile tarafımızca hazırlanmıştır.

Şekil 4'te 31 ülkenin 2000-2023 dönemini kapsayan toplam buluşların içindeki çevreyle ilgili teknoloji patenlerinin yüzdesi ortalaması gösterilmektedir. Buna göre, Japonya, ABD, Almanya ve Güney Kore'nin bu alanda diğer 27 OECD ülkesinden oldukça önde oldukları sonucuna ulaşılmaktadır.

1.3.4. Sürdürülebilir Kalkınmayı Sağlamada Eko-İnovasyon

Sürdürülebilir bir refah toplumu oluşturmak için endüstriyel sistemlerin geliştirilmesi oldukça önemlidir. Bu amaca ulaşmak için ise ekonomik büyüme sağlanırken çevresel sorumluluğu ve sosyal refahı da güvence altına alan endüstriyel üretim yöntemlerinden faydalanmak gerekmektedir. Bu kapsamda, gelecek nesillerin de refah düzeyini koruma altına almak için sürdürülebilirliğin endüstriyel uygulamalara entegre edilmesi gerekmektedir ve bu kapsamda eko-inovatif faaliyetler gerçekleşmelidir (Sharupeta ve Babkin, 2024).

Eko-inovasyonlar, çevresel etkileri azaltan teknolojik, örgütsel ve davranışsal değişiklikleri teşvik ederek sürdürülebilir kalkınmayı doğrudan desteklemektedir. Eko-inovasyonlar sürdürülebilir kalkınma sürecine dinamik bir katkı sunmaktadır. Örneğin, yapay zekâ, Power over Ethernet ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu emisyonları azalarak kaynak verimliliğini artırmakta ve sürdürülebilir ekonomik geçişleri desteklemektedir. Bir başka örnek olarak ise, akıllı şebeke teknolojileri ve dijital enerji yönetim sistemleri güç dağıtımının verimliliğini

arttırırken, elektrikli araçlar ulaşımında sürdürülebilir değişim sürecine yapılan katkıyı göstermektedir (Małecka vd., 2024).

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına ulaşmak için ülkelerin eko-inovasyon performansının geliştirilmesi oldukça önemlidir. Çünkü eko-inovasyonlar benimsenirse küresel düzeyde en az dokuz sürdürülebilir kalkınma amacına doğrudan katkıda bulunabilmektedir. Bu amaçlar şu şekildedir: iyi sağlık ve refah (3), uygun fiyatlı ve temiz enerji (7), endüstri, inovasyon ve altyapı (9), sürdürülebilir şehirler ve topluluklar (11), sorumlu tüketim ve üretim (12), iklim eylemi (13), su altı yaşamı (14), karada yaşam (15), sürdürülebilir amaçlar için ortaklıklar (17). Eko-inovasyonlar, tüm ülkelerde bu 9 amaca doğrudan katkıda bulunmakla birlikte düşük ve orta gelirli ülkelerde doğrudan katkıda bulunabileceği alanlar bu ülkelerdeki gelişme gerekliliği ve potansiyeli olan daha çok alan olduğu için daha fazla amaca katkıda bulunabilmektedir. Bunlar, yoksulluğun ortadan kaldırılması (1), sıfır açlık (2) ve temiz su ve sanitasyon (6) şeklindedir (Kemp vd., 2019). Ayrıca, eko-inovasyonlar, sürdürülebilir kalkınma ve ekonomik büyüme (8) amacına ulaşma sürecine de doğrudan katkıda bulunmaktadır (Arilla-Llorente vd., 2024).

Günümüzde ülkelerin çoęu eko-inovasyonların benimsenmesinin önemini anlamışlardır. Çoęu OECD ülkesi eko-inovasyonları endüstriyel ve ekonomik rekabet gücünün korunmasını sağlarken sürdürülebilir kalkınma amacına ulaşmak için de etkili bir yol olarak değerlendirmektedir. Başka bir örnek olarak AB ise kaynak verimliliğini, rekabet gücünü artırma ve genel olarak ekonomik büyümeyi teşvik etme gibi hedeflerin desteklenmesinde eko-inovasyonun oldukça önemli bir rolü olduğu üzerinde durmaktadır. Eko-inovasyon geliştirilmesinin önemini anlayan bir diğer ülke olan Japonya’da ise hükümetin Sanayi Bilim ve Teknoloji Politikası Komitesi eko-inovasyonu yeni bir teknolojik-sosyal inovasyon olarak görmektedir. ABD’de ise eko-inovasyonların çevresel yük oluşturmada ekonomik büyümeyi sağladığı üzerine düşünülmektedir (Sarkar, 2013). AB için ise sürdürülebilirlik politikaları çerçevesinde değerlendirilen eko-inovasyon, çevresel yüklerin azaltılmasında kullanılan kritik bir araçtır (Małecka vd., 2024).

Literatürde de eko-inovasyonların sürdürülebilir kalkınmaya olan katkılarını ampirik olarak kanıtlayan çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, Jo vd. (2015), 49 Asya ve Avrupa ülkesi verileri kullanarak yaptıkları çalışmada eko-inovasyonun sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmak için temel araçlardan birisi olabileceği sonucuna

ulaşmışlardır. Platon vd. (2023) ise eko-inovasyonların kişi başına düşen malzeme ayak izini azaltmada güçlü bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Mačiulytė-Šniukienė ve Sekhniashvili (2021) ise Avrupa Birliği ülkeleri verileri kullanarak yaptıkları çalışmada eko-inovasyonun sürdürülebilir ekonomik büyüme ve çevresel performans üzerinde olumlu etkileri olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

1.3.5. Eko-İnovasyonun Belirleyicileri ve Önündeki Engeller

Horbach’a (2008) göre, eko-inovasyonun belirleyicileri 3 kategoride incelenmektedir. Bunlar; arz tarafı, talep tarafı ve kurumsal ve siyasi etkilerdir. Teknoloji itici gücü olarak da ifade edilen arz tarafı eko-inovasyon geliştiren kuruluşların fiziksel ve bilgi sermayesi gibi teknolojik yeteneklerini vurgulamaktadır. Bu kategori için Ar-Ge yatırımı veya eğitime yatırım gibi girdiler gereklidir. Talep tarafı için ise toplumun çevre bilinci en önemli faktörlerdendir. Bu kapsamda temiz üretim için toplumsal farkındalık ve çevre dostu ürünlere yönelik artan talep eko-inovasyonlar için itici bir güç olarak nitelendirilebilmektedir. Ayrıca gelecekte beklenen talebin de artması talep çekme hipotezi kapsamında pozitif etki yaratabilmektedir. Kurumsal ve siyasi etkiler kategorisi ise daha çok çevresel politikalar ile ilgilidir. Bu kapsamda eko-inovasyon geliştirme potansiyeli olan kuruluşların üzerinde maliyet tasarrufu sağlayan yani ekonomik açıdan da faydalı eko-inovasyonlar geliştirmeleri baskı yaratma potansiyeline sahiptir. Bu kapsamda, Porter hipotezi çevresel politikaların sıklığının artması ile hem çevresel kirliliğin azaltılması hem de karların artırılması ile çift yönlü bir avantaj sağlayabileceği üzerinde durmaktadır (Porter ve van der Linde, 1995).

Eko-inovasyon performansının gelişim süreci ise bu süreçte rol alan aktörlerin iş birliği kapsamında mikro, mezzo ve makro olarak 3 seviyeye ayrılarak incelenebilmektedir. Bu seviyelerin her birinde etkili yönetim oldukça önemlidir (Sharupeta ve Babkin, 2024).

Bireysel yenilikçilerden ve firmalardan oluşan mikro seviyede amaç, onları eko-inovasyon geliştirmek için teşvik etmek ve operasyonlarında ve ürün tasarımlarında sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi sürecine katkıda bulunmaktır.

Endüstriyel kümeleri ve sektörleri kapsayan mezzo seviyede ise amaç, üreticiler, tedarikçiler ve dağıtımıcılar da dahil olmak üzere farklı kuruluşlar arasında sinerji yaratmaktır. Bu seviyedeki asıl amaç, döngüsel ekonominin de temellerinden olan kapalı döngü üretim sisteminin kurulmasını içermektedir. Buna göre, atıklar minimum

düzeye indirilir ve kaynak verimliliği maksimum düzeye çıkarak ürünlerin kullanımı ve yeniden kullanımının bir sürekli bir döngüsü sağlanmaktadır. Bu seviyede tüm değer zinciri boyunca iş birliği çok önemlidir.

Daha geniş toplumsal ve politika çerçevesine odaklanan makro düzeyde ise politikalar, finansman mekanizmaları ve toplumsal bilinçlendirme kampanyaları ile eko-inovasyonlar için destekleyici bir ortam oluşturulması sağlanmaktadır. Bu kapsamda ulusal ve uluslararası politikaların sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu hale getirilmesi önceliklendirilir.

Eko-inovasyonların geliştirilmesi ve uygulanmasının önündeki engeller ise 3 ana kategoride incelenebilmektedir. Bunlar, içsel faktörler, dışsal faktörlerdir ve teknolojik özelliklerdir (Carrillo-Hermosilla vd., 2019).

İçsel faktörler, bir kuruluşun eko-inovasyon geliştirme sürecindeki finansal durumu, firmanın büyüklüğü, değer zincirindeki konumu gibi firmanın karakteristik özelliklerini dikkate almaktadır. Ayrıca firmanın teknolojik yeterliliği de eko-inovasyon geliştirme sürecinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Firmaların bilgi sermayelerinin Ar-Ge ve insan sermayesini yoluyla artması ile eko-inovasyon performansları da iyileşmektedir. Ayrıca şirketin çevresel stratejisi ve çalışanların bu konuda tutumları da süreci etkileyebilmektedir.

Firmalar, içindeki bulundukları sistem ve rol alan aktörler ile eko-inovasyonları gerçekleştirebilmektedirler. Bu kapsamda eko-inovasyonları geliştirilmesinde rol alan kuruluşların içinde bulundukları ülkedeki sosyal, kurumsal, ekonomik ve kültürel bağlam çerçevesinde sürdürülebilir kalkınmaya yönelik teşvikler ve baskılar oldukça önemlidir. Ülkede uygulanan kamu politikaları oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda, çevresel düzenlemeler kapsamında uygulanan çevre politikaları, Ar-Ge destekleri ve daha temiz teknolojiler için geliştirilen inovasyon politikaları ve çevresel bilinci geliştirme ve inovatif yetenekleri geliştirme üzerine uygulanan eğitim politikaları eko-inovasyon performansı üzerinde oldukça güçlü bir etkiye sahiptir. Benzer şekilde ekonominin genel durumu da eko-inovatif süreç için oldukça önemli bir değişkendir. Eko-inovasyonların geliştirilme uygulanma maliyetleri kısa vadede etkili olduğu ancak getirilen orta ve uzun vadede ortaya çıktığı konjonktürde ülkedeki zayıf ekonomik iklim de eko-inovasyon performansını olumsuz etkileyebilmektedir (Carrillo-Hermosilla vd., 2019).

Teknolojik özellikler kapsamında ise temiz teknolojilerin geliştirilmesi ile meydana gelen maliyet ve enerji tasarrufları eko-inovasyonlar kapsamında en önemli itici güçlerden olabilmektedir. Ancak mevcut teknolojilerin amorti edilmiş olması ve ek sabit maliyetlerin olmaması göz önüne alındığında firmalar tarafından yeni teknolojilerin benimsenmesi zaman alabilmektedir. Ayrıca eko-inovasyonların karmaşıklığı da eko-inovasyon performansını etkileyebilmektedir. Geleneksel inovasyonlara göre daha karmaşık yapıda olma eğilimindeki eko-inovasyonlar yüksek vasıflı insan kaynaklarına olan ihtiyacı artırabilir ve mevcut iş gücü için ek eğitimler gerektirebilmektedir. Karmaşık teknolojik yapılarda bir parçanın değiştirilmesi ile tüm teknolojik sistemde değişiklik yapılması gerekmektedir ve bu süreç ek maliyetlere de sebep olduğu için karmaşık üretim sistemlerine sahip olmayan ülkeler için eko-inovasyonların önünde bir engel olarak kendini gösterebilmektedir.

1.4. Ekonomik Karmaşıklık

Eko-inovasyonlar teknolojik, organizasyonel, sosyal ve kurumsal değişimleri aynı anda içerebilmektedir (Rennings, 2000). Çevresel boyutu da göz önüne alındığında geniş bir odak noktasına sahip olan eko-inovasyonlar ek karmaşıklık katmanlarına sahip olduğu için geleneksel inovasyonlara göre daha karmaşık bir geliştirilme sürecine sahiptir (Ketata vd., 2014). Ayrıca eko-inovasyonlar geleneksel inovasyonlarla karşılaştırıldığında daha fazla, farklı ve heterojen kaynaklardan bilgi girdisi elde edilmesini gerektirmektedir ve buna göre dış bilgi çok önemli bir belirleyicidir (Ghisetti vd., 2015).

Eko-inovasyon, kullanılan hammaddelerde veya bileşende değişim, sürekli bilgi alışverişi, yetenek geliştirme ve karşılıklı öğrenme çerçevesinden tedarikçilerle ve araştırma kurumlarla iş birliği ve ürünlerin yeniden tasarlanmasını gerektirmektedir. Eko-inovasyon geliştirme süreci geleneksel inovasyonlar ile karşılaştırıldığında daha karmaşık bir süreçtir. Çevre dostu ürün üretmek geleneksel bilgi tabanından daha ileri düzeyde bilgi ve beceri gerektirmektedir (De Marchi, 2012).

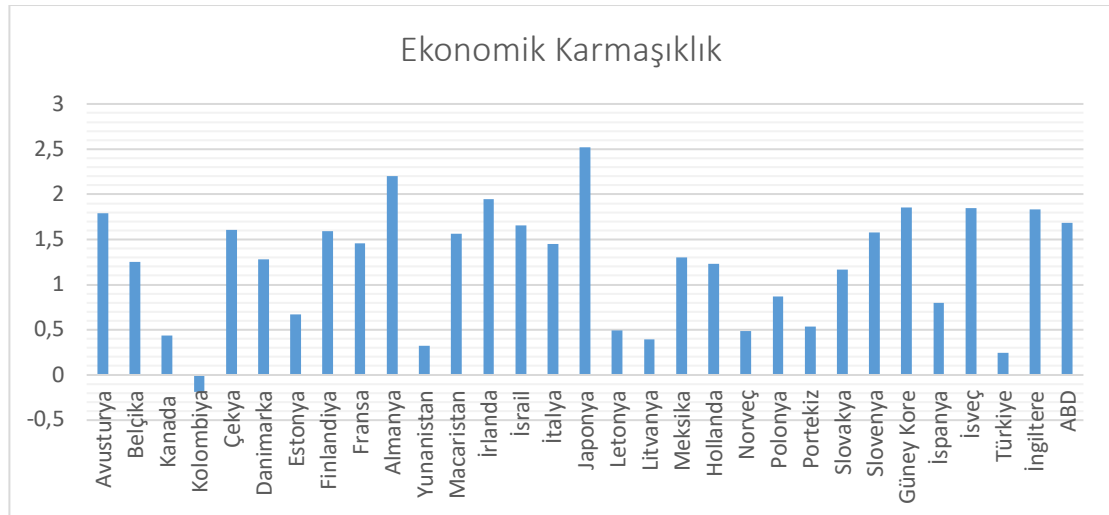
Karmaşıklık yeni bir ürün geliştirmek için gerekli olan bilgi, bileşen ve yetkinliklerin çeşitliliğini ifade etmektedir. Bilgi, buluşların temelidir ve teknoloji çeşitliliği de yeşil enerji sektöründeki teknolojik gelişme üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Bu kapsamda daha geniş ve çeşitli bilgi tabanına sahip ülkelerin eko-inovasyon geliştirme

ve dolayısıyla değer yaratmalarına katkıda bulunma süreçleri daha hızlı olacaktır (Donis vd. 2023).

Hidalgo ve Hausmann (2009) ülkelerin ihracat sepetlerinde yer alan ürünlerin çeşitliliği ve yaygınlığı verileri ile ekonomik karmaşıklık endeksini geliştirmişlerdir. Ekonomik karmaşıklık toplumdaki bilginin ölçülmesini sağlayan ve ekonomik üretim yapılarının gelişmişlik düzeyi ile ilgili bilgi veren bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Ekonomik karmaşıklık kavramını açıklarken “Know-how” terimini açıklamak çok önemlidir. Bir ürünü üretme sürecinde gereken üretken kapasiteyi ifade etmektedir. Gelişmiş ve çeşitli bilgi birikimine sahip ülkeler, diğer ülkelerin çok azının üretebildiği karmaşık ürünler de dahil olmak üzere çeşitli ürünler üretebilmektedir (The Atlas of Economic Complexity, 2026). Bir ülkenin ihracat sepetinde yer alan ürünler diğer ülkeler tarafından kolayca üretileniyorsa bu ülkenin ekonomik karmaşıklık seviyesi ve buna bağlı olarak bilgi kapasitesi yüksek kabul edilmektedir.

Ülkeler arasında teknolojik alanlar çerçevesinde farklılıklar bulunmaktadır ve bunlardan sadece bazıları karmaşık teknolojilere yatırım yapmak için gereken bilgi birikimine sahiptir (Donis vd., 2023). Şekil 5’te OECD ülkelerinin ekonomik karmaşıklık endeksi ortalamalarına yer verilmiştir.

Şekil 5: OECD Ülkelerinin 2000-2023 Ekonomik Karmaşıklık Ortalaması



Kaynak: the Atlas of Economic Complexity web sitesinden alınan veriler ile tarafımızca hazırlanmıştır.

Şekil 5’te 31 OECD ülkesinin ekonomik karmaşıklık endeksindeki 24 yıllık ortalamaları gösterilmektedir. Grafik incelendiğinde ekonomik karmaşıklık

konusunda en gelişmiş OECD ülkesinin Japonya olduğu görülmektedir. Japonya'yı sırasıyla Almanya, İrlanda, Güney Kore, İsveç, İngiltere ve Avusturya takip etmektedir. Kolombiya'nın ekonomik karmaşıklık ortalama değerinin negatif olduğu görülmektedir. OECD ülkeleri arasında ekonomik karmaşıklık diğer ülkelerin gerisinde kalanlar ise sırasıyla Türkiye, Yunanistan, Litvanya, Letonya ve Kanada olarak gözlemlenmektedir.

Ekonomik karmaşıklığın ekonomik büyümeye olan katkısı çeşitli çalışmalar ile desteklenmiştir. Özellikle karmaşıklık literatüründe ilk dönem çalışmaları genellikle ekonomik büyümeye odaklanmıştır (Caldarola vd., 2024). Hidalgo ve Hausmann (2009) ülkeler arasındaki kişi başına düşen GSYİH farklılıklarını üretken yetenek kapasitesi ile açıklanabileceğini vurgulamıştır. Ampirik literatürden de bir örnek olarak Zhu ve Li (2016) 210 ülkenin verileri ile gerçekleştirdikleri analizde ekonomik karmaşıklığın ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Bir ülkenin üretim portföyünün kalitesi ve çeşitliliği ekonomik büyüme sürecine katkıda bulunmaktadır ancak tek katkısı bu değildir. Ekonomik ve teknolojik uzmanlaşmanın birleşimi sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için de bir araç haline gelebilmektedir. Enerji yoğun ve yüksek emisyonlu endüstrilerin ortadan kaldırılarak karbondan arındırılması süreci sosyoekonomik sistemde radikal dönüşümler gerektirmektedir. Buna göre, karmaşıklık çerçevesinin benimsenmesi ile bu dönüşüm sürecinde geleneksel çerçeveden daha etkili olabilmektedir (Caldarola vd., 2024).

Ekonomik karmaşıklık sürdürülebilir kalkınma sürecine katkıda bulunmaktadır. Ekonomik karmaşıklık arttıkça iklim değişikliğine uyum sağlama ve emisyonları azaltma kapasitesi artmaktadır. Çünkü daha karmaşık ekonomiler çok daha yenilikçi ve teknik ürün geliştirme kapasitesine sahiptirler (Montiel-Hernández, 2024). Ekonomik karmaşıklığın sürdürülebilirliğin çevresel boyutuna olan etkisi geliştirilen temiz teknolojiler çerçevesinde değerlendirildiğinde çevresel yükün azaltımına yönünde olabilmektedir. Örneğin, Romero ve Gramkow (2021) ekonomik karmaşıklık bakımından ileri seviyede olan ülkelerin temiz üretim teknolojileri için de gerekli bilgi kapasitesine sahip olduğu ve sonuç olarak daha düşük sera gazı emisyon yoğunluğuna sahip olduğu çıkarımını yapmışlardır. Aluko vd. (2022) 1998-2007 yılları için 35 OECD ülkesi için yaptıkları analizde ülkelerin geliri arttıkça ekonomik karmaşıklığın ekolojik ayak izi üzerinde azaltıcı etkisini tespit etmişlerdir.

Karmaşıklığın sürdürülebilirliğin sosyal boyutuna olan katkısı da literatürde araştırmacılar tarafından ilgi görmektedir. Buna göre, Hartmann vd. (2017) 1962-2000 dönemi verileri ile yaptığı analizde daha karmaşık ürünler üretme kapasitesine sahip ülkelerin gelir dağılımında daha adil olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sbardella vd. (2017) 145 ülke için 1990-2008 dönemi verileri ile yaptıkları çalışmada ekonomik karmaşıklığın ücret eşitsizliği ile ilişkisinin ters U şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Sonuç olarak, ekonomik karmaşıklığın sürdürülebilir kalkınmaya olan katkısı çeşitli çalışmalar ile desteklenmiştir. Eko-inovasyonlar da bu çerçevede oldukça önemli bir araç görevi görmektedir. Çünkü ekonomik karmaşıklığın sürdürülebilir kalkınmaya olan katkısı aslında geliştirilen çevre dostu ürünler ve süreçler çerçevesinden değerlendirilmektedir. Eko-inovasyonların geleneksel inovasyonlara göre daha karmaşık yapıda olmaları sebebiyle de ekonomik karmaşıklık önemli bir performans belirleyicisi olarak değerlendirilebilmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

EKO-İNOVASYON PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERE YÖNELİK AMPİRİK LİTERATÜR

Literatürde eko-inovasyonun çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini karbondioksit emisyonları ve ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi bağlamında inceleyen çalışmalar yoğunluktadır ancak sürdürülebilirlik amaçlarına ulaşmak için eko-inovasyon performansının belirleyicilerinin de analiz edilmesi son derece önemlidir. Eko-inovasyonlar, firmalar tarafından geliştirilen ürünler olması nedeniyle literatürde belirleyicilerini firma veya endüstri düzeyinde inceleyen çalışmalar yoğunluktadır. Ancak firmaların içinde bulundukları ülkelerde uygulanan politikalarla birlikte ülkelerin çevresel ve sosyo-ekonomik göstergeleri de eko-inovasyon kapasitesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla eko-inovasyon kapasitesini etkileyen faktörlerin makro düzeyde analizi de bu kapasitesinin geliştirilmesi açısından son derece önemlidir.

Literatürde eko-inovasyonları belirleyicilerini makro düzeyde inceleyen ilk çalışmalardan birini Brunnermeier ve Cohen (2003) 1983-1992 dönemi için ABD’de 146 sektörün verilerini kullanarak yapmıştır. Bu çalışmada, çevre kirliliğini azaltma harcamalarının eko-inovasyonlar üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Sabit etkiler, poisson ve negatif binom regresyonunu kullanarak yaptıkları analizde çevre kirliliğini azaltma harcamalarındaki 1 milyon dolarlık artışın çevresel inovasyonlarda %0,04 artışa neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ancak, bu durum net kârların mutlaka artacağı anlamına gelmemektedir. Yazarlar, firmaların kaynaklarını çevresel Ar-Ge’ye yönlendirilmesinin yüksek fırsat maliyetleri olabileceğinden dolayı bu alanda yatırım yapmak için daha fazla teşviğe ihtiyaç duyabileceklerinin altını çizmiştir.

Horbach vd. (2013) çalışmalarında Fransa ve Almanya CIS anket verilerine dayanarak yaptıkları çalışmada binary probit model kullanmışlardır. Analiz sonucunda, düzenleme ve malzeme ve enerji tasarrufunun eko-inovasyonlar üzerindeki etkisinin anlamlı ve pozitif olduğu saptanmıştır. Ayrıca, iki ülke için de eko-inovatif faaliyetlerin geleneksel inovasyonlara göre daha fazla dış bilgi ve enformasyon

kaynağı gerektirdiği sonucuna ulaşmışlardır. Bu durumun eko-inovasyonların yenilenebilir enerjiler gibi yeni teknolojilerden oluşmasından kaynaklandığını vurgulamışlardır.

Costellacci ve Lie (2017) ise Güney Kore firma düzeyinde veriler ile faktör, küme ve logit analizler yapmışlardır. Çalışmalarında 4 grup eko-inovasyon yapan firma tanımlamışlardır. Bunlar, karbondioksit azaltıcı, atık azaltıcı, geri dönüşüme odaklananlar ve kirlilik azaltıcı firmalardır. Çalışma sonucunda, Ar-Ge politikalarının karbondioksit ve atık azaltımına odaklanan firmalarda inovasyonu teşvik ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Çevre politikalarının da kirliliği azaltıcı firmalar için inovasyonu teşvik ettiği belirlenmiştir. Ayrıca pazar talebi de geri dönüşüm inovasyonuna odaklanan firmalar için bir itici güç olduğu tespit edilmiştir.

Eko-inovasyon belirleyicilerini makro düzeyde veriler ile ele alan çalışmalar özellikle son yıllarda literatürde yaygınlaşmaktadır. Bu kapsamda literatürde karşılaşılan ilk çalışmalardan olan Schleich vd.'nin (2017) çalışmasında negatif binom sabit etkiler tahmincisi ile Ar-Ge harcamalarının eko-inovasyon üzerindeki etkisi saptanmıştır. Analizde, 12 OECD ülkesinin 1991-2011 verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, rüzgâr enerjisi alanında yapılan kamu Ar-Ge yatırımlarının, rüzgâr enerji kapasite stoğunun, kişi başına düşen patent sayısının ve toplumun farkındalığının rüzgar enerjisi alanında yapılan inovasyonlar ile pozitif ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Herman ve Xiang (2019) yaptıkları çalışmada 27 OECD ve 5 BRICS ülkesinin verileri sabit etkiler panel veri analizi gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda, yabancı ülkelerdeki çevresel politikaların, yerel çevresel politikaların, kurumsal kalitenin, bilgi stoğunun ve yüksek teknoloji ürün ihracatının temiz teknoloji inovasyonu üzerinde pozitif etkileri olduğu tespit edilmiştir.

Ahmed (2020) yaptığı çalışmada 1999-2015 dönemi için 20 OECD ülkesi verilerini kullanmıştır. ARDL yönteminin kullanıldığı çalışmada, çevre politikası sıklığının uzun vadede eko-inovasyonları teşvik ettiği sonucuna ulaşılmıştır. GSYİH'nın ise uzun vadede eko-inovasyonlar üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. İhracat ve ithalatın eko-inovasyonlara etkisinin oldukça az olduğu vurgulanmıştır. İhracatın ise uzun vadede eko-inovasyonlar üzerinde olumlu etkisi tespit edilirken, ithalatın uzun vadede olumsuz etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Galeotti vd. (2020) 1995-2009 dönemi için 19 OECD ülkesinin verileri ile bileşik endeksler ve panel regresyonları ile yaptıkları analiz sonucunda Porter hipotezi ile uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Çevre politikası katılımındaki artış firmaları daha fazla çevresel inovasyon yapmaya teşvik ettiği tespit edilmiştir. Buna göre, 1 birimlik artış çevresel patenlerin toplam patentlere oranında yaklaşık yüzde 0,2-0,4 artışa neden olmaktadır.

Hille vd. (2020) 194 ülkenin 1990-2016 dönemi verileri ile yenilenebilir enerji destek politikalarının ilgili alanlardaki inovasyonlara etkilerini anlamak için negatif binom regresyonu yöntemini kullanmışlardır. Analiz sonucunda Ar-Ge destek programlarının ve hedeflerinin, mali teşviklerin ve sertifika ticaretinin hem güneş hem de rüzgâr enerjisi ile ilgili teknolojilerde inovasyonu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Karmaker vd. (2021) 1995-2018 dönemi için G7 ve OECD ülkelerinin verilerini kullanarak CCEMG, AMG, FMOLS ve DOLS yöntemlerini kullanmışlardır. 42 yüksek ve orta gelirli ülkenin verileri ile yapılan analizde uzun vadede çevre vergilerinin eko-inovasyonları teşvik ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre, çevre vergilerinde %1'lik bir artışın eko-inovasyonları kullanılan tekniklere göre sırasıyla ortalama %0,57, %0,78, %1,47 ve %1,52 olarak artırdığı bulunmuştur.

Sánchez-Sellero ve Bataineh (2021) 2003-2016 dönemi için sabit etkili panel analizi yöntemini kullanarak yaptıkları analizde İspanyol firma düzeyi verileri kullanmışlardır. Yapılan analizde iç ve dış Ar-Ge uygulamalarının eko-inovasyon performansına olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. Özellikle dış ortaklarla yapılan Ar-Ge anlaşmalarını kurmanın yeşil inovasyonu artıran ana faktör olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kamu destek harcamaları, Ar-Ge harcamalarının ve yoğunluğunun da eko-inovasyonlar üzerinde pozitif etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Biscione vd. (2021) probit regresyonu ile 2012-2014 dönemi Avrupa geçiş ülkeleri üzerine yaptıkları analizde gelecekteki çevresel yasa beklentilerinin eğer firmanın büyük bir ciro sahibi olduğu durumlarda eko-inovasyon kararları üzerinde etkisi olduğu tespit etmişlerdir. Ayrıca maliyet tasarrufunun eko-süreç yeniliklerin güçlü ve olumlu bir etkisi olduğu gösterilmiştir. Ar-Ge değişkeninin ise eko-ürün yenilikleri üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hassan ve Rousseliere (2022) iki adımlı sistem GMM yöntemini kullanarak 1990-2015 dönemi için 27 OECD ülkesi verileri ile yaptıkları çalışmada çevre politikası katılığının artması ile çevresel inovasyonların hızlandığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca piyasa tabanlı olmayan çevre politikası araçlarının piyasa tabanlı olanlardan daha fazla çevresel inovasyonu teşvik ettiği tespit edilmiştir. Böylece, eko-inovasyonu teşvik etmek için emir ve kontrol politikalarına dayalı araçların fiyat mekanizmalarından daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yücel ve Terzioğlu (2022) 2010-2018 dönemini kapsayan seçili AB ülkeleri ve Türkiye verileri ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı üzerinde etkili faktörleri dinamik mekânsal panel veri yaklaşımı kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmada, uzun dönemde Ar-Ge harcamaları, kaynak verimliliği ve doğrudan yabancı yatırımların yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarı üzerinde negatif etkisi olduğu bulunmuştur. Orman örtüsü kaybı ve elektrik tüketim yoğunluğunun ise pozitif etkilediği tespit edilmiştir. Kısa dönemde ise elektrik tüketim yoğunluğu ve ormanlaşma alanındaki kayıp değişkenlerinin pozitif, çevre vergisi gelirleri, nüfus yoğunluğu, GSYİH değişkenlerinin ise negatif olarak etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Torrecillas ve Fernandez (2022) İspanyol imalat firmaları için 2008-2016 dönemi verileri ile GMM yöntemini kullanarak yaptıkları analizde ihracat ve doğrudan yabancı yatırımların eko-inovasyon üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Elde edilen bulgulara göre, ihracatın eko-inovasyon üzerindeki etkisinin DYY'nin eko-inovasyonlar üzerindeki etkisinden daha büyük ve daha hızlıdır.

Yang ve Wang (2022) 2008-2016 dönemi Çin'in 28 bölgesi için firma düzeyinde verileri yaptıkları çalışmada farklardaki fark yöntemini kullanmışlardır. Analiz sonucunda emisyon ticaret piyasasının firmaların maliyetlerini artırarak yeşil inovasyon yapma motivasyonlarına zarar verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, kontrol değişkeni olarak kullanılan kişi başına düşen GSYİH, eğitim düzeyi ve hükümet müdahalesinin de yeşil patentler üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Jin vd. (2022) Pakistan için 1996-2019 yılları çeyreklik verileri ile NARDL yöntemini kullanarak yaptıkları analizde uzun dönemde insani gelişme endeksi gerçekleşen pozitif şokun yeşil inovasyonu %1,05 artırmaktayken negatif şokun ise %0,93 oranında azalttığı bulgusuna ulaşılmıştır. BİT'te meydana gelen pozitif şoklar ise

%0,55 oranında artırırken, negatif şoklar yeşil inovasyonu %0,78 oranında azaltmaktadır. CO2 emisyonlarındaki pozitif şoklar ise yeşil inovasyonu %0,63 artırmakta, GSYİH %1,69 oranında arttırmaktadır.

Zakari vd. (2022) panel düzeltilmiş standart hata modelini kullanarak 61 OECD ve OECD dışı ülke verileri ile 2010-2018 dönemi için yaptıkları analizde yolsuzluğun OECD ülkelerinde yeşil inovasyon üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamalarının, CO2 emisyonlarının, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ekonomik kalkınma seviyesinin de eko-inovasyonlar üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Shu vd. (2022) QARDL yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmada 2000-2019 dönemi çeyreklik veriler kullanmışlardır. Medyanın toplumsal çevre bilinci üzerindeki etkisi göz önüne alınarak modele film ve drama endüstrisi verileri de dahil edilmiştir. Film ve drama endüstrisi, enerji verimliliği ve GSYİH'nin yeşil inovasyon üzerinde pozitif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Luo ve Li (2022) 1990-2018 yıllarını kapsayan veriler ile G7 ülkeleri için yaptıkları analizde CS-ARDL yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada uzun vadede adem-i merkezîyetçilik, Ar-Ge harcamaları ve insan sermayesinin eko-inovasyonları teşvik ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Kısa vadeli sonuçlar ise Ar-Ge harcamaları ve insan sermayesinin eko-inovasyonları pozitif etkilediğini kanıtlamakla birlikte etkileri uzun vadedeki kadar güçlü olmadığını göstermektedir.

Literatürde ekonomik karmaşıklığı eko-inovasyon performansını ölçmek için kullanan ilk çalışma Donis vd.'nin (2023) çalışmasıdır. 2007-2016 dönemi için negatif binom regresyonu yöntemini kullanarak 24 OECD ülkesi için yaptıkları analizde ekonomik karmaşıklık ve fikri mülkiyet haklarının yeşil inovasyonlar üzerindeki etkisinin olumlu olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Qi ve Yang (2023) CS-ARDL yöntemi kullanılarak BRICS ülkeleri verileri ile 1990-2019 dönemi için yapılan analizde çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlara ilişkin değişkenler kullanılmıştır. Bu değişkenlerin de hepsinin uzun vadede yeşil inovasyon üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Buna göre, uzun vadede GSYİH'de %1'lik bir artış yeşil inovasyonda %0,290 artışa neden olmaktadır. Çevresel politika sıklığında meydana gelen %1'lik bir artış ise yeşil inovasyonu %0,438 oranında artırmaktadır. İnsani gelişme ise yeşil inovasyonu %0,175 oranında

artırarak diğer analizde kullanılan diğer faktörlere göre daha kısıtlı bir katkı sağlamaktadır.

Herzer (2023) 1994-2019 dönemi için 24 ülke verileri ile panel eşbütünleşme yöntemlerini kullanarak yaptıkları analizde hem yurt içi hem yurt dışı çevreyle ilgili Ar-Ge'ye yönelik harcamalarının yurt içi yeşil inovasyon üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit etmiştir. Hükümetlerin çevresel Ar-Ge harcamalarını artırması gerektiğini vurgulamıştır.

Wang ve Wang (2023) 2008-2019 dönemi Çin'in 30 il verileri ile mekânsal Durbin modelini kullandıkları çalışmada hem gönüllü hem de zorunlu çevresel düzenlemelerin yeşil inovasyon üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlemlense de gönüllü çevresel düzenlemelerin daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca doğrudan yabancı yatırımların da bu etkileri güçlendirebileceği anlaşılmıştır.

Zhao ve Fang (2023) ise Çin il düzeyinde 2012-2020 verileri ile yaptıkları analizde mekansal Durbin modelini kullanmışlardır. Analizde dijital dönüşümde meydana gelen %1'lik artışın yeşil inovasyon performansında %0,855'lik bir artışa yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır.

Qiu vd. (2023) 2011-2019 dönemi için Çin'in 287 şehrinin verileri ile yaptıkları analizde dijital ekonominin kentsel yeşil inovasyonu teşvik ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Dijital ekonomi, çevresel düzenlemelerin de yoğunluğunu artırarak dolaylı olarak da yeşil inovasyonu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Liu vd. (2023) 31 Çin ili için 2011-2020 dönemini kapsayan veri seti ile yaptıkları analizde SBM-DEA modeli ve Tobit regresyon modeli kullanılmıştır. Çalışma sonucunda dijital ekonominin ve endüstriyel yığılmanın yeşil inovasyon üzerinde olumlu etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Prokop vd. (2023) 21 OECD ülkesi için 2008-2012 dönemi verileri ile klasik lineer modelini kullanarak yaptıkları çalışmada ortalamadan daha fazla sıklığa sahip pazar odaklı çevresel politikaların ve doğrudan yabancı yatırımların yeşil inovasyonlar üzerinde negatif etkisi olduğu saptanmıştır. Bununla beraber, popülasyon yoğunluğu ve Ar-Ge harcamalarının ise eko-inovasyonlar üzerindeki etkisinin pozitif olduğu tespit edilmiştir.

Godawska (2023) EKK modelini kullanarak yaptıkları çalışmada 18 AB üyesi ülkenin 2013-2020 verilerini kullanmışlardır. Yaptıkları analizde piyasa temelli politikaların

sıklığının, GSYİH'nin ve bilim ve teknoloji alanındaki personel sayısının artmasının eko-inovasyon üzerindeki etkisinin pozitif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yurdakul ve Kazan (2024) Türk imalat firmalarındaki eko-inovasyon belirleyicilerinin analizi için Porter hipotezi, içsel büyüme teorisi ve doğal kaynak temelli teoriyi kullanmışlardır. Örneklem olarak 219 firma verisi ile yapılan yapısal denklem modelleme (SEM) ve yol analizi yöntemleri kullanılmıştır. Analiz sonucunda çevre düzenlemeleri, teknolojik yetenek, talep ve kaynak maliyetinin firma düzeyinde eko-inovasyon performansının iyileştirilmesi için önemli faktörler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Vasconcelos-Garcia ve Carrilho-Nunes (2024) 27 AB üye ülkesinin 2013-2022 dönemini kapsayan veri seti ile iki adımlı GMM yöntemini kullanarak yaptıkları analizde eko-inovasyon ile doğrudan yabancı yatırım arasındaki ilişkinin zamanla değiştiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, dijitalleşmenin eko-inovasyon üzerinde olumlu bir etkisinin bulunması ile de ikiz geçiş hipotezi desteklenmiştir. Enerji politikası ve fiyatlarının da eko-inovasyon üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anton-Tejon (2024) ise 2004-2012 yılları İspanyol firmalarının anket verileri ile EKK yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmada bilim ve teknoloji parklarının yeşil inovasyonu pozitif olarak etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Yatırımcılar ve ticari ortaklar gibi dış aktörler için bir firmanın bilim ve teknoloji parkı içinde yer almasının inovasyon potansiyelini yansıtan bir gösterge olduğunu vurgulamıştır.

Li vd. (2024) sabit etkiler modelini kullanarak 1995-2013 dönemi için 77 ülke verileri ile yaptıkları analizde, çevresel hükümler içeren bölgesel ticaret anlaşmaların çevresel inovasyon üzerinde önemli bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Çevresel hükümler içeren bölgesel ticaret anlaşmalarının ise çevresel inovasyonlar üzerinde anlamlı bir negatif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca modele kontrol değişkeni olarak eklenen insan sermayesi ve popülasyonunun da çevresel inovasyon üzerindeki etkisinin pozitif olduğu gözlemlenmiştir.

Liu vd. (2024) GMM yöntemini kullanarak BRICS ülkeleri için 2010-2022 yılları verileri ile yaptıkları analizde yeşil inovasyon ve iklim kırılganlığı arasında güçlü negatif ilişki tespit etmiştir. Bu kapsamda yöneticilerin çevresel yükleri azaltmak ve sürdürülebilirliği sağlamak için iklim direnci stratejilerine öncelik vermeleri ve yeşil inovasyonu iş süreçlerine entegre olması gerekliliği vurgulanmıştır.

Liu vd. (2024) iki yönlü sabit etkiler modelini kullanarak 2004-2019 dönemi Çin'in 30 ili verileri ile yaptıkları analizde dijital ekonomi ve mali ademi merkeziyetçiliğin yeşil inovasyon üzerinde olumlu etkisi olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte finansal gelişmenin, dış ticaret açıklığı ve altyapı yatırımlarının da yeşil inovasyonlar üzerinde pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Tran vd. (2025) sabit etkiler modelini kullanarak 2000-2021 dönemi için 85 ülkenin verileri ile yaptıkları analizde iklim kırılganlığındaki 1 birimlik artışın yeşil patentlerde %18,3'lük bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Modele eklenen kontrol değişkenlerinden GSYİH büyümesi, kişi başına düşen GSYİH, popülasyon, ticari açıklık, finansal gelişme, insani gelişme endeksi ve kentleşmenin etkisi pozitif çıkarken enerji yoğunluğunun etkisi ise negatif çıkmıştır.

Li ve Zhang (2025) 2008-2016 dönemi Çin için çift yönlü sabit etkiler modeli kullanarak yaptıkları analizde çevresel ürün ithalatının işletmelerin yeşil inovasyon performansını artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Ma vd. (2025) sabit etkiler modelini kullanarak 2012-2023 Çin mikro düzeyi verileri ile yaptıkları çalışmada doğrudan yabancı yatırımların yeşil inovasyon üzerindeki etkisini ve Ar-Ge yatırımlarının aracı rolünün analiz etmek için sabit etkiler modeli kullanmışlardır. Buna göre, doğrudan yabancı yatırımların yeşil inovasyon üzerinde pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Ar-Ge yatırımlarının da bu etkide aracı rolü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Zheng vd. (2025) Çin'in 30 bölgesinin 2011-2020 yılları verilerine dayanan sabit etkiler modelini kullandıkları analizde dijital finansın, enerji tüketiminin, endüstriyel yapı, ulaşım altyapısı ve Ar-Ge yoğunluğunun yenilenebilir enerji üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Langinier vd. (2025) 1990-2019 yılları için OECD ve BRICS ülkeleri verileri ile sabit etkiler Poisson modeli kullanarak yaptıkları analizde yeşil inovasyon ve çevresel düzenlemeler arasında pozitif bir ilişki tespit etmişlerdir. Ancak ticaretin bu ilişkiyi zayıflattığı saptanmıştır. Uluslararası teknoloji transferlerinin de yeşil inovasyon üzerinde pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Yang ve Morotomi (2025) iki yönlü sabit etkiler Poisson modelini kullanarak 29 Avrupa ülkesinin 2007-2019 verileri ile yaptıkları analizde yeşil kamu tedarikinin eko-inovasyon üzerindeki etkisinin U şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca modele

kontrol değişkeni olarak eklenen popölasyon, Ar-Ge yatırımı, çevresel vergi geliri değişkenlerinin etkilerinin pozitif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Wang vd. (2025) 2003-2019 Çin il düzeyinde veriler kullanılarak yapılan çok yönlü farklardaki fark analizinde pilot şehirlerin geleneksel endüstrileri çağdaşlaştırmak için bilişim ve sanayileşmenin entegrasyonunu destekleyen politikaların ve finansal gelişmelerin eko-inovasyon üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bai ve Zhang (2025) mekânsal Durbin modeli (SDM) kullanarak 2011-2021 dönemi 264 Çin şehrinin verileri ile yaptıkları analizde çevresel düzenlemelerin dengeleyici etkisi ile birlikte dijital inovasyon ekosisteminin mekânsal yayılma etkilerinin eko-inovasyonu teşvik ettiğini tespit etmişlerdir.

Boyacı vd. (2025) Türkiye’deki imalat firmalarının eko-inovasyon yeteneğini etkileyen içsel faktörleri analiz etmek amacıyla regresyon analizi ve DEMATEL yöntemini uygulamışlardır. 343 firmanın anket verileri ile gerçekleştirilen çalışmada stratejik yönetim yeteneği, teknolojik yenilik yeteneği ve Ar-Ge yeteneğinin eko-inovasyon performansı kapsamında en önemli içsel faktörler olduğu sonucunda ulaşılmıştır.

Tablo 3’te bu tez kapsamında ilgili literatürde başvuru olan tüm ampirik çalışmalara dair özet bilgiler derlenmiştir.

Tablo 3. Literatür Özet Tablosu

Yazar(lar) ve Yayın Yılı	Veri seti	Yöntem	Ampirik Bulgular
Brunnermeier ve Cohen (2003)	1983-1992 dönemi ABD'deki 146 sektör	sabit etkiler (OLS), Poisson (genelleştirilmiş tahmin denklemi), negatif binom regresyonu (maksimum olabilirlik)	Çevre kirliliğini azaltma harcamalarındaki 1 milyon dolarlık artışın çevresel inovasyonlarda %0,04 artışa neden olduğu bulunmuştur.
Horbach vd. (2013)	Fransa ve Almanya CIS anket	binary probit model	Analizde düzenleme ve malzeme ve enerji tasarrufunun eko-inovasyonlar üzerindeki etkisinin anlamlı ve pozitif olduğu saptanmıştır.
Costellacci ve Lie (2017)	2010 Güney Kore firma düzey anketi	faktör, küme ve çoklu logit analizleri	Ar-Ge politikalarının karbondioksit ve atık azaltımına odaklanan firmalarda inovasyonu teşvik ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca çevre politikalarının kirliliği azaltıcı firmalar için temel itici güç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Schleich vd. (2017)	12 OECD ülkesinin 1991-2011	negatif binom sabit etkiler tahmincisi	Kamu Ar-Ge harcamalarının %1'lik bir artışı karşısında rüzgâr gücü patentlerinde ertesi yıl gerçekleşecek 2,5'luk bir artış ile ilişkilendirilmiştir.

Tablo 3. Literatür Özet Tablosu Devamı

Herman ve Xiang (2019)	27 OECD ve 5 BRICS ülkesi	panel veri analizi (sabit etkiler)	Yabancı ülkelerdeki çevresel politikaların, yerel çevresel politikaların, kurumsal kalitenin, bilgi stoğunun ve yüksek teknolojili ürün ihracatının temiz teknoloji inovasyonu üzerinde pozitif etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Ahmed (2020)	1999-2015 dönemi 20 OECD ülkesi	ARDL	Çevre politikası sıklığı, GSYİH ve ihracat uzun dönemde eko-inovasyonları teşvik etmektedir. İthalat değişkeninin ise uzun vadede olumsuz etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir.
Galeotti vd. (2020)	1995-2009 dönemi 19 OECD ülkesi	bileşik endeksler ve panel regresyonları ile ampirik analizler	Çevre politikası sıklığındaki 1 birimlik artışın çevresel patenlerin toplam patentlere oranında yaklaşık yüzde 0,2-0,4 artışa neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Hille vd. (2020)	194 ülkenin 1990-2016 dönemi	negatif binom regresyonu	Yenilenebilir enerji destek politikalarının yaygınlaşması ile hem güneş hem de rüzgâr enerjisi ile ilgili teknolojilerde inovasyonun arttığını tespit edilmiştir.
Karmaker vd. (2021)	1995-2018 dönemi için 42 yüksek ve orta gelirli ülke (G7 ve OECD ülkeleri)	ARDL, CCEMG, AMG, FMOLS ve DOLS	Çevre vergilerindeki %1’lik bir artışın eko-inovasyonları kullanılan tekniklere göre sırasıyla ortalama %0,57, %0,78, %1,47 ve %1,52 olarak artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3. Literatür Özet Tablosu Devamı

Sánchez-Sellero ve Bataineh (2021)	2003-2016 dönemi için İspanyol firma	dengeşiz panel verileriyle sabit etkili FE regresyonu	Dış ortaklarla Ar-Ge anlaşmalarını kurmanın yeşil inovasyonu artıran ana faktör olduğu tespit edilmiştir. Kamu destekleri, Ar-Ge harcamaları ve Ar-Ge yoğunluğunun da eko-inovasyonlar üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.
Biscione vd. (2021)	2012-2014 dönemi Avrupa geçiş ülkeleri	çok değişkenli probir regresyon	Gelecekteki çevresel yasa beklentilerinin eğer firmanın büyük bir ciro sahibi olduğu durumlarda eko-inovasyon kararları üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir.
Hassan ve Rousseliere (2022)	1990-2015 dönemi için 27 OECD ülkesi	iki adımlı sistem-GMM tahmin yöntemi	Çevre politikası katılımında %1'lik bir artış eko-inovasyonlarda %0,25'lik bir artışa yol açmaktadır. CO2 emisyonlarında da yaşanan %1'lik bir artış eko-inovasyonlarda %1,965'lik bir artışla sonuçlanmaktadır.
Yücel ve Terzioğlu (2022)	2010-2018 dönemini kapsayan seçili AB ülkeleri ve Türkiye	Dinamik mekânsal panel veri yaklaşımı	Uzun dönemde orman örtüsü kaybı ve elektrik tüketim yoğunluğunun ise pozitif etkilediği tespit edilmiştir. Kısa vadede ise elektrik tüketim yoğunluğu ve ormanlaşma alanındaki kayıp değişkenlerinin pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3. Literatür Özet Tablosu Devamı

Torrecillas ve Fernandez (2022)	İspanyol imalat firmaları için 2008-2016 dönemi	GMM	İhracat ve doğrudan yabancı yatırımların eko-inovasyonlar üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.
Yang ve Wang (2022)	2008-2016 dönemi Çin'in 28 bölgesi	Farkların Farkı (DiD)	Emisyon ticaret piyasasının firmaların maliyetlerini artırarak yeşil inovasyon yapma motivasyonlarına zarar verdiği tespit edilmiştir.
Jin, vd. (2022)	Pakistan için 1996-2019 yılları çeyreklik veriler	NARDL	Uzun dönemde insani gelişme endeksinde gerçekleşen pozitif şokun yeşil inovasyonu %1,05 artırdığı, CO2 emisyonlarındaki pozitif şokların %0,63 artırdığı, GSYİH'deki pozitif şokların ise yeşil inovasyonu %1,69 oranında artırdığı sonucuna ulaşmışlardır
Zakari vd. (2022)	61 ülke verileri ile 2010-2018 dönemi	PCSE ve S-GMM	Yolsuzluğun yeşil inovasyonlar üzerinde pozitif bir etkiye sahipken OECD ülkelerinde negatif negatif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3. Literatür Özet Tablosu Devamı

Shu vd. (2022)	2000-2019 dönemi	QARDL	2000-2019 dönemi çeyreklik veriler kullanılarak yapılan analizde film ve drama endüstrisi, enerji verimliliği ve GSYİH'nin yeşil inovasyon üzerinde pozitif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.
Luo ve Li (2022)	1990-2018 yılları G7 ülkeleri	CS-ARDL	Hem uzun hem kısa vadede adem-i merkeziyetçilik, Ar-Ge harcamaları ve insan sermayesinin eko-inovasyonları teşvik ettiği sonucuna ulaşılmıştır.
Donis vd. (2023)	2007-2016 dönemi için 24 OECD ülkesi	negatif binom regresyonu	Ekonomik karmaşıklık ve fikri mülkiyet haklarının yeşil inovasyonlar üzerindeki etkisinin olumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Qi ve Yang (2023)	BRICS ülkeleri için 1990-2019 dönemi	CS-ARDL	GSYİH, çevresel politika sıkılığı, insani gelişme endeksi ve küreselleşme endeksi değişkenlerinin hem uzun vadede hem de kısa vadede eko-inovasyonları pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.
Herzer (2023)	1994-2019 dönemi için 24 ülke	panel eşbütünleşme yöntemleri	Hem yurt içi hem yurt dışı çevreyle ilgili Ar-Ge'ye yönelik harcamalarının yurt içi yeşil inovasyon üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. Literatür Özet Tablosu Devamı

Wang ve Wang (2023)	2008-2019 dönemi Çin'in 30 ili	mekansal Durbin modeli (SDM)	Hem gönüllü hem de zorunlu çevresel düzenlemelerin yeşil inovasyon üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlemlense de gönüllü çevresel düzenlemelerin daha etkili olduğu tespit edilmiştir.
Zhao ve Fang (2023)	Çin'in il düzeyinde 2012-2020 dönemi	mekansal Durbin modeli (SDM)	Dijital dönüşümde meydana gelen %1'lik artışın yeşil inovasyon performansında %0,855'lik bir artışa yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır.
Qiu vd. (2023)	2011-2019 dönemi için Çin'in 287 şehri	sabit etkiler panel regresyon ve eşik regresyon modeli	Dijital ekonominin kentsel yeşil inovasyonu teşvik ettiği sonucuna ulaşılmıştır.
Liu vd. (2023)	2011-2020 dönemi 31 Çin il düzeyi	SBM-DEA modeli ve Tobit regresyon modeli	Dijital ekonominin ve endüstriyel yığılmanın yeşil inovasyon üzerinde olumlu etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Prokop vd. (2023)	21 OECD ülkesi için 2008-2012 dönemi	klasik lineer model	Pazar odaklı çevresel politikaların ve doğrudan yabancı yatırımların eko- inovasyonlar üzerindeki etkisinin negatif olduğu tespit edilmiştir. Popülasyon yoğunluğu ve Ar-Ge harcamalarının ise pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3. Literatür Özet Tablosu Devamı

Godawska (2023)	18 AB üyesi ülkenin 2013-2020 dönemi	En Küçük Kareler	Piyasa temelli politikaların sıklığının artmasının eko-inovasyon üzerindeki etkisinin olumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Yurdakul ve Kazan (2024)	219 Türk imalat firması	SEM ve Yol analizi	Çevresel düzenlemeler, talep ve kaynak maliyeti ve teknolojik yeteneklerin firmalarda eko-inovasyon performansı üzerinde pozitif etkisi olduğu bulunmuştur.
Vasconcelos-Garcia ve Carrilho-Nunes (2024)	27 AB üye ülkesinin 2013-2022 dönemi	iki adımlı GMM	Dijitalleşmenin eko-inovasyon performansı üzerinde pozitif etkisinin bulunması ile ikiz geçiş hipotezi desteklenmiştir.
Anton-Tejon (2024)	2004-2012 dönemi İspanyol firmaları	En Küçük Kareler	Bilim ve teknoloji parklarının yeşil inovasyonu desteklemede olumlu etkisi olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.
Li vd. (2024)	1995-2013 dönemi 77 ülke	sabit etkiler modeli	Çevresel hükümler içeren bölgesel ticaret anlaşmalarının çevresel inovasyonlar üzerinde negatif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır
Liu vd. (2024)	BRICS ülkeleri 2010- 2022 dönemi	GMM	Yeşil inovasyon ve iklim kırılganlığı arasında güçlü negatif ilişki bulunmuştur.

Tablo 3. Literatür Özet Tablosu Devamı

Liu vd. (2024)	2004-2019 dönemi Çin'in 30 ili	iki yönlü sabit etkiler modeli	Dijital ekonomi ve mali ademi merkeziliğin yeşil inovasyon üzerinde pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir.
Tran vd. (2025)	2000-2021 dönemi için 85 ülke	sabit etkiler, GMM, düzeltilmiş en küçük kareler kukla değişken tahmin edicisi	İklim kırılganlığındaki 1 puanlık artışın yeşil patentlerde %18,3'lük bir artışa neden olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.
Li ve Zhang (2025)	2008-2016 dönemi Çin firmaları	çift yönlü sabit etkiler modeli	Çevresel ürün ithalatının işletmelerin eko-inovasyon performansını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.
Ma vd. (2025)	2012-2023 dönemi Çin firmaları	panel veri analizi (sabit etkiler)	Doğrudan yabancı yatırımların yeşil inovasyon üzerinde olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir.
Zheng vd. (2025)	Çin'in 30 bölgesinin 2011-2020 dönemi	sabit etkiler modeli	Dijital finansın ve enerji tüketiminin yenilenebilir enerji üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Langinier vd. (2025)	1990-2019 dönemi için OECD ve BRICS ülkeleri	sabit etkiler Possion modeli	Çevresel düzenlemelerin eko-inovasyonları pozitif olarak etkilediği tespit edilmiştir.

Tablo 3. Literatür Özet Tablosu Devamı

Yang ve Morotomi (2025)	29 Avrupa ülkesinin 2007-2019 dönemi	iki yönlü sabit etkiler Poisson modeli	Yeşil kamu tedarikinin eko-inovasyon üzerindeki etkisinin U şeklinde olduğu tespit edilmiştir.
Wang vd. (2025)	2003-2019 dönemi Çin şehri	çok yönlü DiD	Bilişim ve sanayileşmenin entegrasyonunu destekleyen politikaların yeşil inovasyon üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Bai ve Zhang (2025)	2011-2021 dönemi 264 Çin şehri	mekânsal Durbin modeli (SDM)	Dijital inovasyon ekosisteminin mekânsal yayılma etkileri ile eko-inovasyonu teşvik ettiği tespit edilmiştir.
Boyacı vd. (2025)	343 Türk imalat firması	Regresyon analizi ve DEMATEL yöntemi	Stratejik yönetim yeteneği, teknolojik yenilik yeteneği, Ar-Ge yeteneği, yönetim yeteneği, öğrenme yeteneği ve üretim yeteneğinin firma eko-inovasyon performansı için en önemli içsel faktörler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynak: Tablo tarafımızca oluşturulmuştur.

Eko-inovasyon performansının belirleyicilerinin analizi ile ilgili literatür incelendiğinde çalışmaların genellikle Horbach (2008) kategorilerine göre değişken seçimlerinin yapıldığı gözlemlenmektedir. Özellikle makro düzeyde verilerin kullanıldığı çalışmalarda önemli bir dış etken olarak kurumsal ve siyasi etkiler kategorisi incelenmiştir. Çevre politikası sıklığı ve çevre vergileri değişkenleri modellere dahil edilmiş ve Porter Hipotezinin test edilmesine odaklanılmıştır. Son dönemde ise eko-inovasyon performansının incelendiği literatürde dijitalleşmenin etkilerinin analizine odaklanıldığı dikkat çekmektedir. Arz tarafına odaklanan çalışmalarda ise teknolojinin itici gücü kapsamında Ar-Ge harcamaları veya Ar-Ge personeli değişkenleri modellere dahil edilmiştir. Ancak bir ülkedeki en önemli karmaşık ve yüksek teknoloji göstergelerinden olan ekonomik karmaşıklık endeksinin eko-inovasyon performansı üzerindeki etkisine odaklanan sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmanın ekonomik karmaşıklık endeksinin OECD ülkelerindeki eko-inovasyon performansı üzerindeki etkisini daha geniş bir dönem için analiz edilmiş olması bakımından literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

EKO-İNOVASYON PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERE YÖNELİK AMPİRİK ANALİZ

3.1. Veri Seti ve Model

Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) temel amacı eşitsizlik ve iklim değişikliğinden cinsiyet eşitsizliğine kadar çeşitli konuları kapsayan alanlarda ülkeleri ve ortaklarını bir araya getirerek ulusal, bölgesel ve yerel düzeyde sorunlar üzerinde iş birliği yapılmasıdır (OECD, 2026). OECD geliştirmekte olan ülkeler ve gelişmiş ülkeler de dahil olmak üzere 38 üye ülkeye sahip bir küresel forumdur. OECD'ye üye ülkeler: ABD, Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Kolombiya, Kosta Rika, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, Şili, Türkiye, Yeni Zelanda, Yunanistan şeklinde sıralanabilir.

Eko-inovasyon performansını etkileyen faktörlerin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada örneklem olarak OECD ülkelerinin seçilmesinin nedeni gelişmiş ve geliştirmekte olan ülkeleri kapsayarak örneklem çeşitliliğini ve veri zenginliğini sağlamasıdır. Çalışmada 31 OECD ülkesine ait 2000-2023 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Örneklem dönemi belirlenirken de ilgili değişkenler için alınabilecek en geniş aralık seçilmiştir. Avustralya, Kosta Rika, Lüksemburg, İsviçre, İzlanda, Şili ve Yeni Zelanda ilgili değişkenlere ilişkin yeterince veri olmadığı için analiz dışı bırakılmıştır.

Eko-inovasyon performansını etkileyen değişkenlerin belirlendiği bu çalışmada bağımlı değişken olarak eko-inovasyonu temsilen çevre ile ilgili patentler kullanılmıştır. Bağımsız değişken olarak ise ekonomik karmaşıklık endeksi, kişi başına düşen GSYİH büyümesi, popülasyon büyümesi, Ar-Ge harcamaları, küreselleşme endeksi ve CO2 emisyonu verileri kullanılmıştır.

Tablo 4'te modelde kullanılan değişkenlerin tanımları ve veri kaynaklarına yer verilmiştir.

Tablo 4: Değişken Tanımları

Değişkenler	Açıklama	Kaynak	Beklenen İşaret
ECOINV	Çevreyle ilgili teknoloji patentleri (Buluşların yüzdesi)	OECD	
COMPLEXITY	SITC ürün sınıflandırması ile hesaplanan Ekonomik Karmaşıklık Endeksi	the Atlas of Economic Complexity	+
GDP	Kişi başına düşen GSYİH büyümesi (yıllık %)	World Bank	+
POPG	Popülasyon büyümesi (yıllık %)	World Bank	+
RD	Araştırma ve geliştirme harcamaları (% GSYİH)	World Bank	+
GI	Küreselleşme endeksi	ETH Zurich KOFGI	+
CO2	Kişi başına düşen karbondioksit (CO2) emisyonları (LULUCF hariç) (tCO2e/kişi)	World Bank	+

Eko-inovasyon performansını etkileyen değişkenlerin analizi için kurulan bu modelde ECOINV modelde bağımlı değişken olan eko-inovasyonu temsil etmektedir.

Eko-inovasyon literatürde çoğunlukla çevre ilişkili patent sayıları ile değerlendirilmektedir. Modele OECD veri tabanından alınan çevreyle ilgili teknoloji patentleri olarak buluşların yüzdesi cinsinden dahil edilmiştir.

COMPLEXITY değişkeni ise ekonomik karmaşıklık endeksini temsil etmektedir. Ekonomik karmaşıklık teorisine göre, bir ülkenin üretebileceği ürünler, o ülkenin üretken yeteneklerine bağlıdır. Üretken yetenekler; insanlar, altyapı, araziler, makineler, yasalar, kitaplar ve kolektif bilgi gibi faktörleri içermektedir. Ekonomik karmaşıklık endeksini, bu üretken yetenekleri ülkelerin ihracat sepetlerindeki mallar üzerinden dolaylı olarak ölçmek amacıyla 2009 yılında Hidalgo ve Hausmann tarafından geliştirilmiştir (Benli ve Atıcı, 2023). Bu bağlamda, geliştirilme sürecinde üretken bilgi birikiminin önemli rol oynadığı eko-inovasyon performansını neyin belirlediğinin anlaşılması sürecinde ekonomik karmaşıklık modele dahil edilmiştir.

Ayrıca neden bazı ülkelerin bu konuda geride kaldığı gibi sorulara da ekonomik karmaşıklık düzeyinin yanıt olması beklenmektedir. Bu kapsamda ekonomik karmaşıklığın eko inovasyonu pozitif etkilediği sonucuna ulaşılması beklenmektedir ve “ekonomik karmaşıklık eko-inovasyon performansını pozitif etkilemektedir” hipotezi test edilecektir. Dolayısıyla ülkelerin eko-inovasyon kapasitelerini belirleyen faktörlerin analizinde ekonomik karmaşıklık da dahil etmek son derece önemlidir. Literatürde eko-inovasyon performansı ile ekonomik karmaşıklık ilişkileştiren tek çalışma Donis vd. (2023) tarafından yapılmıştır.

GDP değişkeni ise kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasılayı temsil etmektedir. İlgili değişken yıllık yüzde artışı cinsinden modele eklenmiştir. GSYİH, belirli bir zaman aralığında belirli sınırlar içindeki bir ekonomide üretilen mal ve hizmetlerin tamamının parasal değerini temsil etmektedir. Eko-inovasyon performansının değerlendirildiği literatürde genellikle kontrol değişkeni olarak modellere dahil edildiği görülmektedir. Ekonomik büyüme yaşayan ülkelerin hem yeşil ekonomiye geçiş dönüşüm kapsamında hem de bu alana ayırabilecekleri kaynaklar bakımından eko-inovasyon performansı üzerinde pozitif bir etkisi olacağı beklenmektedir. Bu kapsamda çalışmada “GSYİH’nin eko-inovasyon performansına etkisi pozitif” hipotezi test edilecektir. İlgili literatürde daha önce Ahmet (2020); Galeotti (2020); Karmaker vd. (2021); Yang ve Wang (2022); Jin vd. (2022); Zakari vd. (2022); Shu vd. (2022); Donis vd. (2023); Qi ve Yang (2023); Qiu vd. (2023); Wang ve Wang (2023); Zhao ve Fang (2023); Prokop vd. (2023); Godawska (2023); Vasconcelos-Garcia ve Carrilho-Nunes (2024); Li vd. (2024); Tran vd. (2025); Zheng vd. (2025); Yang ve Morotomi (2025); Wang vd. (2025); Bai ve Zhang (2025) çalışmalarında modellere dahil edilmiştir.

POPG değişkeni ise popülasyon büyümesini temsil etmektedir. Yıllık yüzde cinsinden modele eklenmiştir. Eko-inovasyon performansını inceleyen literatürde daha çok kontrol değişkeni olarak kullanılmıştır. Bir bölgede popülasyonun artması ile enerji tüketimi çevre üzerinde baskı yaratmaktadır. Bu durumun da hem tüketim hem de üretim bakımından kuruluşları geri dönüşüm, enerji verimliliği, daha temiz teknolojilere geçiş için yatırımlar yapmaya teşvik edebileceği düşünülebilir. Bu kapsamda çalışmada “popülasyon artışı eko-inovasyonu pozitif etkilemektedir” hipotezi test edilecektir. Literatürde daha önce Prokop vd. (2023); Li vd. (2024); Tran

vd. (2025); Yang ve Morotomi (2025) çalışmalarında modellere dahil edilerek analiz edilmiştir.

RD değişkeni ise Ar-Ge harcamalarını temsilen modele eklenmiştir. GSYİH içindeki yüzdelik payı cinsinden modele eklenmiştir. Bir ülkenin Ar-Ge yatırımları arttıkça yeni bilgi ve teknoloji üretme kapasitesinin de artması beklenmektedir. Bu kapsamda Ar-Ge yatırımlarının çevre ile ilgili patentlerin artışına ve dolayısıyla çevre dostu teknoloji geliştirme sürecine katkıda bulunabileceği öngörülmektedir. Bu kapsamda “Ar-Ge yatırımlarının eko-inovasyon üzerindeki etkisi pozitif” hipotezi test edilecektir. İlgili literatürde Horbach (2013); Schleich vd. (2017); Costellacci ve Lie (2017); Herman ve Xiang (2019); Hille vd. (2020); Karmaker vd. (2021); Sánchez-Sellero ve Bataineh (2021); Biscione vd. (2021); Hassan ve Rousseliere (2021); Yücel ve Terzioğlu (2021); Torrecillas ve Fernandez (2022); Yang ve Wang (2022); Zakari vd. (2021); Luo ve Li (2022); Donis vd. (2023); Herzer (2023); Zhao ve Fang (2023); Prokop vd. (2023); Vasconcelos-Garcia ve Carrilho-Nunes (2024); Zheng vd. (2025); Yang ve Morotomi (2025); Wang vd. (2025) tarafından yapılan analizlerde modellere dahil edilmiştir.

GI ise küreselleşme endeksini temsil etmektedir. Küreselleşme endeksi küreselleşmenin ekonomik, politik ve sosyal boyutlarını temsil etmektedir. Ekonomik küreselleşme çerçevesinde de ülkelerin teknoloji gelişimi bağlamında da birbirine bağlılığının ölçümü kapsamında değerlendirilebilir. Bu çerçevede, küreselleşmenin ekonomik karmaşıklık ve Ar-Ge harcamaları değişkeninde olduğu eko-inovasyonu bilgi birikimi kanalıyla pozitif yönde etkilemesi beklenmektedir. Küreselleşme bu kapsamda teknoloji ve bilgi transferi çerçevesinde değerlendirildiğinde ülkelerin çevre dostu teknolojilere erişimi artar ve temiz üretim teknikleri de bu yolla yayılabilir. Dolayısıyla da çalışmada “küreselleşme eko-inovasyon performansını pozitif etkiler” hipotezi test edilecektir. Küreselleşme endeksi literatürde daha önce Qi ve Yang (2023) tarafından analizlerinde kullanılmıştır.

CO2 değişkeni ise kişi başına düşen karbondioksit emisyonlarını temsil etmektedir. Bu kapsamda çevre üzerindeki baskıyı temsil etmektedir. Karbondioksit emisyonlarının artması ile çevre ile ilgili sorunlar daha hissedilir hale gelmektedir. Bunun sonucunda da ülkeler daha sıkı çevre politikaları uygulamaya başlamaları ile de firmaların ve bireylerin üzerinde temiz teknolojilere yatırım yapılması kapsamında bir baskı oluşmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada “karbondioksit emisyonları eko-

inovasyon performansı üzerindeki etkisi pozitif” hipotezi test edilecektir. İlgili literatürde karbondioksit emisyonları, Ahmed (2020); Yang ve Wang (2022); Jin vd. (2022); Zakari vd. (2022) çalışmalarında modellere dahil edilmiştir.

Bu çalışmada OECD ülkeleri için eko-inovasyon performansını etkileyene faktörler CS-ARDL yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu kapsamda kurulan model eşitlikteki gibidir. Kurulan hipotezler doğrultusunda 1. denklemdeki regresyon modeli tahmin edilmektedir.

$$ECOINV_{it} = \alpha + \beta_1 COMPLEXITY_{it} + \beta_2 GDP_{it} + \beta_3 POPG_{it} + \beta_4 RD_{it} + \beta_5 GI_{it} + \beta_6 CO2_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Buna göre, i modelin ülke boyutunu temsil ederken t zaman boyutunu temsil etmektedir. ECOINV bağımlı değişken olarak ele alınmaktadır. COMPLEXITY, GDP, POPG, RD, GI ve CO2 ise açıklayıcı değişkenler olarak ele alınmaktadır.

Tablo 5: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
ecoinv	710	2,749359	6,131293	0,000902	33,92035
complexity	744	1,221827	0,6652274	-0,86	2,993
gdp	744	1,923824	3,652782	-14,64231	23,44369
popg	744	0,4415618	0,7417838	-2,258464	3,004374
rd	707	1,834719	1,084827	0,13106	6,01924
gi	713	79,07454	7,447362	48,47327	89,81237
co2	744	8,145313	3,686264	1,362491	21,01262

Modelin analizi için dengesiz panel veri seti ile çalışılmıştır. Verilerin özet istatistikleri Tablo 5’te gösterilmiştir. Tabloda değişkenlerin gözlem sayısı, ortalaması, standart sapması, minimum ve maksimum değerlerine yer verilmiştir. Buna göre, özellikle standart sapma değerleri incelendiğinde globalleşme endeksi ve eko-inovasyon patent değişkenlerinde ülkeler arasında önemli bir heterojenliğe işaret etmektedir. Ayrıca minimum ve maksimum değerler de incelendiğinde özellikle ecoinv ve co2

değerlerinde büyük bir fark olduğu görülmektedir. Bu durum ilgili değişken veri setlerinde aykırı değerlerin bulunduğu dair bir işaret olarak değerlendirilebilmektedir.

Tablo 6: Korelasyon Katsayıları

Değişken	ecoinv	complexity	gdp	popg	rd	gi	co2
ecoinv	1						
complexity	0,5111	1					
gdp	-0,0834	-0,1036	1				
popg	-0,0335	0,0914	-0,1535	1			
rd	0,4189	0,617	-0,1502	0,2137	1		
gi	-0,059	0,39	-0,1453	-0,0663	0,4187	1	
co2	0,4182	0,2901	-0,0127	0,1078	0,3597	0,2818	1

Korelasyon matrisi incelendiğinde ise bağımlı değişken ile ekonomik karmaşıklık endeksi arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir. En güçlü korelasyon katsayısının ise ekonomik karmaşıklık ve eko-inovasyon değişkenleri arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca bağımlı değişkenin Ar-Ge harcamaları ve CO2 emisyonları 0,41 olarak korelasyon gösterdiği gözlemlenmektedir. Bunun dışında Ar-Ge harcamaları ve ekonomik karmaşıklık arasında 0,617 oranında korelasyon olduğu gözlemlenmektedir. Bu çerçevede bahsedilen değişkenler arasında orta düzeyde korelasyon ilişki gözlemlense de tabloda yüksek düzeyde ilişkiye rastlanmamaktadır ve yapılacak analizde çoklu doğrusal bağlantı sorununun dışlandığı yorumu yapılabilmektedir.

3.2. Metodoloji ve Bulgular

Ekonometrik analizlerde temelde kesitsel, zaman ve panel olmak üzere üç çeşit veri seti kullanılmaktadır. Kesitsel veri setleri, belirli bir zaman diliminde alınan birey, hane halkı, firma ve ülke gibi birimlerden oluşmaktadır. Zaman serileri değişkenlerin zaman içindeki gözlemlerinden oluşmaktadır. Panel veri seti ise veri setindeki her bir kesitsel birim için bir zaman serisinden oluşmaktadır (Wooldrige, 2012).

3.2.1. Yatay Kesit Bağımlılığı

Verilerin erişimin daha kısıtlı olduğu eski literatürde daha mikro panellerin kullanıldığı literatürde kesitsel olarak bağımsız hatalar ve homojen eğim varsayılmıştır. Ancak, verilere erişimin kolaylaşması ile birlikte panel veri literatüründe hem kesitsel boyut (N) hem de zaman serisi boyutunun (T) büyük olduğu modeller kullanılmaya başlamıştır. Bunun sonucunda da bireysel birimlerin kesitsel olarak her zaman bağımsız olması gerekmediği kabulü literatürde yer edinmeye başlamıştır (Chudik ve Pesaran, 2013).

Yatay kesit bağımlılığı, ekonomik faaliyetlerin etkileşimi, dışsallıklar ve ülkelerin birbirine bağımlılığı sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kısacası birimler arasındaki ortak şoklar yatay kesit bağımlılığına neden olmaktadır. Bu nedenle de paneldeki kesitsel bağımlılığın tespiti, yanlış durağanlık ve eşbütünleşme sonuçları şeklinde ortaya çıkan tutarsız sonuçları önlemek için gereklidir (Sharif vd. 2023).

Bu çalışmada yatay kesit bağımlılığını tespit etmek amacıyla üç test uygulanmıştır. Bu testlerden ilki Breusch ve Pagan tarafından 1980 yılında geliştirilen LM testidir. Bu üç testinde sıfır hipotezi “panel birimleri arasında yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklindeyken alternatif hipotezi “panel birimleri arasında yatay kesit bağımlılığı vardır” olarak belirlenmiştir.

N’in 10’den küçük ve T’nin de yeterinde büyük olduğu panellerde Zellner (1962) tarafından geliştirilen SURE denklemi kullanılarak modellenebilmektedir. Buna göre T sonsuza giderken N sabittir ve Breusch-Pagan’ın LM testi de bu çerçevede uygulanabilmektedir (Pesaran, 2004).

Test istatistiği 2. denklemde gösterilmiştir.

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij}^2 \quad (2)$$

Denklemde hata terimlerinin korelasyon katsayılarını $\hat{p}_{ij}^2$ olarak gösterilmektedir ve 3. denklemdeki formül ile elde edilmektedir.

$$\widehat{\rho}_{ij} = \widehat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T e_{it} e_{jt}}{(\sum_{t=1}^T e_{it}^2)^{1/2} (\sum_{t=1}^T e_{jt}^2)^{1/2}} \quad (3)$$

Pesaran (2004) Breusch ve Pagan’ın LM testinin özellikle N büyük ve T küçük olduğu durumlardaki sınırlılığını fark etmiştir. Bunun sonucunda, LM testinde kullanılan

kareler yerine ikili korelasyon katsayılarına dayanan bir alternatif olan Pesaran Scaled LM testini önermişlerdir. Buna göre;

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \quad (4)$$

$$CD_{LM} = \left(\frac{1}{N(N-1)} \right)^{\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T \hat{\rho}_{ij}^2 - 1) \quad (5)$$

Sapması uyarlanmış LM testi de serilerde yatay kesit bağımlılığını kontrol etmek için bir diğer testtir. Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen test Breusch ve Pagan (1980) LM test istatistiğinin sapması düzeltilmiş bir versiyonudur. Bunun için LM test istatistiğinin kesin ortalama ve varyansları kullanılmıştır.

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k) \hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{V_{Tij}} \quad (6)$$

Tablo 7: Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Değişken	Breusch-Pagan LM Testi		Scaled LM Testi		Pesaran CD Testi	
	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
ecoinv	1976,1	< 2.2e-16	49,55	< 2.2e-16	14,489	< 2.2e-16
complexity	3639,9	< 2.2e-16	104,11	< 2.2e-16	4,0601	4,91E-02
gdp	5041,5	< 2.2e-16	150,07	< 2.2e-16	68,842	< 2.2e-16
popg	1613,2	< 2.2e-16	37,651	< 2.2e-16	7,3018	2,84E-10
rd	4873,6	< 2.2e-16	144,56	< 2.2e-16	44,592	< 2.2e-16
gi	8309,7	< 2.2e-16	257,24	< 2.2e-16	90,679	< 2.2e-16
co2	6469,8	< 2.2e-16	196,91	< 2.2e-16	42,165	< 2.2e-16

Tablo 7’te üç yatay kesit bağımlılığı için test sonuçlarına yer verilmiştir. Yapılan üç yatay kesit bağımlılığı testinin sonucuna göre de tüm değişkenler için sıfır hipotezi reddedilmiş ve değişkenlerin hepsinde yatay kesit bağımlılığı tespit edilmiştir. Buna göre, paneldeki kesitsel birimlerin birbirine bağımlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3.2.2. Homojenlik Testi

Panel regresyon modellerinde eğim katsayılarının kesit boyunca homojen olduğu varsayımı tutarsız ve yanıltıcı sonuçlara neden olabilmektedir. Bu nedenle eğim homojenliği varsayımının geçerliliğini test etmek gerekmektedir (Nghiem vd., 2023).

Swamy (1970) eğim homojenliğinin testi konusunda öncü çalışmalardan biridir. Buna göre Swamy test istatistiği denklemde gösterilmiştir.

$$\tilde{S} = \sum_{i=1}^N (\tilde{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE})' \frac{x_i' M_T x_i}{\sigma_i^2} (\tilde{\beta}_i - \widehat{\beta}_{WFE}) \quad (7)$$

$\tilde{\beta}_i$ ve $\hat{\beta}_{WFE}$ sırasıyla havuzlanmış OLS ve ağırlıklı sabit etkiler tahmininden elde edilen parametreleri göstermektedir. M_T ise birim matrisi ifade etmektedir.

Pesaran ve Yamagata (2008), bu çalışmaya $\tilde{\Delta}$ ve $\tilde{\Delta}_{adj}$ olarak ki delta istatistiği ekleyerek gücünü arttırmışlardır. Bunlar sırasıyla ki-kare ve normal dağılımları takip etmektedir.

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \sim \chi_k^2 \quad (8)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - k}{v(T,k)} \right) \sim N(0,1) \quad (9)$$

Bu denklemlerde S Swamy test istatistiğini temsil etmekteyken k açıklayıcı değişken sayısını ve son olarak N ise kesit birimlerinin sayısını temsil etmektedir. Blomquist ve Westerlund (2013) homojenlik testinin heteroskedastisite ve otokorelasyon varlığında da etkili sağlam bir varyantını geliştirmişlerdir. Ayrıca, bu testin kesit bağımlılığını ve bireye özgü etkileri de hesaba katma kapasitesi daha güçlüdür (Yadov ve Mahalik, 2024) Bu sebeple çalışmada Blomquist ve Westerlund (2013) testi uygulanmıştır. Buna göre, Δ_{HAC} ve $(\widehat{\Delta_{HAC}})_{adj}$ sırasıyla 9 ve 10. denklemlerde gösterilmiştir:

$$\widehat{\Delta_{HAC}} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} S_{HAC} - k}{\sqrt{2k}} \right) \sim \chi_k^2 \quad (10)$$

$$(\widehat{\Delta_{HAC}})_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} S_{HAC} - k}{v(T,k)} \right) \sim N(0,1) \quad (11)$$

Testin sıfır hipotezi “eğimler homojendir” ($H_0: \beta_i = \beta$) iken alternatif hipotezi “eğim katsayıları homojen değildir” ($H_1: \beta_i \neq \beta$) şeklindedir (Okumuş vd. 2021). Testin p değeri 0,05’ten küçükse eğim homojenliği varsayımı reddedilmektedir.

Tablo 8: Homojenlik Test Sonucu

Blomquist ve Westerlund (2013) Homojenlik Testi		
Test	Delta	Olasılık Değeri
Δ_{HAC}	-2,006	0,045
$(\Delta_{HAC})_{adj}$	-2,494	0,013

Tabloda yer alan sonuçlara göre “eğim katsayıları homojendir” sıfır hipotezi %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Modelde eğimlerin heterojen olduğu tespit edilmiştir. Buna göre değişkenler arasındaki ilişkilerin ülkeler arasında çeşitlilik gösterebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

3.2.3. Pesaran CIPS Birim Kök Testi

Yatay kesit bağımlılığının varlığı durumunda birinci nesil birim kök testlerinin kullanımı yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Bu nedenle panelde kesit bağımlılığın tespit edilmesi sonucunda serilerin durağan olup olmadığının tespiti için ikinci nesil birim kök testlerinden CIPS testi kullanılmıştır. Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS testi, modeldeki katsayıların kesitsel bağımlılığını dikkate alarak (her bir kesit için) gecikmeli kesitsel ortalama ve birinci farkı ile Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) regresyonunu genişletmeye (tahmin etmeye) dayanmaktadır. Bu yöntem, $N > T$ ve $T > N$ olduğunda uygulanabilmektedir. CADF regresyonu denklemdeki gibidir.

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + b_i^* y_{i,t-1} + d_0 \bar{y}_{t-1} + d_1 \Delta \bar{y}_t + \epsilon_{it} \quad (12)$$

$\bar{y}_t$, tüm N gözlemlerinin ortalamasıdır. Seri korelasyonu önlemek için, regresyon hem y_{it} hem de y 'nin gecikmeli birinci farklarıyla desteklenmelidir. y_t 13. denklemde gösterilmiştir.

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + b_i^* y_{i,t-1} + d_0 \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=0}^p d_{j+1} \Delta \bar{y}_{t-j} + \sum_{k=1}^p c_k \Delta y_{i,t-j} + \epsilon_{it} \quad (13)$$

Bundan sonra ise paneldeki her bir kesit biriminin ($CADF_i$) t istatistiklerinin ortalamasını alarak CIPS istatistiğini 14. denklemdeki gibi hesaplanır:

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (14)$$

Bu testin sıfır hipotezi “serilerde birim kök bulunmaktadır” şeklindedir. CIPS istatistiği kritik değeri aşarsa panelde birim kök bulunduğu hipotezi reddedilecek ve “serilerde birim kök yoktur” alternatif hipotezi kabul edilecektir.

Tablo 9: İkinci Nesil Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Pesaran CIPS Birim Kök Testi			
	Düzey		Birinci Fark	
	Sabit	Sabit ve Trendli	Sabit	Sabit ve Trendli
ecoinv	-2,6513***	-2,72681**	-	-
complexity	-2,45496***	-2,83367***	-	-
gdp	-2,70966***	-3,09617***	-	-
popg	-1,45677	-1,83622	-3,66514***	-3,77859***
rd	-1,42844	-1,73291	-3,09413***	-3,40448***
gi	-2,37712***	-2,49595	-	-
co2	-1,5774	-2,24167	-4,54323***	-4,6782***

(Not: *, **, *** sırasıyla %10 önem düzeyinde, %5 önem düzeyinde ve %1 önem düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. Test için kritik değer olarak Pesaran (2007) çalışmasındaki N= 30, T= 20 değerleri kullanılmıştır. Buna göre, sabitli model için %1, %5 ve %10 önem düzeylerinde sırasıyla -2.32, -2.15 ve -2.07 değerlerine göre birim kök testi uygulanmıştır. Sabit ve trendli model için ise %1, %5 ve %10 önem düzeyi için sırasıyla -2.83, -2.67 ve -2.58 değerleri serilerin birim kök içerip içermediği ile ilgili karar aşamasında kullanılmıştır.)

Tablo 9’da analizde kullanılan serilerin ikinci nesil birim kök testi sonuçları yer almaktadır. Buna göre, ecoinv, complexity, gdp ve gi serileri için “seride birim kök mevcuttur” hipotezi sıfır hipotezi reddedilmiş ve bu serilerin düzeyde durağan olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, popg, rd ve co2 değişkenleri için sıfır hipotezi reddedilememiş ve birim kök içerdiği tespit edilmiştir. Bu serilerin birinci farkta durağan hale geldikleri sonucuna ulaşılmıştır.

3.2.4. Westerlund Eşbütünleşme Testi

Eşbütünleşme, değişkenler arasında uzun vadeli bir ilişkinin varlığını göstermektedir (Engle ve Granger, 1987). Eşbütünleşme testleri ise kısa vadeli ani bir şoku uzun vadede dengelemek için değişkenlerin zaman için birlikte hareketini incelemeye dayanmaktadır. Birinci nesil eşbütünleşme testleri, az gözlem sorununu aşan ve değişkenler arasındaki eğim ve kesişimdeki heterojenliği dikkate alsa da yatay kesit bağımlılığını göz ardı ederler (Azmi vd., 2023). Bu nedenle, bu çalışmada yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Westerlund (2007) ikincil nesil eşbütünleşme testi kullanılmıştır.

Westerlund testi kalıntı dinamiklerinde ziyade yapısal dinamiklere dayanan dört hata düzeltme tabanlı test istatistiğine dayanmaktadır. Tüm değişkenleri birinci derecede durağan olduğu varsayımına dayalı hata düzeltme modeli aşağıdaki denklemde gösterilmiştir.

$$\Delta y_{it} = \delta'_i d_t + \alpha_i (y_{it-1} - \beta'_i x_{it-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} a_{ij} \Delta y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta x_{it-j} + e_{it} \quad (15)$$

Bu denklemde $d_t = (1 - t)'$ deterministik bileşenleri ifade ederken, $\delta'_i = (\delta_{1i}, \delta_{2i})'$ ifadesi ilgili parametre vektörlerini göstermektedir. Hata düzeltme parametresinin olan θ_i en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilebilmesi için denklem aşağıdaki gibi yeniden yazılır.

$$\Delta y_{it} = \delta'_i d_t + \alpha_i (y_{it-1} - \beta'_i x_{it-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} a_{ij} \Delta y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta x_{it-j} + e_{it} \quad (16)$$

Bu denklemde ise $\hat{\alpha}_i$ modelin denge ilişkisine geri dönme hızını belirleyen düzeltme terimi olarak görev yapmaktadır. Modelin yeniden parametrelendirilmesi sonucu $\hat{\alpha}_i$ β_i 'nin beklenmedik düzenlemelerinden etkilenmez.

Kısaca, Westerlund (2007) her bir kesit i'nin t oranı için $\hat{\alpha}_i$ 'nin EKK ile tahminine dayalı dört test geliştirmiştir. Bunlarda ikisi grup ortalama istatistikleri olarak adlandırılmaktadır ve sırasıyla gösterilmiştir.

$$G_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\alpha}_i}{SE(\hat{\alpha}_i)} \quad (17)$$

$$G_\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T \hat{\alpha}_i}{\hat{\alpha}_i(1)} \quad (18)$$

İlgili testlerin sıfır hipotezi “tüm kesit i’ler için $\theta_i = 0$ ” iken alternatif hipotezi “en az bir kesit i için $\theta_i < 0$ ” olarak belirlenmiştir. Buna göre, sıfır hipotezinin reddedilmesi

panelde en az bir yatay kesit birimi için eşbütünleşmenin varlığını göstermektedir. Diğer iki test ise denklemler gösterilmiştir.

$$P_T = \frac{\hat{\alpha}}{SE(\hat{\alpha})} \quad (19)$$

$$P_\alpha = T \hat{\alpha} \quad (20)$$

Pt ve Pa testleri ise tüm kesit i'ler için $H_0: \theta_i = 0$ iken alternatif hipotez olarak tüm yatay kesitler için $H_1: \theta_i < 0$ olarak belirlenmiştir. Bu durumda sıfır hipotezinin reddedilmesi panelin tamamı için eşbütünleşme olmadığının reddedilmesi anlamına gelmektedir (Kandil vd. 2015)

Tablo 10: Eşbütünleşme Testi Sonuçları

İstatistik	İstatistiki Değer	Olasılık Değeri
G _t	-2,622	0,004
G _a	-7,299	0,004
P _t	-6,738	0,752
P _a	-4,36	0,454

Tablo 10'da Westerlund (2007) Eşbütünleşme testi sonuçlarına yer verilmiştir. Buna göre, Ga ve Gt istatistik değerlerinin 0.05 seviyesinde anlamlı çıktığı görülmektedir. Pt ve Pa istatistiki değerleri ise anlamsız çıkmıştır. Buna göre, panelde hiçbir kesitte eşbütünleşme bulunmadığı sıfır hipotezi reddedilmiş ve en az bir kesit için eşbütünleşme bulunduğu tespit edilmiştir. Panelin tamamı için “eşbütünleşme yoktur” hipotezi ise reddedilememiştir. Sonuç olarak, paneldeki eşbütünleşmenin heterojen bir yapıda olduğu tespit edilmiştir. Panelin tamamında değişkenler arasında uzun dönemli ilişki bulunduğuna dair güçlü bir kanıt rastlanmasa da panelde bulunan bazı ülkeler arasında eşbütünleşme olduğuna dair kanıt rastlanmıştır.

Bu kapsamda testlerinin sonuçları bir arada değerlendirildiğinde yatay kesit bağımlılığı, heterojenliği ve I(0) ve I(1) serilerin bir arada kullanımına izin verilmesi nedeniyle en uygun analiz yönteminin CS-ARDL olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3.2.5. Katsayı tahmini: CS-ARDL yaklaşımı

ARDL yaklaşımı, kısıtlanmamış bir hata düzeltme modeli (ECM) aracılığıyla modelin kısa ve uzun vadeli dinamikleri arasında ayırım yapılmasına olanak tanımaktadır. Pesaran ve Smith (1995) ve Pesaran vd. (1999) hataların kesitsel olarak bağımsız olması koşuluyla ARDL yaklaşımı ile tutarlı tahminler üretileceğini varsaymışlardır. Bu koşul sağlandığı sürece değişkenlerin I(0) veya I(1) olup olmadığına ve endojen veya eksojen olup olmadığı ARDL tahmininde geri planda kalmıştır (Ahmed 2020). ECM modeli aşağıdaki denklemde gösterilmiştir.

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \phi_i (y_{i,t-1} - \theta'_i X_{it}) + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{ij}^* \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \gamma_{ij}^* \Delta X_{i,t-j} + \mu_{it} + \epsilon_{it} \quad (21)$$

Denklemdeki ifadeler sırasıyla $\phi_i = -(1 - \sum_{j=1}^p \lambda_{ij})$, $\theta_i = \phi_i^{-1} \sum_{j=0}^q \gamma_{ij}$ olarak tanımlanmaktadır. $j= 1,2,\dots, p-1$ için $\lambda_{ik}^* = -\sum_{m=k+1}^p \lambda_{im}$ ve $j=1,2,\dots,q-1$ için $\gamma_{ik}^* = -\sum_{m=k+1}^q \gamma_{im}$ kısa dönem katsayılarını göstermektedir. $(y_{i,t-1} - \theta'_i X_{it})$ ise uzun dönem katsayılarını ifade etmektedir. ϕ_i ise bağımlı değişkenin değişikliklere verdiği tepkiyi ve uyum hızını ölçen hata düzeltme terimini temsil etmektedir. Değişkenlerin uzun vadeli dengeye yakınsadığı durumda bu katsayının istatistiksel olarak anlamlı ve negatif işaretli olması beklenmektedir. Panel ARDL modeli kesitler arasında bağımlılık olmadığını varsaymaktadır.

Chudik ve Pesaran (2015) tarafından geliştirilen Kesitsel olarak Genişletilmiş ARDL (CS-ARDL) yönteminin çeşitli avantajları mevcuttur. Bunlardan ilki kısa ve uzun vadeli sonuçları aynı anda değerlendirmeye imkân vermesidir. İkincisi ise farklı durağanlık derecesindeki serilerin de modele dahil edilmesine izin vermesidir. Ayrıca gecikmeli bağımlı değişken modele eklendiğinde ortaya çıkan zayıf dışsallık durumunda da CS-ARDL yöntemi iyi bir performans gösterilebilmektedir. Bu yöntem aynı zamanda panelde heterojenliğin bulunmasına da izin vermektedir (Wang ve Liang, 2024).

Chudik ve Pesaran (2015) yatay kesit bağımlılığı bulunan modeller için Pesaran (2006)'nın geliştirdiği CCE (Common Correlated Effects) modelini önermektedirler. Buna göre, eğim katsayıları ve regresörlerin bağımsız olduğu varsayımına dayanan CCE modeli bağımlı ve açıklayıcı değişkenlerin kesitsel ortalamalarının, gözlemlenmeyen ortak faktörler için vekil olarak kullanılabileceğini ve daha sonra orijinal regresyona eklenebileceğini göstermektedir.

$$\bar{y}_t = \bar{\alpha} + \sum_{k=1}^p \bar{\Phi}_k \bar{y}_{t-j} + \sum_{k=0}^q \bar{\beta}'_k \bar{x}_{t-j} + \bar{w}' f_t \quad (22)$$

$$\bar{\alpha}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \alpha_{it}, \quad \bar{y}_{t-k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{i,t-k}, \quad \bar{\Phi}_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \phi_{i,j} \quad j=1,2,\dots,p \quad (23)$$

$$\bar{x}_{t-j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{i,t-j}, \quad \bar{\beta}'_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \beta'_{i,j} \quad j=1,2,\dots,q \quad (24)$$

$$\bar{\delta}' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta'_i, \quad \text{ve} \quad \bar{\epsilon}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \epsilon_{it} \quad (25)$$

Bu modele göre hem bağımlı değişkenin hem de açıklayıcı değişkenlerin kesitsel ortalamalarının doğrusal kombinasyonu μ_{it} 'deki kesitsel bağımlılığın kontrol edilmesini sağlamaktadır. Yazarlar, modelin gecikmeli kesit ortalamaları ile genişletilmesinin modeldeki içsellik sorununu büyük bir oranda önleyebileceğini öne sürmüşlerdir. Buna göre CS-ARDL tahmincisinin üretilmesi sırasıyla gösterilmiştir.

$$\bar{y}_t = \bar{\alpha} + \sum_{k=1}^p \bar{\Phi}_k \bar{y}_{t-j} + \sum_{k=0}^q \bar{\beta}'_k \bar{x}_{t-j} + \bar{w}' f_t \quad (26)$$

$$\bar{w}' f_t = \bar{y}_t - \bar{\alpha} - \sum_{k=1}^p \bar{\Phi}_k \bar{y}_{t-j} - \sum_{k=0}^q \bar{\beta}'_k \bar{x}_{t-j} \quad (27)$$

$$f_t = [\bar{y}_t - \bar{\alpha} - \sum_{j=1}^p \bar{\Phi}_k \bar{y}_{t-j} - \sum_{j=0}^q \bar{\beta}'_k \bar{x}_{t-j}] / \bar{w}' \quad (28)$$

$$y_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^p \phi_{i,j} y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \beta'_{i,k} x_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{p_{\bar{z}}} \delta'_{i,j} \bar{z}_{t-j} + \epsilon_{it} \quad (29)$$

Son denklemde $\bar{z}_t = (\bar{y}_t, \bar{x}_t)$ ve $p_{\bar{z}}$ gecikmeli kesitsel ortalamaların sayısını vermektedir. Denklemdeki CS-ARDL tahmincisi ile ilk olarak kısa dönemli katsayılar tahmin edilmektedir. Uzun dönemli katsayıların tahmini ise eşitlikteki gibi hesaplanmaktadır.

$$\hat{\theta}_{CS-ARDL,i} = \frac{\sum_{j=0}^q \hat{\beta}_{i,j}}{1 - \sum_{j=1}^p \hat{\phi}_{i,j}} \quad (30)$$

Sonuç olarak, ortalama uzun vadeli etkiler $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{\theta}_{CS-ARDL,i}$ formülü ile tahmin edilmektedir. Buna göre, model ECM temsilini yansıtacak şekilde denklemdeki gibi yeniden yazılabilmektedir.

$$\Delta y_{i,t} = \alpha_i + \phi_i (y_{i,t-1} - \theta'_i x_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{i,k}^* \Delta y_{i,t-k} + \sum_{j=0}^{q-1} \gamma_{i,k}^* \Delta x_{i,t-k} + \sum_{j=0}^{s_{\bar{z}}} \eta'_{i,k} \bar{z}_{t-k} + \sum_{j=1}^{p-1} \phi_k \bar{\Delta y}_{t-k} + \sum_{j=0}^{q-1} \delta_k \bar{\Delta x}_{t-k} + \epsilon_{i,t} \quad (31)$$

Bu denklemde $\Delta \bar{y}_{t-j} = \sum_{i=1}^N \Delta y_{i,t-j} / N$ ve $\Delta \bar{x}_{t-j} = \sum_{i=1}^N \Delta x_{i,t-j} / N$ olarak tanımlanmaktadır.

CS-ARDL tahmincisi ise 32. denklemde gösterilmiştir.

$$ECOINV_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^p \phi_{i,j} ECOINV_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \beta'_{i,k} x_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{p_z} \delta'_{i,j} \bar{z}_{t-j} + \epsilon_{it} \quad (32)$$

32. denklemde t ve i sırasıyla zaman ve birim boyutunu temsil etmektedir. Bu kapsamda CS-ARDL tahmincisi için açıklayıcı değişkenler 33. denklemde gösterilmiştir.

$$X_{it} = (complexity_{it}, gdp_{it}, popg_{it}, rd_{it}, gi_{it}, co2_{it}) \quad (33)$$

$\bar{z}_{t-j}$ ise yatay kesit ortalamalarının gecikmeli değerlerini göstermektedir ve 34. denklemde açıklanmıştır.

$$\bar{z}_{t-j} = (\overline{ECOINV}_{it-j}, \bar{X}_{i,t-j}) \quad (34)$$

Tablo 11: Uzun Dönem ve Kısa Dönem CS-ARDL Katsayı Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı Değeri	Olasılık Değeri
Kısa Dönem Tahminleri		
L.ecoinv	0,1163016	0,273
gi	-0,0082586	0,812
complexity	0,3645724*	0,082
d.co2	0,0048118	0,953
gdp	-0,0416541	0,311
d.rd	-0,3213356	0,352
d.popg	0,0267019	0,909
ECM	-0,8836984***	0,000
Uzun Dönem Tahminleri		
co2	0,3733769*	0,082
complexity	0,5295846	0,327
gdp	-0,1435245**	0,041
gi	-0,0342922	0,834
popg	-0,0195246	0,955
rd	-0,6034517	0,631

R2	0,93
----	------

(Not: *, **, *** sırasıyla %10 önem düzeyinde, %5 önem düzeyinde ve %1 önem düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.)

Tablo 11’de ilgili değişkenlerin CS-ARDL sonucu ulaşılan kısa dönem ve uzun dönem katsayıları gösterilmektedir. Buna göre, ilk olarak hata düzeltme terimi olarak modele eklenen ECM katsayı değeri incelenmiştir. ECM katsayısının negatif değerli ve istatistiksel olarak anlamlı olması sonucunda modelde uzun dönemli ilişki varlığı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması sonucunda modelin istikrarlı sonuçlar ürettiği çıkarımı da yapılabilmektedir. Buna göre, kısa dönemde oluşan bir sapmanın %88’i bir sonraki dönemde düzeltilebilmektedir. Modelin R2 değeri ise 0,93 olarak ölçülmüştür. Buna göre, açıklayıcı değişkenler bağımlı değişkendeki değişimin %93’ünü açıkladığı yorumu yapılabilmektedir. Bu da modelin açıklama gücünün yüksek olduğunu göstermektedir.

Açıklayıcı değişkenlerin eko-inovasyon üzerindeki kısa ve uzun dönemdeki etkileri incelendiğinde kısa dönemde sadece complexity değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı sonuç verdiği gözlemlenmektedir. Buna göre, kısa dönemde ekonomik karmaşıklık değişkenindeki 1 birimlik değişime karşı eko-inovasyonların 0,3645724 birimlik bir artış gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre, çalışmada test edilen ekonomik karmaşıklık eko-inovasyon performansını pozitif etkiler hipotezi kısa dönem için %10 anlamlılık düzeyinde kabul edilmiştir.

Uzun dönem katsayı sonuçları incelendiğinde ise CO2 ve GDP katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar verdiği görülmektedir. Buna göre, karbondioksit emisyonlarındaki bir birimlik artışa karşı eko-inovasyon performansının 0,3733769 birimlik artış gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu kapsam %10 anlamlılık düzeyinde “karbondioksit emisyonları eko-inovasyon performansını pozitif etkiler” hipotezi kabul edilmiştir. GSYİH değişkeninde yaşanan bir birimlik artışa karşı ise eko-inovasyon performansının 0,1435245 oranında azalış yaşandığı gözlemlenmiştir. Buna göre, “GSYİH eko-inovasyon performansını pozitif etkiler” hipotezi %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Modele eklenen diğer değişkenler için istatistiksel olarak anlamlı çıkmadığı için kısa dönem ve uzun dönem için bir katsayı tahmini yapılamamıştır.

SONUÇ

Sürdürülebilir kalkınma kavramı giderek daha fazla ilgi görmektedir. Özellikle iklim değişikliğinin yarattığı sorunlar daha fazla görünür oldukça uluslararası gündemin de en üst sıralarına yükselmektedir. Çevre sorunlarına ilişkin artan toplumsal farkındalık ile ekonomik süreçlerde çevresel kaygılara yönelik daha gelişmiş ve entegre çözümler benimsenmesi yönündeki baskı artmıştır.

Sürdürülebilirliğe ilişkin toplumsal ve politik kaygıların artmasıyla birlikte çevre dostu faaliyetlerin, süreçlerin, ürünlerin ve hizmetlere olan ilgi artmıştır. Bunun sonucunda, eko-inovasyonlar sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmak için bir araç olarak görülmeye başlamıştır. Geleneksel inovasyonlar ile karşılaştırıldığında eko-inovasyonlar ekonomik faydaları çevresel faydalar ile birleştirmesi ile öne çıkmaktadır. Bu çerçevede ülkelerde eko-inovasyon performansının belirleyicilerini analiz etmek oldukça önemli bir konu olmuştur.

Bu tez çalışmasında OECD ülkeleri için eko-inovasyon performansının belirleyicilerine odaklanılmıştır. 2000-2023 döneminde 31 OECD ülkesi örneklem olarak incelenmiştir. Analizde çevresel patent üretme performansını etkileyebilecek değişkenler olarak ekonomik karmaşıklık, küreselleşme, Ar-Ge harcamaları, GSYİH, karbondioksit emisyonları ve popülasyon yoğunluğu değişkenleri kullanılmıştır.

Bu kapsamda çalışma ekonomik karmaşıklık teorisini eko-inovasyon üretme sürecini etkileyebilecek bir etken olarak analizini daha geniş bir dönem için yapması bakımından ilgili literatüre katkı sağlamaktadır. Ekonomik karmaşık teorisinin analize dahil edilmesinin nedeni eko-inovasyonların geleneksel inovasyonlardan daha karmaşık yapıda olması ve bunun sonucunda da daha geniş bir üretken bilgi kapasitesine ihtiyacı olabileceği hipotezidir.

Analiz yöntemi olarak değişkenlerin uzun vadeli ve kısa vadeli etkilerini anlayabilmek için CS-ARDL yöntemi tercih edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ekonomik karmaşıklığın eko-inovasyonları pozitif etkilemektedir. Ülkelerin ekonomik karmaşıklık endeksi ile ölçülen üretken yetenekleri kısa dönemde eko-inovasyonları doğrudan etkilemektedir. Kurulan modele göre, kısa dönemde eko-inovasyonu etkileyen tek faktör ekonomik karmaşıklığıdır.

Uzun dönemde ise karbon emisyonları ve GSYİH değişkenlerinin eko-inovasyon performansı üzerinde anlamlı etkisi olduğu bulunmuştur. Karbondioksit emisyonlarının etkisi pozitif iken GSYİH etkisi negatif olarak tespit edilmiştir. Çevresel bozulmasının önemli bir göstergesi olan karbondioksit emisyonlarının artması hem ülkedeki çevresel düzenlemelerin artmasına neden olabileceği için hem de toplumsal bilinçlenme yoluyla firmalar üzerinde talep yönlü baskısı yaratabileceği için eko-inovasyonlar üzerindeki etkisinin pozitif olarak çıkması beklenen bir sonuçtur.

GSYİH'nin uzun dönemli negatif etkisi ise kurulan hipotezle uyumlu olarak çıkmamıştır. Kurulan hipoteze göre, ekonomik olarak büyüyen ülkelerin eko-inovasyonlar için daha fazla kaynak ayırabileceklerinden dolayı eko-inovasyon performansını pozitif etkilemesi beklenmektedir. Ancak elde edilen bulgulara göre, ülkeler finansal olarak büyüme yaşasa da her zaman çevresel alandaki inovasyonlara yeterince kaynak ayırmamaktadırlar.

GSYİH'nin işaretinin negatif çıkmasının nedeni, örneklem olarak kullanılan OECD ülkelerinin gelişmişlik düzeyi bakımından heterojen yapıya sahip olması ile açıklanabilir. Buna göre, İnsani Gelişme Endeksi (HDI) kapsamında değerlendirildiğinde analize dahil edilen Norveç, Danimarka, Almanya, İsveç, Hollanda ve Belçika'nın ilk 10'da yer aldığı gözlemlenmektedir. Analize dahil edilen diğer ülkelerden Letonya listede 41. sırada, Şili 45. sırada, Türkiye 51. sırada ve Meksika 81. sırada ve Kolombiya 82. sırada yer almaktadır (UNDP, 2025). İnsani Gelişme Endeksi bakımından daha yüksek seviyelerde yer alan ülkelerin daha çevreye duyarlı olması ve sürdürülebilirlik alanındaki gelişmelere daha çok önem vermesi beklenmektedir. Daha alt seviyelerde yer alan ülkeler ise yıllık ekonomik büyüme göstergeleri de kaynaklarını öncelikli olarak sürdürülebilirliğe yöneltmedikleri için analiz sonucunda GSYİH'nin işareti negatif çıkmış olabilir. Ekonomik büyümeyi üretim ve tüketim odaklı olarak sürdürmek isteyen ülkeler kaynaklarını çevresel alanlara yönlendirerek teknolojik dönüşüm yaşamak yerine büyümenin niceliğini koruyarak mevcut sistemin devamlılığını sağlamak isteyebilirler.

Eko-inovasyon geliştirme sürecine dahil olmak isteyen firmaların içinde bulundukları ülkelerin özelliklerini göz önüne almaları gerekmektedir. Bu çalışmanın bulguları göstermektedir ki ekonomik karmaşıklık bakımından önde olan ülkeler eko-inovasyon geliştirme sürecinde kuruluşlara avantaj sağlamaktadır. Kolombiya, Yunanistan ve

Türkiye gibi ekonomik karmaşıklık bakımından diğer ülkelerin gerisindeki ülkelerin daha karmaşık ürünler üretmek için eko-inovatif kuruluşlara uygun bir ortam sunmadığı yorumu yapılabilmektedir. Benzer şekilde eko-inovatif firmaların dikkat etmesi gereken bir diğer husus içinde bulundukları ülke ekonomik açıdan büyüme gösterse ve refah içinde olsa da çevresel yatırımları ve yeni teknolojik süreçler için destekleyici bir ortam sunup sunmadıklarıdır.

Politika yapıcılar açısından ise ülkenin eko-inovasyon performansının geliştirilmesi için ekonomik karmaşıklık analizi yapılması gerekmektedir. Geleneksel inovasyonlara göre daha karmaşık yapıdaki eko-inovasyonların geliştirilmesi için ülkedeki üretken bilgi kapasitesinin yüksek olması gerekmektedir. Bu kapsamda, endüstriyel, inovasyon ve eğitim politikaları geliştirilmelidir. Ayrıca politika yapıcılar ülkeleri ekonomik olarak büyürken ve üretim ve tüketim kapasitelerini artırırken oluşan çevresel hasarı minimize etmek için düzenlemeler yapmalıdırlar. Eko-inovasyonlar bu alanda denge kuran bir araç olarak öne çıksa da ekonomik büyümeden sağlanan kaynakların bu alana yansımadağı görölmektedir. Sonuç olarak, kaynakların eko-inovasyon faaliyetlerine yönlendirmek için çevresel düzenlemeleri artırabilir ve bu alanda teşvik verebilirler.

KAYNAKÇA

- Ahmed, K. (2020). Environmental policy stringency, related technological change and emissions inventory in 20 OECD countries, *Journal of Environmental Management*, 274, 111209. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111209>
- Altay Topcu, B. (2021). Dijital Ekonomi ve Göstergelerinin Sürdürülebilir Kalkınma Üzerindeki Etkisi: AB Ülkeleri Örneği. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 4(2), 455-465. <https://doi.org/10.33712/mana.958754>
- Aluko, O. A., Opoku, E. E. O., & Acheampong, A. O. (2023). Economic complexity and environmental degradation: Evidence from OECD countries. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 2767–2788. <https://doi.org/10.1002/bse.3269>
- Anton-Tejon, M. (2026). Enhancing green innovation: the role of science and technology parks. *Applied Economics Letters*, 33(8), 1122–1126. <https://doi.org/10.1080/13504851.2024.2409951>
- Arundel, A. V., & Kemp, R. (2009). Measuring eco-innovation. *UNU-MERIT Working Papers*, 017.
- Aydın, H. (2023). Eko-İnovasyon Kavramı ve Boyutları. In: Başarır, Ç. & Yılmaz, Ö. (eds.), *Sosyal Bilimlerde Yeşil Yaklaşımlar: Dijitalleşme ve Enerji*. Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub374.c1533>
- Azmi S.N., Khan, T., Azmi, W. & Azhar, N. (2023). A panel cointegration analysis of linkages between international trade and tourism: case of India and South Asian Association for Regional Cooperation (SAARC) countries. *Qual Quant*, 20. 10.1007/s11135-022-01602-7.
- Bac, Dorin Paul. (2008). A history of the concept of sustainable development: Literature review. 17.
- Bai, X. & Zhang, Z. (2025). Does the digital innovation ecosystem promote green technology innovation? Evidence from 264 cities in China, *Technology in Society*, 83, 102977. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2025.102977>
- Bilgili, M. Y. (2017). Ekonomik, Ekolojik Ve Sosyal Boyutlarıyla Sürdürülebilir Kalkınma. *Journal of International Social Research*, 10(49).

- Biscione, A., Caruso, R., & de Felice, A. (2021). Environmental innovation in European transition countries. *Applied Economics*, 53(5), 521–535.
- Boyacı, A. İ., Akman, G., & Karabıçak, Ç. (2025). Eko-inovasyon yeteneğini etkileyen faktörlerin nedensellik ilişkilerinin araştırılması: Regresyon analizi ve DEMATEL tabanlı entegre bir yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 40(3), 2013-2028. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1563324>
- Bradshaw, C. J. A., Judge, M. A., Blumstein, D. T., Ehrlich, P. R., Dasgupta, A. N. Z., Wackernagel, M., Weeda, L. J. Z., & Le Souëf, P. N. (2026). Global human population has surpassed Earth's sustainable carrying capacity. *Environmental Research Letters*, 21(6), Article 064023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ae51aa>
- Breusch TS, & Pagan AR (1980) The Lagrange multiplier test and its application to model specifications in econometrics. *Rev Econ Stud* 47:239–53
- Brunnermeier, S. B., & Cohen, M. A. (2003). Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 45(2), 278–293. [https://doi.org/10.1016/S0095-0696\(02\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0095-0696(02)00058-X)
- Caldarola, B., Mazzilli, D., Napolitano, L., Patelli, A., & Sbardella, A. (2024). Economic complexity and the sustainability transition: A review of data, methods, and literature. *Journal of Physics: Complexity*, 5(2), Article 022001. <https://doi.org/10.1088/2632-072X/ad4f3d>
- Carrillo-Hermosilla, J., del González, P.R., & Könnölä, T. (2009). Barriers to eco-innovation. In: *Eco-Innovation*. Palgrave Macmillan, London. https://doi.org/10.1057/9780230244856_3
- Castellacci F., & Lie C.M. (2017). A taxonomy of green innovators: Empirical evidence from South Korea, *Journal of Cleaner Production*, 143, 1036-1047. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.016>
- Cheng, C. C., Yang, C. L., & Sheu, C. (2014). The Link Between Eco-Innovation And Business Performance: A Taiwanese Industry Context. *Journal of Cleaner Production*, 64, 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.050>.
- Chudik A. & Pesaran M.H. (2013) Large panel data models with cross-sectional dependence: a survey. *CAFE Res Paper* 13(15).

- Chudik, A. & Pesaran, H. (2013). Common Correlated Effects Estimation of Heterogeneous Dynamic Panel Data Models with Weakly Exogenous Regressors. SSRN Electronic Journal. 10.2139/ssrn.2265296.
- Connelly, S. (2007). Mapping Sustainable Development as a Contested Concept. *Local Environment*, 12(3), 259–278. <https://doi.org/10.1080/13549830601183289>
- De Marchi, V. (2012). Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Research Policy*, 41(3), 614–623. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.002>
- Donis, S., Gómez, J. & Salazar, I. (2023). Economic complexity, property rights and the judicial system as drivers of eco-innovations: An analysis of OECD countries. *Technovation*, 128, 102868. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102868>
- Du Pisani, J. A. (2006). Sustainable development – historical roots of the concept. *Environmental Sciences*, 3(2), 83–96. <https://doi.org/10.1080/15693430600688831>
- Eizenberg, E., & Jabareen, Y. (2017). Social Sustainability: A New Conceptual Framework. *Sustainability*, 9(1), 68. <https://doi.org/10.3390/su9010068>
- Ergün, T., & Çobanoğlu, N. (2012). Sürdürülebilir Kalkınma Ve Çevre Etiği. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 97-123. https://doi.org/10.1501/sbeder_00000000041
- ETH Zürich KOF (2026). “KOF Globalisation Index”. <https://kof.ethz.ch/en/forecasts-and-indicators/indicators/kof-globalisation-index.html> (Erişim Tarihi: 28.06.2026)
- Francis, A., Divyamol V., & Manuel S. (2025). Three Dimensions of Sustainable Development: A Holistic Approach to a Better Future. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 7(2).
- Galeotti, M., Salini, S. & Verdolini, E. (2020). Measuring environmental policy stringency: Approaches, validity, and impact on environmental innovation and energy efficiency. *Energy Policy*, 136, 111052. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111052>
- Global Footprint Network (2026). “Ecological Footprint”. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/> (Erişim Tarihi: 05.07.2026)

- Godawska, J. (2024). Does environmental policy stringency matter for eco-innovation? Evidence from the EU countries. *International Entrepreneurship Review*, 10(1), 69-82. <https://doi.org/10.15678/IER.2024.1001.05>
- Güner, U. (2020). Çevresel Sürdürülebilirlik. Sürdürülebilirlik Serisi.
- Hartmann, D., Guevara, M. R., Jara-Figueroa, C., Aristarán, M. & Hidalgo, C. A. (2017). Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development*, 93, 75–93. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.020>
- Hassan, M., & Rousselière, D. (2022). Does increasing environmental policy stringency lead to accelerated environmental innovation? A research note. *Applied Economics*, 54(17), 1989–1998. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1983146>
- Herman, K.S. & Xiang, J. (2019). Induced innovation in clean energy technologies from foreign environmental policy stringency?. *Technological Forecasting and Social Change*, 147, 198-207. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.07.006>
- Herzer, D. (2023). The impact of domestic and foreign public green R&D on domestic green innovation. *Economics of Innovation and New Technology*, 34(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/10438599.2023.2300066>
- Hille, E., Althammer, W. & Diederich, H. (2020). Environmental regulation and innovation in renewable energy technologies: Does the policy instrument matter?, *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119921. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119921>
- Horbach, J. (2008). Determinants of environmental innovation—New evidence from German panel data sources, *Research Policy*, 37 (1), 163-173. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.08.006>
- Horbach, J., Oltra, V., & Belin, J. (2013). Determinants and Specificities of Eco-Innovations Compared to Other Innovations—An Econometric Analysis for the French and German Industry Based on the Community Innovation Survey. *Industry and Innovation*, 20(6), 523–543. <https://doi.org/10.1080/13662716.2013.833375>
- Jin, C., Shahzad, M., Zafar, A. U., & Suki, N. M. (2022). Socio-economic and environmental drivers of green innovation: evidence from nonlinear ARDL. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 5336–5356. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2026241>

- Jo, J.-H., Roh, T. W., Kim, S., Youn, Y.-C., Park, M. S., Han, K. J., & Jang, E. K. (2015). Eco-Innovation for Sustainability: Evidence from 49 Countries in Asia and Europe. *Sustainability*, 7(12), 16820-16835. <https://doi.org/10.3390/su71215849>
- Kandil, M., Shahbaz, M. & Nasreen, S. (2015). The interaction between globalization and financial development: new evidence from panel cointegration and causality analysis. *Empir Econ* 49, 1317–1339. <https://doi.org/10.1007/s00181-015-0922-2>
- Karmaker, S.C., Hosan, S., Chapman, A.J., & Saha, B.B. (2021). The role of environmental taxes on technological innovation, *Energy*, 232, 121052. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121052>
- Kemp, R., & Pearson, P. (2007). MEI project about measuring eco-innovation: Final report. Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT).
- Ketata, I., Sofka, W. & Grimpe, C. (2015). Internal capabilities and firms' environment. *R&D Manage*, 45, 60-75. <https://doi.org/10.1111/radm.12052>
- Khan, I., & Hou, F. (2021). The Impact of Socio-economic and Environmental Sustainability on CO₂ Emissions: A Novel Framework for Thirty IEA Countries. *Soc Indic Res*, **155**, 1045–1076. <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02629-3>
- Kılıç, S. (2012). Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışının Ekonomik Boyutuna Ekolojik Bir Yaklaşım. *İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 47, 201-226.
- Kolk, A. (2016). The social responsibility of international business: From ethics and the environment to CSR and sustainable development, *Journal of World Business*, 51 (1), 23-34, ISSN 1090-9516, <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2015.08.010>.
- Langinier, C., Martínez-Zarzoso, I. & Chaudhuri, A. R. (2025). Environmental regulations and green innovation: The role of trade and technology transfer, *Energy Economics*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108755>
- Li, K., & Zhang, H. (2025). Can imports of environmental goods promote green innovation of enterprises? *Journal of the Asia Pacific Economy*, 1–35. <https://doi.org/10.1080/13547860.2025.2527662>
- Li, R., Luo, J., & Zhong, T. (2026). Do environmental provisions in regional trade agreements help to increase environmental innovation? *Applied Economics Letters*, 33(1), 130–134. <https://doi.org/10.1080/13504851.2024.2363996>

- Liu, J., Fang, Y., Ma, Y., & Chi, Y. (2024). Digital economy, industrial agglomeration, and green innovation efficiency: empirical analysis based on Chinese data. *Journal of Applied Economics*, 27(1). <https://doi.org/10.1080/15140326.2023.2289723>
- Liu, X., Yuan, X., Ge, X., ve Jin, Z. (2024). Adaptation and innovation: How does climate vulnerability shapes corporate green innovation in BRICS. *International Review of Financial Analysis*, 94, 103272. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103272>
- Liu, Z., Liu, B., Luo, H. Ve Chen, S. (2024). Digital economy and fiscal decentralization: Drivers of green innovation in China. *Heliyon*, 10 (13), e33870. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33870>
- Luo, C., & Li, Y. (2023). How do composite fiscal decentralization and human development promote inclusive green innovation in G7 countries? *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 36(3). <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2147979>
- Ma, T., Li, X., Xing, J. & Yang, M. (2025). Foreign direct investment, R&D investment and corporate green technological innovation. *Finance Research Letters*, 85, 108107. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.108107>
- Mačiulytė-Šniukienė, A., & Sekhniashvili, D. (2021). The eco-innovation impact on economic and environmental performance of EU Member States. *Business, Management and Economics Engineering*, 19(2), 212-228. <https://doi.org/10.3846/bmee.2021.14497>
- Małecka, J. Janusz, J. & Kinga., S. (2024). Eco-Innovation and Sustainable Development: Comparing Regional Trends in Poland and the EU. *European Research Studies Journal*, XXVII (3), 950-961. 10.35808/ersj/3609
- Mebratu, D. (1998). Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review, *Environmental Impact Assessment Review*, 18 (6), 493-520, ISSN 0195-9255, [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(98\)00019-5](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(98)00019-5).
- Mensah, J. (2019). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. *Cogent Social Sciences*, 5(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1653531>
- Montiel-Hernández, M. G., Pérez-Hernández, C. C., & Salazar-Hernández, B. C. (2024). The Intrinsic Links of Economic Complexity with Sustainability Dimensions:

A Systematic Review and Agenda for Future Research. Sustainability, 16(1), 391.
<https://doi.org/10.3390/su16010391>

Nghiem, X., Bakry, W., Al-Malkawi, H.N. & Farouk, S. (2023), Does technological progress make OECD countries greener? New evidence from panel CS-ARDL. Management of Environmental Quality: An International Journal, 34(6), 1555–1579, <https://doi.org/10.1108/MEQ-11-2022-0296>

OECD (2009). Eco-Innovation in Industry: Enabling Green Growth. 1-276. 10.1787/9789264077225-en.

OECD (2026). “OECD Data Explorer”. [https://data-explorer.oecd.org/vis?fs\[0\]=Topic,1%7CEnvironment%20and%20climate%20change%23ENV%23%7CTechnology%20and%20innovation%23ENV_TEC%23&pg=0&fc=Topic&bp=true&snb=5&df\[ds\]=dsDisseminateFinalDMZ&df\[id\]=DSD_PAT_IN_D%40DF_PAT_IND&df\[ag\]=OECD.ENV.EPI&df\[vs\]=1.0&dq=AUS.A.PT_INV...&pd=2010,&to\[TIME_PERIOD\]=false](https://data-explorer.oecd.org/vis?fs[0]=Topic,1%7CEnvironment%20and%20climate%20change%23ENV%23%7CTechnology%20and%20innovation%23ENV_TEC%23&pg=0&fc=Topic&bp=true&snb=5&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_PAT_IN_D%40DF_PAT_IND&df[ag]=OECD.ENV.EPI&df[vs]=1.0&dq=AUS.A.PT_INV...&pd=2010,&to[TIME_PERIOD]=false) (Erişim Tarihi: 28.06.2026)

OECD/Eurostat (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD, Paris/Eurostat, Luxembourg, <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.

Okumus, I., Guzel, A.E. & Destek, M.A. Renewable, non-renewable energy consumption and economic growth nexus in G7: fresh evidence from CS-ARDL. Environ Sci Pollut Res 28, 56595–56605 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-14618-7>

Önder, H. (2018). Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışında Yeni Bir Kavram: Döngüsel Ekonomi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 1(57), 196 - 204.

Pesaran, M.H. (2004). General diagnostic tests for cross-section dependence in panels. CESifo Working Paper (No. 1229).

Pesaran, M.H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. J Appl Econ 22(2), 265–312.

Pesaran, M.H. & Smith, R. (1995). Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels, Journal of Econometrics, 68 (1), 79-113.

Pesaran, M.H. & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50-93, <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010>.

Pesaran, M.H. & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *J Econ* 142(1), 50–93.

Pesaran, M.H., Ullah, A. & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence, *The Econometrics Journal*, 11(1), 105–127, <https://doi.org/10.1111/j.1368-423X.2007.00227.x>

Platon, V., Pavelescu, F.M., Surugiu, M.; Frone, S., Mazilescu, R., Constantinescu, A., & Popa, F. (2023). Influence of Eco-Innovation and Recycling on Raw Material Consumption; Econometric Approach in the Case of the European Union. *Sustainability*, 15, 3996. <https://doi.org/10.3390/su15053996>

Prokop, V., Gerstlberger, W., Vrabcová, P., Zapletal, D. & Sein, Y.Y. (2023). Does being stricter mean doing better? Different effects of environmental policy stringency on quality of life, green innovation, and international cooperation. *Heliyon*, 9(5), 16388. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16388>

Qi, X., & Yang, Z. (2023). Drivers of green innovation in BRICS countries: exploring tripple bottom line theory. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 36(3). <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2150670>

Qiu, Y., Liu, W., & Wu, J. (2023). Digital economy and urban green innovation: from the perspective of environmental regulation. *Journal of Environmental Planning and Management*, 68(2), 267–289. <https://doi.org/10.1080/09640568.2023.2244668>

Rashid, L., Yahya, S., Samer, A.S., Juhaini, J., Muliati, S. & Halim, S. (2014). Eco Product Innovation in Search of Meaning: Incremental and Radical Practice for Sustainability Development. *Asian Social Science*. 10. 78-78. 10.5539/ass.v10n13p78.

Sánchez-Sellero, P., & Bataineh, M. J. (2022). How R&D cooperation, R&D expenditures, public funds and R&D intensity affect green innovation? *Technology Analysis & Strategic Management*, 34(9), 1095–1108. <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1947490>

- Sanguino, R., Barroso, A., & Fernández-Rodríguez, S. (2020). Current trends in economy, sustainable development, and energy: a circular economy view. *Environ Sci Pollut Res* 27, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07074-x>
- Sarkar A.N. (2013). Promoting Eco-innovations to Leverage Sustainable Development of Eco-industry and Green Growth. *European Journal of Sustainable Development*, 2 (1), 171-224 ISSN: 2239-5938.
- Sbardella, A., Pugliese, E., & Pietronero, L. (2017). Economic development and wage inequality: A complex system analysis. *PLoS ONE* 12(9): e0182774. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182774>
- Schleich J., Walz R. & Ragwitz M. (2017). Effects of policies on patenting in wind-power technologies, *Energy Policy*, 108, 684-695. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.043>
- Seidl, I. & A Tisdell, C. (1999). Carrying capacity reconsidered: from Malthus' population theory to cultural carrying capacity, *Ecological Economics*, 31 (3), 395-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00063-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00063-4)
- Sharif A., Kartal M.T., Bekun V. F., Pata U. K, Foon C.I., & Kılıç D.S. (2023). Role of green technology, environmental taxes, and green energy towards sustainable environment: Insights from sovereign Nordic countries by CS-ARDL approach, *Godwana Research*, 117, 194-206. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.01.009>
- Shi, L., Han, L., Yang, F., & Gao, L. (2019). The Evolution of Sustainable Development Theory: Types, Goals, and Research Prospects. *Sustainability*, 11(24), 7158. <https://doi.org/10.3390/su11247158>
- Shu, X., Li, M., Ma, Z., & Qureshi, M. A. (2022). The asymmetric effect of film and drama industry, energy efficiency and economic growth on green innovation: Empirical evidence from quantile estimation. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 5581–5598. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2032784>
- Sipos, G.L., & Ionescu, A. (2024). Sustainable development through eco-innovation: Empirical evidence from the EU-27 member states, *Journal of Business Economics and Management (JBEM)*, ISSN 2029-4433, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Vol. 25, Iss. 4, pp. 809-827, <https://doi.org/10.3846/jbem.2024.22037>

The Atlas of Economic Complexity (2026). “Atlas Data Downloads”. <https://atlas.hks.harvard.edu/data-downloads> (Erişim Tarihi: 28.06.2026)

Tıraş, H. H. (2012). Sürdürülebilir Kalkınma Ve Çevre: Teorik Bir İnceleme. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(2), 57-73. <https://izlik.org/JA88AP78KK>

Torrecillas, C. & Fernández, S. (2022). Exports and outward FDI as drivers of eco-innovations. An analysis based on Spanish manufacturing firms. Journal of Cleaner Production, 349, 131243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131243>

Tran, N.T., Nguyen, T.D., Nguyen, M. & Pham, P.M.H. (2025). Climate vulnerability and green innovation: A cross-country analysis, Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 11 (2), 100548. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100548>

Triguero, A., Moreno-Mondéjar, L. & Davia, M. A. (2013). Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs, Ecological Economics, 92, 25-33. 10.1016/j.ecolecon.2013.04.009

UNDP (2025). Human development report 2025: A matter of choice: People and possibilities in the age of AI.

UNDP (2026). “Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarını BM Türkiye’de Nasıl Destekliyor?”. <https://turkiye.un.org/tr/sdgs> (Erişim Tarihi: 28.06.2026)

UNFCCC (2026). “Global Climate Action”. <https://unfccc.int/climate-action> (Erişim Tarihi: 28.06.2026)

Vasconcelos-Garcia, M. & Carrilho-Nunes, I. (2024). Internationalisation and digitalisation as drivers for eco-innovation in the European Union. Structural Change and Economic Dynamics, 70, 245-256. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.02.010>

Wang, I., & Liang C. (2024). Exchange rates, credit default swaps and market volatility of emerging markets: Panel CS-ARDL approach, Borsa Istanbul Review, 24 (1), 176-186, ISSN 2214-8450, <https://doi.org/10.1016/j.bir.2023.12.001>.

Wang, J., & Wang, C. (2023). Does FDI enhance the effects of heterogeneous environmental regulations on green innovation in China? Evidence from spatial Durbin model analysis. Applied Economics Letters, 32(3), 410–414. <https://doi.org/10.1080/13504851.2023.2273232>

- Wang, J., Niu, P., & Feng, Q. (2025). Integration of informatization and industrialization: Driving urban green innovation through policy insights. *Environment, Innovation and Management*, 1, 2550003. <https://doi.org/10.1142/S3060901125500036>
- Westerlund, J. (2007), Testing for Error Correction in Panel Data*. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69: 709-748. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x>
- Wooldridge j. m. (2010). *econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). mit press
- World Bank (2026). “World Development Indicators”. World Bank. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Yadav, A., & Mahalik M.K. (2024). Does renewable energy development reduce energy import dependency in emerging economies? Evidence from CS-ARDL and panel causality approach. *Energy Economics*, 131, 107356. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107356>
- Yalçınkaya, A., Durmaz, V., & Adiller, L. (2011). Sürdürülebilir kalkınma ve kurumsal sürdürülebilirlik için yeni ölçümleme: Üçlü performans. In 9 th International Conference on Knowledge, Economy & Management Proceedings (pp. 3320-3332).
- Yang, F., & Wang, C. (2024). Green innovation, clean energy, and emission trading policy: evidence from quasi-natural experiments. *Technology Analysis & Strategic Management*, 36(8), 1863–1881. <https://doi.org/10.1080/09537325.2022.2116572>
- Yang, Y. & Morotomi, T. (2025). When can green public procurement really stimulate eco-innovation? Considering the role of intellectual capital, *Journal of Cleaner Production*, 492, 144841. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144841>
- Yurdakul, M., & Kazan, H. (2020). Effects of Eco-Innovation on Economic and Environmental Performance: Evidence from Turkey’s Manufacturing Companies. *Sustainability*, 12(8), 3167. <https://doi.org/10.3390/su12083167>
- Yurdakul, M., & Kazan, H. (2024). A Study on Determining the Eco-Innovation Dynamics in Turkey’s Manufacturing Companies, *Journal of Knowledge Economy*, 15, 4912–4938. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01269-x>

Yücel, G. & Kurnaz, L. (2021). Yeni Gerçeğimiz Sürdürülebilirlik. Yeni İnsan Yayınevi, İstanbul.

Yücel, M. A., & Terzioğlu, M. K. (2023). Sürdürülebilir Kalkınma ve Eko-İnovasyon: Dinamik Mekânsal Etkileşim. Verimlilik Dergisi, 171-186.
<https://doi.org/10.51551/verimlilik.1103725>

Zakari, A., Tawiah, V., Oyewo, B., & Alvarado, R. (2023). The impact of corruption on green innovation: the case of OECD and non-OECD countries. Journal of Environmental Planning and Management, 66(6), 1336–1368.
<https://doi.org/10.1080/09640568.2022.2027234>

Zhao, Y., & Fang, W. (2023). How does digital transformation affect green innovation performance? Evidence from China. Technology Analysis & Strategic Management, 37(2), 139–154. <https://doi.org/10.1080/09537325.2023.2282077>

Zheng, H., Li, D. & Cai, J. (2025). Driving green innovation: The impact of digital finance on China's transition to clean energy, Energy, 318, 134760.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134760>

Zhu, S. & Li, R. (2017). Economic complexity, human capital and economic growth: Empirical research based on cross-country panel data. Applied Economics, 49(38), 3815–3828.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın yürütülmesi sürecinde her aşamada bilgi, deneyim ve değerli görüşleriyle bana yol gösteren, pozitif ve anlayışlı yaklaşımıyla hiçbir konuda desteğini esirgemeyen değerli tez danışmanım Prof. Dr. Burcu Türkcan'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve beni her konuda teşvik eden annem Fatma Üçbaş'a, babam Mehmet Üçbaş'a ve kardeşim Hasan Mert Üçbaş'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans sürecimde 2210-A Yurt İçi Yüksek Lisans Programı kapsamında sağladığı burs desteği için TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Ayça Üçbaş

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans: Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, 2018-2023

Yüksek Lisans: Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, 2023-2026

Erasmus Değişim Programı: European University Viadrina Frankfurt (Oder), International Business Administration, 2024-2025

DİLLER:

İngilizce, Almanca

AKADEMİK YAYINLAR:

Bildiriler:

“Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında Eko-İnovasyon Performansını Etkileyen Faktörler” Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 4. Uluslararası Bilim Şenliği: Özet Kitapçığı (ss. 33-34). Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınları.

“Türkiye’de Konut Piyasasında Zorunlu Göç ve Bölgesel Etkiler: Ekonometrik Analiz” 4. Uluslararası Ege Sosyal Bilimler Lisansüstü Öğrenci Kongresi: Özet Kitapçığı (ss. 30). Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınları.

Projeler:

TÜBİTAK 2209-A: Türkiye’nin İhracat Performansının Sektörel Heterojenlik Çerçevesinde İncelenmesi: İhracat Dinamikleri ve Ekonomik Karmaşıklık