



Ekonomik Karmaşıklık ve Finansal Gelişmenin Çevresel Bozulma Üzerindeki Ortak Dinamiklerinin İncelenmesi: Avrupa Birliği'nden Yeni Kanıtlar

Exploring the Shared Dynamics of Economic Complexity and Financial Development in Environmental Degradation: Fresh Evidence from the European Union

Bahar ÖZBEK^a, Serkan ŞAHİN^b

^a Doktora Öğrencisi, Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, baharogul@yahoo.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4335-9086>

^b Doç. Dr., Tarsus Üniversitesi-Uygulamalı Bilimler Fakültesi, serkansahin@tarsus.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1927-1092>

Anahtar Kelimeler:

Çevresel kirlilik,
ekonomik karmaşıklık,
finansal gelişme, çevre
vergileri, dinamik panel
veri analizi

Keywords:

Environmental pollution,
economic complexity,
financial development,
environmental taxes,
dynamic panel data
analysis

JEL Kodları: C00; Q5; O1

JEL Codes: C00; Q5; O1

Geliş Tarihi: 23/04/2025

Kabul Tarihi:

12/11/2025

DOI:

10.33399/biibfad.1682603

Araştırma Makalesi

Research Article

Öz

Çevresel bozulmanın ekonomik ve sosyal belirleyicileri çevrenin korunmasına yönelik önlemlerin geliştirilmesi açısından önemlidir. AB ülkeleri çevresel kirlilik ile mücadelede yönelik politikaların geliştirilmesinde öncü ülkeler arasında yer almaktadır. Ancak bu ülkelerde çevresel bozulmanın önlenmesine yönelik politikaların etkinliği tartışmalıdır. Bu çalışmada yeni nesil panel veri yöntemleri aracılığıyla AB ülkelerinde 1995-2021 dönemine ait çevresel kirliliğin belirleyicilerine odaklanılmaktadır. Bu kapsamda iki farklı model yardımıyla ekonomik karmaşıklık ve finansal gelişmenin etkileşiminin çevre üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel bozulma üzerindeki belirgin olmayan etkilerinin de ortaya koyulması amaçlanmıştır. Ayrıca bu araştırma, çevresel vergilerin çevrenin korunmasındaki etkinliğini sorgulamaktadır. Çalışma bulguları sağlık testleri ile güçlendirilmiştir. Ampirik bulgular ekonomik karmaşıklık ve finansal gelişmenin çevresel bozulmayı artırdığına ancak bu değişkenlerin etkileşiminin çevresel bozulmayı azalttığına işaret etmektedir. Modelde yer alan çevre vergileri ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerinin ise ekolojik ayak izini düşürücü etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Abstract

Economic and social determinants of environmental degradation are important for the development of measures to protect the environment. EU countries are among the leading countries in the development of policies to combat environmental pollution. However, the effectiveness of policies to prevent environmental degradation in these countries is controversial. This study focuses on the determinants of environmental pollution in EU countries for the period 1995-2021 through next-generation panel data methods. In this context, the impact of the interaction of economic complexity and financial development on the environment is investigated with the help of two models. The study also aims to reveal the subtle effects of renewable energy consumption on the ecological footprint. In addition, this research questions the effectiveness of environmental taxes in protecting the environment. The findings of the study are strengthened by robustness tests. Empirical findings indicate that economic complexity and financial development have a positive effect on ecological degradation, but the interaction of these variables increases environmental degradation. Environmental taxes and renewable energy consumption variables in the model are found to have a decreasing effect on ecological footprint.

1. GİRİŞ

Küreselleşme, sanayileşme, nüfus artışı, teknolojik ilerlemeler ve doğal kaynakların aşırı tüketimi sera gazı salınımını artırarak çevresel bozulmaya yol açmaktadır. Sera gazı salınımları, çevresel iklim değişikliklerinin yanı sıra sosyo-ekonomik ve ekolojik değişikliklere yol açmaktadır (Türkeş, 2008: 26). Bu nedenle politika geliştiriciler, çevresel kirliliğin önlenmesinde etkili olabilen sosyal, ekonomik ve teknolojik araçları yakından takip etmektedirler. Çevresel kirliliğin kapsamı ve ölçümü konusunda da farklı görüşler bulunmaktadır.

Geçmiş birçok araştırmada çevresel kirliliğin göstergesi olarak karbon salınımları (Tuna, Türkay, Çiftiyıldız ve Çelik, 2024; Kırıkkaleli ve Sofuoğlu, 2023; Tamazian, Chousa ve Vadlamannati, 2009) esas alınmıştır. Ancak, son dönemde Ekolojik Ayak İzi (EAI)'nin de çevresel bozulmanın önemli bir göstergesi olduğunu gösteren çalışmalar (Balsalobre-Lorente, Nur, Topaloğlu ve Evcimen, 2024; Topaloğlu, Balsalobre-Lorente, Nur ve Ege, 2025) mevcuttur. Ekolojik ayak izi, biyokapasiteyi dikkate alan ve ekolojik dengenin hesaplanmasında kullanılan bir göstergedir. Biyokapasitenin EAI'den fazla olması durumunda ekolojik rezerv, daha düşük olması durumunda ise ekolojik açık ortaya çıkmaktadır (Global Footprint Network, 2025).

Geçmiş birçok araştırma ekonomik karmaşıklığın çevre sağlığı üzerinde etkili olduğunu (Aluko, Opoku ve Acheampong, 2023: 2767; Tabash, Farooq, Aljughaiman, Wong ve AsadUllah, 2024: 1; Doğan, Saboori ve Can, 2019: 31900; Abbasi, Lv, Radulescu ve Shaikh, 2021: 68717) göstermiştir. Hidalgo ve Hausmann (2009: 10575) bir ekonominin büyüme ve kalkınmasının temel belirleyicisinin ekonomik karmaşıklık olduğunu ifade etmişlerdir. Yazarlara göre, bir ülkedeki sofistike ürün üretimindeki ve karmaşık ürün ihracattaki artış rekabet gücünü ve büyüme oranını artırmaktadır. Ekonomik karmaşıklık, çevre üzerinde farklı yönde etkiler ortaya çıkarabilmektedir. Hausmann, Santos, Macchiarelli ve Giacon (2021: 4), yeşil karmaşıklık düzeyleri yüksek olan ülkelerde ekonomik büyümenin yüksek ancak karbon emisyonlarının düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Buna göre ekonomik karmaşıklık çevre kalitesi üzerinde etkili olabilmektedir.

Bir ekonomide teknolojik ilerlemelere dayalı yapısal dönüşüm, ekonomik büyümenin çevresel etkilerden arındırılmasını sağlayabilmektedir. Yapısal dönüşüm, iş gücü ve sermayeye dayalı bir üretim sürecinden yetkinlik ve akıllı sistemlere dayalı bir üretim sürecine dönüşümü ifade etmektedir. Yapısal dönüşüm, üretimde etkinliğin ve verimliliğin sağlanmasıyla çevrenin korunmasına katkı sağlayabilmektedir (Jänicke, Mönch, Ranneberg ve Simonis, 1989: 173-175). Aldy (2005: 49), ekonomilerin gelişmişlik seviyesi arttıkça emisyon yoğun üretime geçtiklerini ancak daha yüksek gelir düzeyine ulaştıkça daha az emisyon yoğun sektörlere geçiş yaptıklarını ifade etmiştir. Diğer taraftan Boleti, Garas, Kyriakou ve Lapatinas (2021: 253), karmaşık ürünler ihracatının artmasının fosil yakıtı dayalı enerji tüketimini artırırken yenilenebilir enerjiye olan talebi azaltarak çevresel kirliliğe sebep olabildiğini ifade etmiştir. Dolayısıyla, ekonomik karmaşıklık, çevre sağlığını pozitif yönde etkileyebildiği gibi negatif yönde de etkileyebilmektedir. Ancak ekonomik karmaşıklığın çevre üzerindeki etkisi yeterince araştırılmamış ve etkinin yönü üzerine fikir birliğine varılamamıştır. Buna göre, ekonomik karmaşıklığın çevresel kirliliğe sebep olduğunu savunan çalışmaların (Abbasi vd., 2021; Adebayo vd., 2022; Rafique vd., 2022b) yanı sıra, çevresel kirliliği azalttığına yönelik çalışmalar (Lapatinas, Garas, Boleti ve Kyriakou, 2019; Boleti vd., 2021; Laverde-Rojas ve Correa, 2021; Saqib, Radulescu, Usman, Balsalobre-Lorente ve Cilan, 2023) da bulunmaktadır.

Finansal gelişmenin çevresel etkileri de iki yönlü olabilmektedir. Tamazian vd. (2009: 246) finansal gelişmenin doğrudan yabancı yatırımların beraberinde getirdiği teknoloji transferi yoluyla enerji verimliliğini ve üretkenliğini artırarak çevrenin korunmasına katkıda bulunabildiğini ifade etmiştir. Diğer taraftan Kayani, Ashfaq ve Siddique (2020: 2), finansal gelişmenin ekonomik faaliyetleri dolayısıyla enerji tüketimini artırarak çevresel bozulmaya neden olabildiğini savunmuştur. Bu nedenle finansal gelişmenin çevre üzerindeki etkisi tartışmalıdır. Finansal gelişmenin çevresel etkilerine yönelik araştırmalarda çelişkili sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre, Islam, Shahbaz, Ahmed ve Alam (2013), Farhani ve Öztürk (2015), Salahuddin, Alam, Öztürk ve

Sohag (2018), Khezri, Karimi, Khan ve Abbas (2021), Güneysu (2023) ve Yıldız (2023) finansal gelişmenin çevre kalitesini azalttığını ortaya koyarken, Tamazian ve Rao (2010), Koçak (2017), Lv ve Li (2021) ve Afşar ve Yüksel (2022) finansal gelişmenin çevre kalitesini artırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, finansal gelişme sofistike ürün üretiminde dolayısıyla ekonomik karmaşıklığın artırılmasında gerekli olan finansman kaynaklarını ve çeşitliliğini artırarak, ekonomik karmaşıklığın çevre üzerindeki etkilerini artırabilmektedir. Diğer taraftan finansal gelişme, ekonomik karmaşıklığı dolayısıyla katma değeri yüksek ürünlerin üretimindeki yoğun enerji kullanımını artırarak çevresel bozulmayı artırabilmektedir. Ancak, geçmiş araştırmalarda finansal gelişmenin ekonomik karmaşıklık-çevresel bozulma ilişkisindeki aracılık rolü göz ardı edilmiştir.

Çevre ile ilişkilendirilen diğer bir faktör enerji tüketimidir. Çevresel problemlerin önemli bir kısmı enerji tüketim ile yakından ilişkilidir. Fosil yakıtların enerji üretim amacıyla kullanımı petrol sızıntılarıyla temiz suları kirliletmekte, kömürün kullanımı hava kirliliğine yol açmakta ve sera gazı salınımına sebep olmaktadır (NRDC, 2022). Günümüzde kömür ve petrol gibi fosil yakıtların kullanımı sera gazı salınımlarının %75'inden karbon emisyonlarının %90'ında sorumludur. Ayrıca, fosil yakıtlar iklim değişikliklerinin nedenleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Bu nedenle fosil yakıtlara dayalı enerji tüketiminin azaltılması gereklidir. Sera gazı salınımına sebep olmayan yenilenebilir enerji kaynakları çevrenin korunmasında etkili bir araç olabilmektedir (Birleşmiş Milletler (BM), 2004). Geçmiş araştırmalar yenilenebilir enerji kullanımının çevresel bozulmayı azalttığına yönelik kanıtlar (Zeb, Salar, Awan, Zaman ve Shahbaz, 2014; Magazzino, Toma, Fusco, Valente ve Petrosillo, 2022; Usman, Alola ve Sarkodie, 2020) sunmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları her zaman için tahmin edildiği kadar temiz bir enerji kaynağı olmayabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi doğada nadir bulunan değerli madenlerin aşırı tüketimine yol açmaktadır (Chen, Luo, Tu, Ren ve Naderi, 2023: 1). Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bazı ülkelerde çevrenin korunmasına katkı sunamamaktadır (Kartal, 2022: 871). Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel bozulma üzerindeki etkisinin dikkate alınması gereklidir. Bu kapsamda bu çalışmada yenilenebilir enerji kullanımı kontrol değişkeni olarak araştırma modeline eklenmiştir.

Çevresel vergiler de çevre kalitesini iyileştirmede etkin bir rol üstlenebilir. Küresel ölçekte çevre sağlığının iyileştirilmesine yönelik çevresel vergiler, yeşil vergiler ya da ekolojik vergiler olarak adlandırılabilir. Çevresel vergiler bireylerde çevre bilincinin oluşumunu destekleyerek, atıkların geri dönüşümünü sağlayarak ve çevreye zarar vermeyen üretim süreçlerine geçişi teşvik ederek çevre sağlığının korunmasına katkıda bulunabilir (Sezer ve Dökmen, 2018: 171). Günümüzde çevre politikası aracı olarak kullanılan farklılaştırılmış vergiler söz konusudur (Özbek, 2023: 67). Bu etkileri gözleterek çalışmada çevresel vergiler, kontrol değişkeni olarak araştırma modeline dâhil edilmiştir.

Bu çalışmada Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde ekonomik karmaşıklık ve çevresel bozulma arasındaki ilişki yenilenebilir enerji ve çevresel vergiler dikkate alınarak finansal gelişmenin aracılık etkisi altında incelenmiştir. Çalışmada AB ülkelerinin tercih edilmesinin temel sebebi diğer ülkelerden farklı olarak bu ülkelerde ekonomik karmaşıklığa ilişkin bir politikanın bulunmasıdır. Diodato, Napolitan, Pugliese ve Tacchella (2024)'ün araştırmalarına dayanarak Avrupa Komisyonu ilk olarak 2024'te ekonomik karmaşıklık el kitabını yayınlamıştır. Söz konusu el kitabında AB ülkelerinde ekonomik karmaşıklığı artırmaya yönelik politikalara ve ülkelerarası ortak politikaların yürütülmesinin gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Yenilenebilir enerji teknolojilerindeki lider konumu, bunun yanı sıra yenilenebilir enerji tüketimini artırmaya ve yenilenebilir enerjiye dayalı ekonomik gelişmeyi gerçekleştirmeye yönelik hedefleriyle AB ülkeleri (International Renewable Energy Agency (IRENA, 2021) bu çalışmanın odak noktasını oluşturmaktadır. European Environment Agency (EEA, 2024)'e göre fosil yakıtlar AB'de halen en fazla kullanılan enerji kaynakları olmakla birlikte bu ülkeler yenilenebilir enerjinin toplam enerji kaynakları içindeki payını %20'ye çıkarma hedefine başarıyla ulaşmışlardır. Bu durum AB ülkelerindeki politikaların başarısına işaret ederek çevresel bozulma üzerindeki etkilerinin incelenmesini önemli hale getirmektedir.

Bu çalışmada incelenen AB ülkeleri dikkate alındığında heterojen bir yapının olduğu görülmektedir. Ancak ilgili ülkeler içerisinde yüksek gelişmiş seviyesinde ekonomilerde bulunmaktadır. Bu bağlamda ekonomik karmaşıklık açısından önemli yollar almış ülkeler olduğu değerlendirilmektedir. Bu gelişmişlik beraberinde karmaşık üretim yapılarını, yüksek teknolojiyi ve sermaye yoğunluğunu da getirmektedir. Dolayısıyla üretim sürecinin çevresel etkileri olduğu gibi ekonomik karmaşıklığın ileri olduğu ülkelerde finansal gelişme ile birlikte çevresel etkilerin farklılaşabileceği öngörülmektedir. Nitekim finansal gelişme, çevre dostu teknolojileri destekleyen kaynaklara yatırımları artırırken çevreye zarar veren endüstrilerin genişlemesine de aracılık edebilir. Dolayısıyla ekonomik karmaşıklık ile finansal gelişmenin bireysel etkilerinin yanında birlikte etkilerini incelemek analiz edilen ülkeler için ciddi öneme sahiptir. Ayrıca ekonomik karmaşıklığın yüksek olduğu üretim yapılarında finansal kaynaklarında daha teknoloji yoğun ve yenilikçi sektörlere kayacağı düşünülmektedir. Diğer yandan ekonomik karmaşıklık ile finansal gelişmenin etkileşimli etkisi ile çevresel düzenlemeler artırılarak verimlilik yükseltilebilir ve çevresel yatırımların kârlılığı artırılabilir. Çalışmada heterojeniteyi ve yatay kesit bağımlılığını dikkate panel veri tekniklerinden yararlanılmıştır. Kullanılan ampirik yöntemler aracılığıyla ana odak noktası finansal gelişme ve ekonomik karmaşıklık değişkenlerinin katsayıları ile etkileşim değişkeninin katsayılarının değişip değişmediğidir. Bu kapsamda sağlamlık testleri ile farklı panel veri metodlarından yararlanılacaktır.

Geçmiş çalışmalarda ekonomik karmaşıklığın çevresel bozulma üzerindeki etkisini finansal gelişmenin aracılık rolü altında inceleyen aynı zamanda ve yenilenebilir enerji ve çevresel vergileri dikkate alan herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu kapsamda, bu araştırmada 1995-2021'e ait veri setleriyle güncel panel yöntemlerinden faydalanılarak söz konusu ilişkiler AB ülkeleri için incelenmiştir. Bu çalışmanın sunduğu katkılar farklı başlıklar altında özetlenebilir. İlk olarak, bu araştırma geçmiş çalışmalardan farklı olarak ekonomik karmaşıklık ve çevresel bozulma ilişkisinde finansal gelişmenin aracılık etkisini dikkate alarak literatürde göz ardı edilen etkilere odaklanmaktadır. İkinci olarak, bu çalışmada yenilenebilir enerjilerin belirgin olmayan etkilerinin ortaya çıkarılmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca araştırma son dönemlerde önem kazanan çevresel vergiler ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi ele alarak çevresel vergilerin etkinliğini sorgulamaktadır. Bunun yanı sıra, bu araştırma geçmiş birçok araştırmadan farklı olarak çevresel kirliliğin göstergesi olarak ekolojik ayak izine odaklanarak çevresel bozulmayı farklı açılardan değerlendirmektedir. Son olarak çalışmada, güncel veri setleri ve yöntemlerine dayalı sonuçlarıyla politika geliştiricilerin dikkatini farklı disiplinleri bir araya getiren politikalara çekmektedir.

Çalışmanın bundan sonra gelen ikinci bölümünde literatür taramasına yer verilmiştir. Ardından üçüncü bölümde veri ve yöntem açıklanmış, dördüncü bölümde bulgular özetlenmiş, beşinci bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR

Çevreyle ilgili çalışmalar incelendiğinde farklı değişkenlerin kullanıldığı görülmektedir. Çevre vergileri ile çevre ilişkisinin incelendiği geçmiş çalışmalar Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: Çevre Vergisi ile Çevre İlişisini İnceleyen Literatür

Yazar(lar)	Dönem	Çalışma Grubu	Metod(lar)	Değişken(ler)	Bulgu(lar)
Morley (2012)	1995-2006	AB Ülkeleri ve Norveç	GMM	CO ₂ (Karbondiyoksit emisyonu), ÇV (Çevre vergisi), ET (Enerji tüketimi), KBDMG (Kişi başı düşen milli gelir)	ÇV, CO ₂ 'yi azaltmaktadır.
Castiglione vd. (2014)	1996-2012	24 Avrupa Ülkesi	Panel Regresyon	SO ₂ , ÇV, KBDMG, Çevresel koruma harcamaları, YE (Yenilenebilir enerji tüketimi), Belediye atıkları	ÇV ve çevre arasında ilişki vardır.
Bayar ve Şaşmaz (2016)	1996-2011	Hollanda, Danimarka, Norveç, Finlandiya, İsveç	Dumitrescu ve Hurlin (2012) Nedensellik	CO ₂ , KBDMG, Karbon vergisi	Ekonomik büyümenin çevresel bozulmanın nedeni olduğu belirlenirken karbon vergisiyle çevre kalitesi arasında ilişki bulunamamıştır.
Mardones ve Baeza (2018)	2011	Latin Amerika Ülkeleri ve Sektörler	Girdi-Çıktı Analizi	CO ₂ , ÇV, ET	ÇV, CO ₂ 'yi azaltmaktadır.
He vd. (2019)	2004-2016	35 OECD Ülkesi ve 31 Çin Eyaleti	Panel ARDL, Regresyon	Sera gazı emisyonları, ÇV, Petrol ve kömür tüketimi, KBDMG, Sanayileşme	ÇV, emisyonları azaltmaktadır.
Kılınç ve Altıparmak (2020)	2005-2014	21 AB Ülkesi ve Türkiye	GMM	CO ₂ , ÇV, Sosyo-Ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji harcamaları, Birincil ET, KBDMG, Nüfus	Ar-Ge enerji harcamaları CO ₂ 'yi azaltırken; KBDMG ve birincil ET artırmaktadır.
Yavuz (2021)	1994-2017	Türkiye	Regresyon Analizi	EAİ (Ekolojik ayak izi), ÇV, Çevre teknolojileri ile ilgili patentler, Kentsel nüfus, Birincil ET, Temiz ET, KBDMG	ÇV ve KBDMG, EAİ'yi artırırken; YE azalır.
Rafique vd. (2022a)	1994-2016	29 OECD Ülkesi	ARDL, FMOLS, DOLS	EAİ, ÇV, ET, KBDMG, Kentleşme, Sanayileşme, Yabancı yatırımlar	ÇV, EAİ'yi azaltmaktadır.
Özbek (2023)	1994-2021	Türkiye	ARDL	CO ₂ , ÇV, Çevre teknolojileri ile ilgili patentler, ET, KBDMG	ÇV ve çevre teknolojileriyle ilgili patentler CO ₂ 'yi azaltırken; ET ve ekonomik büyüme artırmaktadır.
Obobisa ve Ahakwa (2024)	1990-2019	25 Avrupa Ülkesi	GMM, Panel Kantil Regresyon	CO ₂ , ÇV, FG, YE, KBDMG, Yeşil teknoloji inovasyonu, Beşerî sermaye	Yeşil teknoloji inovasyonu, YE, ÇV, FG ve beşerî sermaye CO ₂ 'yi azaltmaktadır. YE, ÇV ve enerji verimliliği EAİ'yi azaltırken; KBDMG artırmaktadır. EAİ ile KBDMG, YE, ÇV arasında tek yönlü; enerji verimliliği ile EAİ arasında iki yönlü ilişki bulunmaktadır.
Yağlıkara (2025)	1994-2020	İskandinav Ülkeleri	Panel Kantil Regresyon	EAİ, ÇV, YE, KBDMG, Enerji verimliliği	

Not: "CO₂" karbondiyoksit emisyonunu, "EAİ" ekolojik ayak izini, "KBDMG" kişi başı milli geliri, "ÇV" çevre vergilerini, "YE" yenilenebilir enerji tüketimini, "ET" enerji tüketimini ve "FG" finansal gelişmeyi ifade etmektedir.

Tablo 1'de incelenen çalışmaların sonuçlarının farklılık gösterdiği görülmektedir. Çevresel kirliliğin göstergesi olarak sera gazı emisyonları, CO₂ emisyonu, SO₂ emisyonu ve EAİ'nin kullanıldığı görülmektedir. Çevre ile ilgili vergilerin göstergesi olarak çevre vergileri ve karbon vergisinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Morley (2012), Mardones ve Baeza (2018), Rafique vd. (2022a), Obobisa ve Ahakwa (2024) ile Yağlıkara (2025) çalışmalarında çevre ile ilgili vergilerin çevresel kirliliği azalttığını tespit etmişlerdir. Literatürde yer alan finansal gelişme ve çevre ilişkisine dair bazı çalışmalar Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2: Finansal Gelişme ile Çevre İlişisini İnceleyen Literatür

Yazar(lar)	Dönem	Çalışma Grubu	Metod(lar)	Değişken(ler)	Bulgu(lar)
Tamazian ve Rao (2010)	1993-2004	24 Geçiş Ekonomisi	GMM	CO ₂ (Karbondiyoksit emisyonu), FG endeksi (Finansal gelişme endeksi), GSYİH (Gayri safi yurtiçi hasıla)	FG, emisyonu azaltmaktadır.
Shahbaz vd. (2013)	1975-2011	Endonezya	ARDL, VECM Granger	CO ₂ , Reel GSYİH, FG endeksi (oluşturulmuş), ET (Enerji tüketimi), TA (Ticari açıklık)	Ekonomik büyüme ve ET emisyonu artırırken FG ve TA da bu yöndedir. FG emisyonu neden olmaktadır. Ekonomik büyüme ve emisyon arasında çift yönlü nedensellik vardır.
Islam vd. (2013)	1971-2010	Malezya	VECM	CO ₂ , FG göstergeleri, ET, Nüfus	FG, emisyonu artırmaktadır.
Farhani ve Öztürk (2015)	1971-2012	Seçilmiş Ülkeler	ARDL	CO ₂ , FG, GSYİH, ET, TA, Kentleşme	FG, emisyonu artırmaktadır. Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) geçersizdir.
Dar ve Asif (2018)	1960-2013	Türkiye	Hatemi-J	CO ₂ , FG, GSYİH, ET	FG, emisyonu azaltmaktadır. ET ve KBGSYİH emisyonu artırmaktadır.
Salahuddin vd. (2018)	1980-2013	Kuveyt	ARDL, Granger nedensellik	CO ₂ , FG, GSYİH, Elektrik tüketimi, Yabancı yatırımlar	FG, emisyonu artırmaktadır.
Khezri vd. (2021)	2000-2018	31 Asya Ülkesi	Mekansal ekonometri	CO ₂ , FG, GSYİH, Enerji yoğunluğu, TA	FG, emisyonu artırmaktadır.
Lv ve Li (2021)	2000-2014	97 Ülke	Regresyon	CO ₂ , FG endeksi, GSYİH	FG, emisyonu azaltmaktadır.
Afşar ve Yüksel (2022)	1980-2019	Türkiye	NARDL	CO ₂ , FG endeksi, GSYİH, ET, Küreselleşme	FG, emisyonu azaltırken yenilenemeyen ET'yi artırmaktadır.
Güneysu (2023)	1970-2018	Türkiye	Bayer-Hanck Eşbütünleşme, FMOLS, DOLS	Yük taşıma kapasitesi, FG, GSYİH, Küreselleşme, Sanayileşme	EB ile çevre kalitesi arasında U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Küreselleşme ve FG çevre kalitesini azaltırken sanayileşme artırmaktadır. FG ve EB emisyonu artırmaktadır.
Yıldız (2023)	1980-2020	Türkiye	FMOLS, DOLS, CCR	CO ₂ , FG endeksi, GSYİH	FG ve EB emisyonu artırmaktadır.
Fan vd. (2024)	1990-2020	BRICS-T	CCE	EAI, FG, YE, ET, TA	EK ilk aşamada kirliliği artırırken ancak ekonomik karmaşıklığın karesinin ikinci aşamada bunu önemli ölçüde azalttığını ve bunun da söz konusu ekonomilerde ÇKE hipotezinin doğruladığını göstermektedir. FG ve yenilenemeyen ET EAI'yi artırırken yenilenebilir ET azaltmaktadır.

Not: "CO₂" karbondiyoksit emisyonunu, "EAI" ekolojik ayak izini, "GSYİH" Gayri safi yurtiçi hasılayı, "KBDMG" kişi başı milli geliri, "EB" ekonomik büyümeyi, "FG" finansal gelişmeyi, "TA" ticari açıklığı, "ET" enerji tüketimini, "YE" yenilenebilir enerji tüketimini ifade etmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde sonuçların farklılık gösterdiği görülmektedir. Çevresel kirliliğinin göstergesi olarak CO₂ emisyonu, yük taşıma kapasitesi ve EAI'nin kullanıldığı görülmektedir.

Finansal gelişme göstergesi olarak finansal gelişme endeksi, para arzı ya da farklı değişkenlerin birleştirilmesiyle elde edilen endekslerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Tamazian ve Rao (2010), Lv ve Li (2021), Afşar ve Yüksel (2022) çalışmalarının sonucuna göre finansal gelişme çevre kirliliğini azaltırken; Islam vd. (2013), Farhani ve Öztürk (2015), Salahuddin vd. (2018), Khezri vd. (2021), Güneysu (2023) ile Yıldız (2023) çalışmalarında ise finansal gelişmenin çevresel kirliliği artırdığı tespit edilmiştir. Literatürdeki ekonomik karmaşıklık ve çevre ilişkisine dair bazı çalışmalar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Ekonomik Karmaşıklık ile Çevre İlişkisini İnceleyen Literatür

Yazar(lar)	Dönem	Çalışma Grubu	Metod(lar)	Değişken(ler)	Bulgu(lar)
Can ve Gozgor (2017)	1964-2014	Fransa	DOLS	EK (Ekonomik karmaşıklık), CO ₂ (Karbondiyoksit emisyonu), ET (Enerji tüketimi)	EK ve ET emisyonu artırmaktadır. ÇKE hipotezi geçerlidir.
Doğan vd. (2019)	1971-2014	55 Ülke	Panel Kantil Regresyon	EK, CO ₂ , KBDMG (Kişi başı düşen milli gelir), ET, Kentsel nüfus, Ticari açıklık	EK farklı gelir seviyesindeki ülkelerde çevresel bozulmayı artırmaktadır.
Yılancı ve Pata (2020)	1965-2016	Çin	Fourier ARDL	EK, EAI (Ekolojik ayak izi), KBDMG, ET	ET ve EK, EAI'yi artırmaktadır. ÇKE hipotezi geçerli değildir.
Neagu (2020)	1995-2014	48 Ülke	FMOLS, DOLS	EK, CO ₂ , KBDMG, Fosil yakıt tüketimi	EK, gelir ve fosil yakıt tüketimi çevresel kirliliği artırmaktadır.
Shahzad vd. (2021)	1965-2017	ABD	QARDL, Granger Nedensellik	EK, EAI, ET	EK ve ET, EAI'yi artırmaktadır.
Rafique vd. (2022b)	1980-2017	Ekonomik Karmaşıklık Yüksek 10 Ülke	FMOLS, DOLS, GMM	EK, EAI, YE (Yenilenebilir enerji tüketimi), Beşerî sermaye, Kentleşme, KBDMG, Ticaret, İhracat kalitesi	EK, büyüme, ihracat kalitesi, ticaret ve kentleşme EAI'yi artırırken; beşerî sermaye ve YE azaltmaktadır.
Ikram vd. (2021)	1965-2017	Japonya	QARDL, Granger Nedensellik	EK, EAI, ET	EK, EAI ve ET arasındaki ilişkiler iki yönlüdür.
Özbek ve Naimoğlu (2022)	1964-2018	Türkiye	Fourier ADL, FMOLS	EK, EAI, KBDMG, ET	ET, EAI'yi artırmaktadır. EK uzun dönemde EAI'yi düşürürken kısa dönemde artırmaktadır. ÇKE hipotezi geçerlidir. EK'dan EAI'ne doğru tek yönlü nedenselliğin bulunduğu ülkeler İtalya ve Fransa iken ters yönlü ilişkinin görüldüğü ülkeler ise Almanya, ABD, Rusya ve İngiltere'dir. Japonya ve Kanada ekonomilerinde ise karşılıklı nedensellik ilişkisinin varlığına ulaşılmıştır.
Bucak (2022)	1995-2017	G8 Ülkeleri ve Türkiye	Toda-Yamamoto Nedensellik	EK, EAI	EK, büyüme ve yenilenemez ET EAI'yi artırmaktadır. YE ve kentleşme EAI'yi azaltmaktadır.
Arnaut ve Dada (2022)	1995-2017	Birleşik Arap Emirlikleri	ARDL, DOLS	EK, EAI, FG, KBDMG, YE, ET, Küreselleşme, Kentleşme	EK, CO ₂ , KBDMG, ET
Taşdemir ve Topcu (2024)	1998-2020	AB Ülkeleri	Panel Regresyon	EK, CO ₂ , KBDMG, ET	EK, CO ₂ 'yi artırır.
Durusoy (2024)	2003-2022	37 Seçilmiş Ülke	Westerlund Eşbütünleşme, Driscoll-Kraay	EK, CO ₂ , KBDMG, Nüfus	EK, CO ₂ 'yi düşürür.

Not: “CO₂” karbondioksit emisyonunu, “EAI” ekolojik ayak izini, “KBDMG” kişi başı milli geliri, “ET” enerji tüketimini, “YE”, yenilenebilir enerji tüketimini, “FG” finansal gelişmeyi, “EK” ekonomik karmaşıklık ifade etmektedir.

Tablo 3 incelendiğinde çalışma sonuçlarının farklılık gösterdiği görülmektedir. Çevresel kirliliğin göstergesi olarak sera gazı emisyonu, CO₂ emisyonu ve EAI’nin kullanıldığı görülmektedir. Ekonomik karmaşıklık endeksinin artmasıyla çevresel kirliliğin arttığını savunan çalışmalar; Neagu (2020), Shahzad vd. (2021), Rafique vd. (2022b), Arnaut ve Dada (2022) ile Taşdemir ve Topcu (2024)’dur. Doğan vd. (2019)’nin çalışmasındaki bulgular ülkeden ülkeye farklılık gösterirken; Özbek ve Naimoğlu (2022)’nin çalışmasında dönemsel olarak farklı sonuçlar elde edilmiştir.

2.1. Literatür Boşluğu

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde çevre vergisi, finansal gelişme, ekonomik karmaşıklık ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerinin çevre üzerindeki etkisinin ayrı ayrı incelendiği çalışmalar bulunduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda ekonomik karmaşıklığın ve finansal gelişmenin çevresel bozulma üzerindeki etkilerine yönelik farklı sonuçlara ulaşıldığı ve bu konuda daha fazla araştırmaya gereksinim olduğu görülmektedir. Ayrıca, ekonomik karmaşıklık-çevresel bozulma ilişkisinde finansal gelişmenin aracılık rolü göz ardı edilmiştir. Bu çalışmada iki farklı modelle ekonomik karmaşıklık ve finansal gelişmenin EAI üzerindeki etkileri irdelenmektedir. Bu kapsamda ilk olarak ekonomik karmaşıklık, finansal gelişme, çevre vergileri ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkeninin bir model içerisinde etkileri bireysel olarak ele alınmaktadır. İkinci modelde ekonomik karmaşıklık ile finansal gelişmenin etkilerinin de modele dâhil edilmesiyle etkileşimin neden olduğu değişim ortaya koyulmaktadır. Böylece, AB ülkelerinde EAI’nin belirleyicileri güncel dönem veri seti ve ampirik yöntemlerle derinlemesine analiz edilmektedir. Bu çalışmanın belirtilen yönleriyle ilgili literatürden ayrılarak alan yazına katkı sunacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda çalışmada cevabı aranan hipotezler aşağıdaki biçimde özetlenmektedir.

H1: Ekonomik karmaşıklıkta meydana gelen artış çevresel bozulmayı artırır.

H2: Finansal gelişmede meydana gelen artış çevresel bozulmayı artırır.

H3: Çevre vergilerinde meydana gelen artış çevresel bozulmayı düşürür.

H4: Yenilenebilir enerji kullanımında meydana gelen artış çevresel bozulmayı düşürür.

H5: Ekonomik karmaşıklık ve finansal gelişmeden oluşan etkileşim değişkeninde meydana gelen artış çevresel bozulmayı düşürür.

2. EKONOMETRİK ANALİZ

Bu bölümde öncelikle analizlerin temelini oluşturan veri hakkında bilgi aktarılmış ardından yöntem üzerine açıklama geliştirilmiştir. Ampirik yöntem tanıtıldıktan sonra bulgular raporlanmıştır.

2.1. Model ve Veri Seti

Bu kısımda AB ülkelerinin 1995-2021 örneklem dönemine ait veri seti kullanılarak kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler ve modeller tanıtılmıştır. Tablo 4’te analizlerde kullanılan değişkenler ve verilerin elde edildiği kaynaklar açıklanmıştır.

Tablo 4: Analizde Kullanılan Değişkenlere Ait Bilgiler

Sembol	Değişkenler	Kaynak
EAI	Ekolojik Ayak İzi	Global Footprint Network (2025)
EK	Ekonomik Karmaşık Endeksi	Atlas of Economic Complexity (2025)
FG	Finansal Gelişme Endeksi	IMF (2025)
ÇV	Çevresel Vergiler	OECD (2025)
YE	Yenilenebilir Enerji Tüketimi	World Bank (2025)

Tablo 4’teki değişkenler yardımıyla iki farklı model kurularak ampirik analizler gerçekleştirilmektedir. Model 1 ve Model 2 sırasıyla;

$$E\dot{A}I_{it} = a_i + \beta_{1i}EK_{it} + \beta_{2i}FG_{it} + \beta_{3i}CV_{it} + \beta_{4i}YE_{it} + \varepsilon_{1it} \quad (1)$$

$$E\dot{A}I_{it} = a_i + \beta_{1i}EK_{it} + \beta_{2i}FG_{it} + \beta_{3i}CV_{it} + \beta_{4i}YE_{it} + \beta_{5i}(EK * FG)_{it} + \varepsilon_{2it} \quad (2)$$

olarak ifade edilmiştir. Etkileşim değişkeni olan EK*FG, EK ile FG'nin ortalama merkezli değerlerinin çarpılmasıyla üretilmiştir. Diğer bir ifadeyle standardize edilmiştir. Tüm katsayılar esneklik katsayı biçiminde yorumlanmaktadır. Bu bağlamda iki modelde de doğal logaritmik dönüşümlerden yararlanılmıştır. Öte yandan çalışmada kullanılan ampirik yöntemlerde, verilerin dinamik özellikleriyle ilgili sorunları ortadan kaldırmak için tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır. Modellerin bu dönüşümler sayesinde daha tutarlı ve sağlam sonuçlar üreteceği düşünülmektedir (Shahbaz vd., 2012; Bhattacharya vd., 2016). Çalışmada *i* ile yatay kesit birimleri olan ülkeler belirtilmektedir. Çalışmada 27 AB üyesi ülkeden iki ülke (Lüksemburg ve Malta) kapsam dışında bırakılmak durumunda kalmış geriye kalan 25 ülke üzerine analizler yürütülmüştür. Söz konusu veri setindeki ülkelerin farklı gelişmişlik seviyelerine sahip oldukları değerlendirildiğinde panelde yer alan ülkelerin heterojen bir grup olduğu beklentisi oluşmaktadır. Bu beklenti çerçevesinde modelde her bir kesiti ifade etmek için katsayılar *"i"* terimi eklenmiştir. Heterojenliğin test edilmesinde Pesaran ve Yamagata (2008)'de önerilen delta testlerinden yararlanılmıştır.

Kurulan ampirik modellerde çoklu doğrusal bağlantı sorununun olup olmadığının tespiti için VIF ve tolerans testleri yapılmaktadır. Ayrıca içsellik sorununun varlığının tespitinde ise Ramsey Reset testinden yararlanılmıştır. İlgili sonuçlar Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5: Çoklu Doğrusal Bağlantı ve İçsellik Testi Bulguları

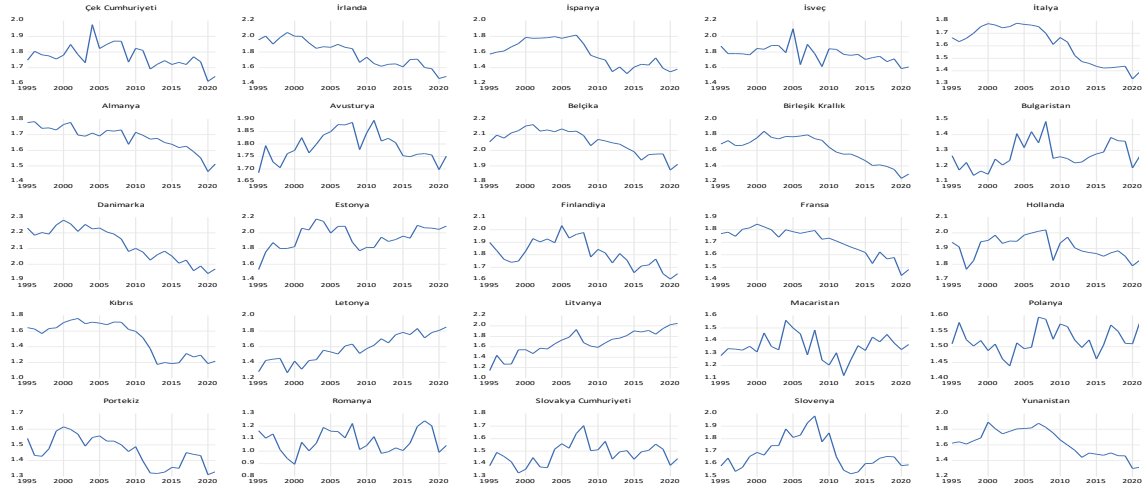
	EK	FG	CV	YE	EK*FG	Mean VIF
VIF	4.33	4.12	3.80	3.69	3.98	3.98
Tolerance (1/VIF)	0.23	0.24	0.26	0.27	0.25	-
Model-1: Ramset Reset Test Statistic	11.52 (0.49)	-	-	-	-	-
Model-2: Ramsey Reset Test Statistic	10.34 (0.48)	-	-	-	-	-

Not: () ifadesi olasılık değeridir.

Tablo 5'te yer alan sonuçlara göre tüm değişkenlere ait VIF değerinin 5'ten küçük olduğu görülmüştür. VIF değerlerinin 10'dan küçük olması ve ortalama 3.98 değerini alması ilgili modellerdeki değişkenlerin çoklu doğrusallık sorununa sahip olmadığını ortaya koymuştur. İçsellik sorununun tespitinde kullanılan Ramsey Reset testine göre iki modelde de içsellik sorununun bulunmadığı tespit edilmiştir. 'in Sıfırlama testi, içsellik sorunlarını tespit etmek için kullanılabilir (Hassan vd., 2023).

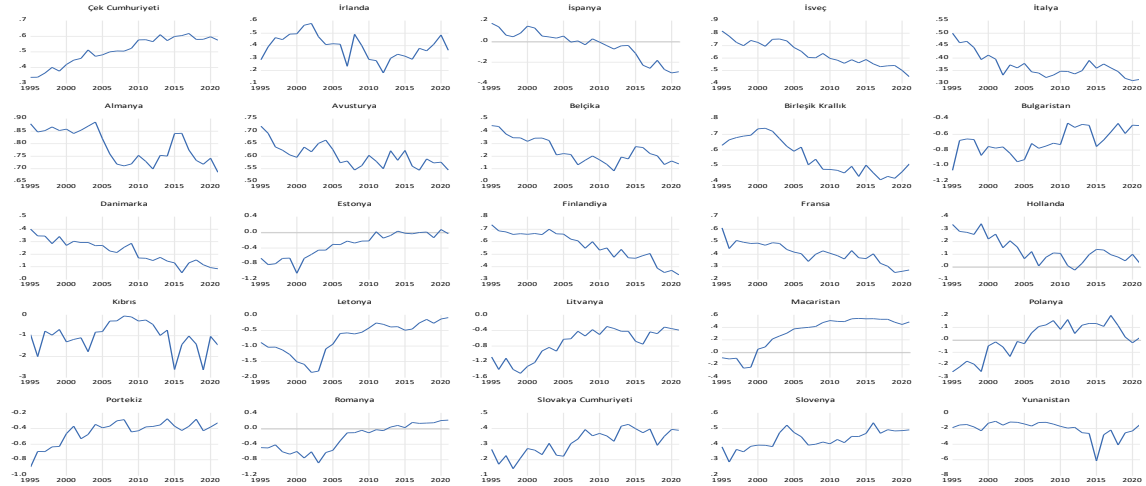
Şekil 1'de 25 AB ülkesine ait EAI değişkeninin zaman yolu grafikleri verilmiştir.

Şekil 1: EAİ Değişkeninin Zaman Yolu Grafiği



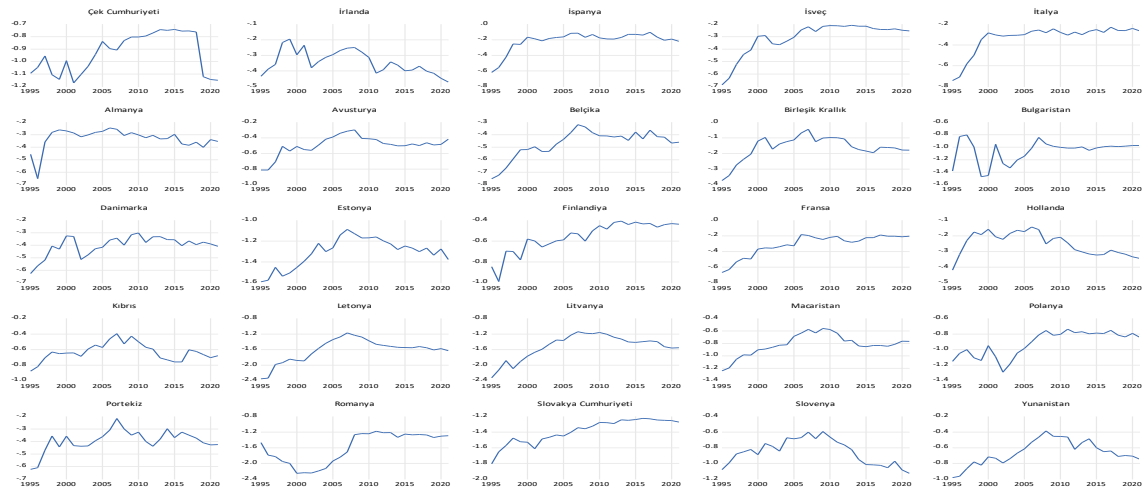
Şekil 1 incelendiğinde 25 AB ülkesine ait EAİ'yi grafiklerinin ağırlıklı olarak trende sahip olduğu izlenmektedir. Şekil 2'de EK değişkenine ait grafikler verilmiştir.

Şekil 2: EK Değişkeninin Zaman Yolu Grafiği



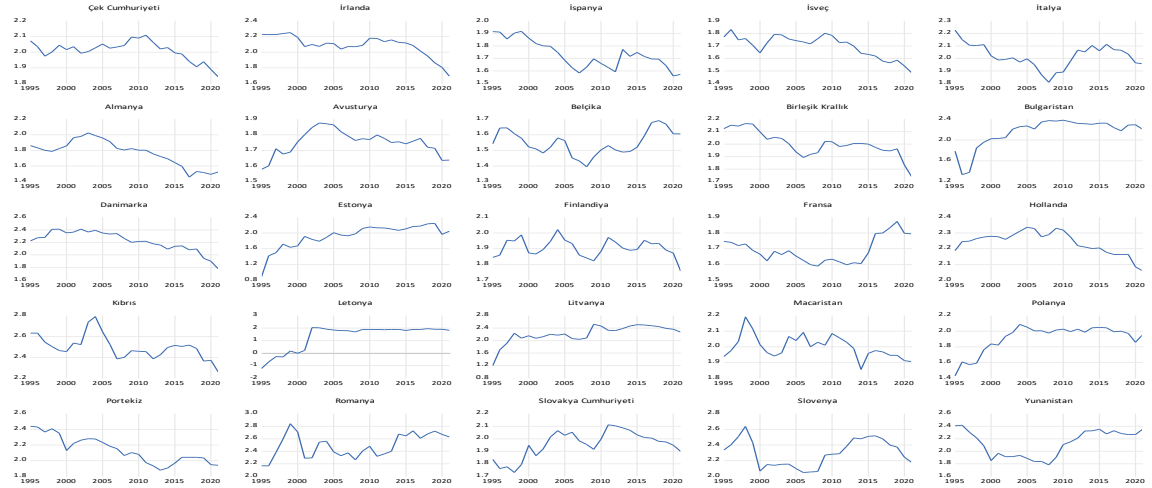
Şekil 2'de de genel olarak panel veri setindeki ülke gruplarına ait EK verisinin trende sahip olduğu izlenmektedir. Şekil 3'te FG'ye ait grafikler verilmiştir.

Şekil 3: FG Değişkeninin Zaman Yolu Grafiği



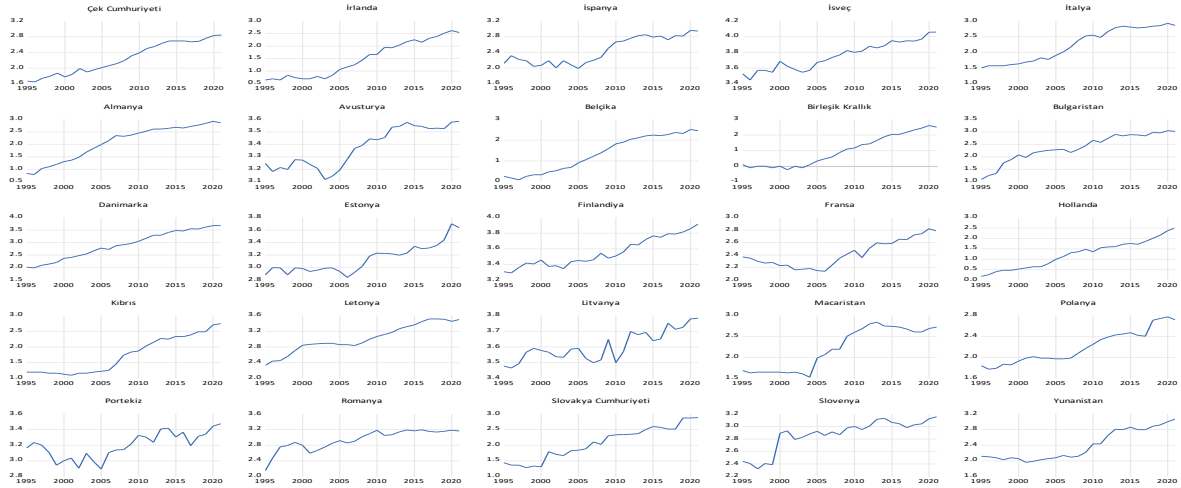
Şekil 3'te de genel olarak panel veri setindeki ülke gruplarına ait FG verisinin trende sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4'te ÇV'ye ait grafikler verilmiştir.

Şekil 4: ÇV Değişkeninin Zaman Yolu Grafiği



Şekil 4'te ÇV'ye ait zaman yolu grafiklerinin genel olarak trende sahip olduğu izlenmektedir. Şekil 5'te YE verisine ait grafikler verilmiştir.

Şekil 5: YE Değişkeninin Zaman Yolu Grafiği



Şekil 5'te YE değişkeninin önemli oranda trende sahip olduğu görülmektedir. Böylece çalışmada kullanılan tüm değişkenlerin büyük oranda trende sahip olduğu ancak bazılarının da ortalamaya yaklaştığı belirlenmiştir. Bu durum model tahminlerinde hem sabitli hem de sabitli ve trendli model sonuçlarının incelenmesine yönelik bakış açısı sunmaktadır.

2.2. Yöntem

Panel veri metodolojisinde iki önemli karar aşaması bulunmaktadır. İlk olarak YKB ve homojenlik testi uygulanmaktadır. Chudik ve Pesaran (2013) panel veri setlerini oluşturan ülkelerde küreselleşme süreciyle birlikte YKB'nin olabileceğine dikkat çekmiştir. Veri setindeki yatay kesit ve zaman boyutu dikkate alındığında Breusch ve Pagan (1980) LM testi, Pesaran (2004) CD_{LM} testi ve Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) LM_{adj} testleri kullanılabilir. Söz konusu testler zaman boyutunun (T) kesit boyutundan (N) büyük olduğu durumlarda kullanılabilir. Söz konusu testler sırasıyla (3), (4) ve (5)'te belirtilmektedir.

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij}^2 \quad (3)$$

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{1T}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T \hat{p}_{ij}^2 + 1) \quad (4)$$

$$LM_{adj} = \sqrt{\left(\frac{2}{N(N-1)}\right) \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\tilde{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\sqrt{2} \tau_{ij}}} \quad (5)$$

(3), (4) ve (5) denklemlerinin tümünde sıfır hipotez YKB yoktur şeklinde kurulmaktadır. Farklı güç özelliklerine sahip olan bu testler tutarlılık açısından çalışmada birlikte rapor edilecektir. İkinci ayrışım noktası Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen homojenlik testidir. Homojenlik testinde Delta testleri kullanılmaktadır. Delta testlerinin reddedilmesi durumunda panel veri setinin heterojen olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç panelde yer alan yatay kesit birimlerinde yer alan bir ülkede meydana gelen değişimle diğer yatay kesit birimlerinin aynı seviyede etkilenip etkilenmediğini incelenmektedir. YKB'ye benzer olarak genel olarak güncel dönemde beklentiler heterojen bir veri yapısının geçerliliği yönündedir.

Birim kök sürecin geçerliliğinin tespitinde YKB'nin varlığı durumunda kullanılabilen Pesaran (2007)'nin önerdiği CIPS testi kullanılmaktadır. Bu test homojen ya da heterojen veri yapısında kullanılabilir. CIPS testinden $T > N$ ya da $N > T$ durumlarında kullanılabilir. CIPS test istatistiği (6)'da gösterilmektedir.

$$CIPS = \frac{\sum_{i=1}^N CADF_i}{N} \quad (6)$$

(6)'daki yatay kesit birimlerinin birim kök sürece sahip olup olmadığı $CADF_i$ istatistiğiyle ortaya konulmaktadır. Tüm yatay kesit birimleri için hesaplanan $CADF_i$ istatistiğinin ortalaması alınarak panel CIPS istatistiği elde edilmektedir. Söz konusu testin sıfır hipotezi birim kök sürecin varlığını göstermektedir.

Uzun dönemli ilişkinin tespitinde YKB ve heterojenitenin varlığı durumunda kullanılan panel eşbütünleşme testleri kullanılmaktadır. Bu kapsamda Westerlund (2008)'in önerdiği Durbin-Hausman (D-H) panel eşbütünleşme testi ve Westerlund ve Edgerton (2007)'nin önerdiği panel LM eşbütünleşme testlerinden yararlanılarak sonuçların güvenilirliğinin artırılması hedeflenmektedir. D-H testinde test istatistiği (7)'de verilmektedir.

$$DH_g = \sum_{i=1}^n \hat{S}_i (\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_i)^2 \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 ; DH_p = \hat{S}_n (\tilde{\theta} - \hat{\theta})^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (7)$$

(7)'deki testte bağımlı değişkenin birinci farkta durağan olması gerekmekte ancak açıklayıcı değişkenlerin düzeyde veya birinci farkta durağan olabileme esnekliği bulunmaktadır.

Ayrıca bu testte hem homojen (DH_p) hem de heterojen (DH_g) veri yapısına uygun sonuçlar elde edilebilmektedir. Westerlund ve Edgerton (2007)'nin önerdiği panel LM eşbütünleşme testi YKB durumunda kullanılabilir. Söz konusu LM testinde bootstrap yönteminden yararlanılmaktadır. Bu yöntemle edinilen kritik değerlerin daha güvenilir olduğu, otokorelasyon ve değişken varyans sorunlarına karşı dirençli bir yapı ortaya koyduğu belirtilmektedir. Testte bootstrap olasılık değerlerinin yanında asimptotik kritik değerlerde elde edilebilmektedir (Westerlund ve Edgerton, 2007).

Çalışmada son olarak açıklayıcı değişkenlerin uzun dönem katsayıları araştırılmaktadır. Bu kapsamda eşbütünleşik seriler arasındaki uzun dönemli ilişkiler Eberhardt ve Bond (2009) tarafından önerilen AMG tahmincisinden yararlanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu tahminci heterojen panel veri setine uyumludur. Diğer yandan YKB'yi dikkate almaktadır. AMG tahmin sonuçlarının ardından sağlamlık testi olarak Pesaran (2006)'nın önerdiği CCE tahmincisi kullanılmaktadır. Bu test hem heterojenliği hem de YKB'yi dikkate almaktadır.

3. AMPİRİK BULGULAR

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle değişkenlerde ve modelde YKB olup olmadığı ve eğim parametresinin homojen olup olmadığı araştırılmaktadır. Daha sonra serilerin birim kök sürece sahip olup-olmama durumları YKB'yi dikkate alan ikinci nesil CADF testiyle araştırılmıştır. Serilerde bağımlı değişken olan EAİ'nin farkta durağan ancak açıklayıcı değişkenlerin seviyede ve

farkta durağan olduğu anlaşılmıştır. Bu durumda değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin tespit edilmesinde “D-H Eşbütünleşme Testi” kullanılmıştır. Bu aşamanın ardından uzun dönem katsayılar AMG yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Söz konusu katsayılar CCE sağlamlık testleriyle güçlendirilmiştir.

3.1. YKB ve Homojenlik Varsayımlarına İlişkin Sonuçlar

YKB ve homojenlik test bulguları Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 6: YKB ve Homojenlik Bulguları

PANEL A						
Testler/ Değişkenler	EAİ	EK	FG	ÇV	YE	EK*FG
LM	490.073*** (0.000)	464.932*** (0.000)	531.672*** (0.000)	381.291*** (0.001)	424.807*** (0.000)	584.495*** (0.000)
CD _{LM}	7.760*** (0.000)	6.733*** (0.000)	9.458*** (0.000)	3.319*** (0.000)	5.095*** (0.000)	11.614*** (0.000)
LM _{adj}	157.151*** (0.000)	191.273*** (0.000)	207.645*** (0.000)	140.269*** (0.000)	213.699*** (0.000)	151.896*** (0.000)
PANEL B						
Testler/Modeller			Model 1		Model 2	
LM			615.292*** (0.000)		577.368*** (0.000)	
CD _{LM}			12.872*** (0.000)		11.324*** (0.000)	
LM _{adj}			15.597*** (0.000)		13.996*** (0.000)	
PANEL C						
Testler/Modeller			Model 1		Model 2	
Delta Tilde			15.687*** (0.000)		14.299*** (0.000)	
Delta Tilde _{adj}			17.379*** (0.000)		16.214*** (0.000)	

Not: Tablo içi değerler istatistikleri, parantez içi değerler olasılık değerleridir. ***, ** ve * işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Sabitli model kullanılmış ve tüm değişkenler için gecikme uzunluğu “1” olarak elde edilmiştir.

Tablo 6’da Panel A’da yer alan sonuçlara göre her iki modelde de yer alan tüm değişkenler için %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak YKB’nin varlığı tespit edilmiştir. Panel B sonuçları göz önüne alındığında ise modele ait YKB sonuçlarının rapor edildiği görülmektedir. Her iki modelde de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak YKB’nin varlığı tespit edilmiştir. Son olarak Panel C’de verilen homojenlik sonuçlarına göre %1 anlamlılık seviyesinde homojenliğin varlığını belirten boş hipotezin reddedildiği görülmektedir. Bu sonuca göre modelin heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak hem kesitler arası bağımlılığın varlığı hem de heterojenliğin varlığına ulaşılmıştır. 1995-2021 dönemi ve 25 AB ülkesinden oluşan veri setine yönelik teorik beklentilerle ampirik sonuçların uyumlu olduğu değerlendirilmektedir.

3.2. Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Tablo 7’de hem YKB hem de heterojenliğin varlığında kullanılan Panel CIPS birim kök testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 7: Panel Birim Kök Testi Sonuçları: CIPS İstatistikleri

Düzyey	EAİ	EK	FG	ÇV	YE	EK*FG
C&T	-2.376	-2.419	-2.144	-2.167	-2.166	-2.539
Birinci Fark	ΔEAİ	ΔEK	ΔFG	ΔÇV	ΔYE	ΔEK*FG
C&T	-3.566***	-3.808***	-3.299***	-3.571***	-3.809***	-3.895***

Not: Maksimum gecikme uzunluğu t-istatistiğine göre belirlenmiş ve 2 alınmıştır. Serilerin CIPS istatistikleri için Pesaran (2007)’den elde edilen kritik değerler sabitli model için %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için sırasıyla -2.30, -2.15 ve -2.07 iken, sabit&trendli model için -2.81, -2.66 ve -2.58’dir. ***, **, ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Δ ile ilgili serilerin birinci farkı belirtilmektedir. “C&T” Sabitli&trendli modeli ifade etmektedir.

Tablo 7’de sabitli&trendli model sonuçları rapor edilmiştir. Panel birim kök test testinin düzey sonuçları incelendiğinde bağımlı değişken olan EAI’nin birim kök sürece sahip olduğu görülmüştür. Benzer şekilde EK, FG, ÇV, YE ve EK*FG değişkenlerinin de düzeyde birim köklü oldukları tespit edilmiştir. Değişkenlerin tamamının sabitli&trendli modelde birinci farkta durağan olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre tüm değişkenlerin I(1) olduğu belirlenmiş ve uzun dönemli ilişkinin araştırılacağı panel eşbütünleşme testlerinin ön koşulunun sağlandığını ortaya koymuştur.

3.3. Panel Eşbütünleşme Analizlerine İlişkin Sonuçlar

Değişkenler arasındaki uzun dönemli etkileşim sıfır hipotezinin eşbütünleşmenin varlığı üzerine kurulan D-H eşbütünleşme analiziyle incelenmiş ve ulaşılan bulgular Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8: Panel Eşbütünleşme Analizine İlişkin Bulgular

D-H Eşbütünleşme Testi (H_0: Eşbütünleşme yoktur)	Model 1	Model 2
D- H Grup İstatistiği	-2.067** (0.018)	-1.982** (0.045)
D-H Panel İstatistiği	-1.894** (0.030)	-2.454*** (0.006)
LM Eşbütünleşme Testi (H_0: Eşbütünleşme yoktur)	Model 1	Model 2
Test İst.	Asimptotik	Bootstrap
6.973	(0.001)	(0.683)
7.117	(0.000)	(0.718)

Not: Tablo içi değerler istatistikleri, parantez içi değerler olasılık değerlerini ifade etmektedir. *** ve ** sırasıyla %1, %5 ve anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Bant genişliği “bandwith” Newey-West yöntemine göre seçilmiştir. Tüm olasılık hesaplamaları 10.000 bootstrap tekrarıyla elde edilmiştir. Asimptotik hesaplamalarda, normal dağılım dikkate alınmıştır. Öncül ve gecikme değerleri bir olarak alınmıştır. Sabitli&trendli model dikkate alınmıştır.

Tablo 8’de iki farklı eşbütünleşme testi sonuçları verilmiştir. D-H eşbütünleşme testi bulguları incelendiğinde hem heterojen hem de homojen veri setine uygun sonuçların yer aldığı görülmektedir. Önsel analizlere göre, her iki modelin de heterojen yapıda olduğu göz önüne alındığında D-H Grup istatistiklerinin rapor edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla her iki model için de eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını ileri süren sıfır hipotez reddedilmiştir. Daha açık bir ifadeyle eşbütünleşmenin varlığına ulaşılmıştır. Panel LM eşbütünleşme test bulguları incelendiğinde D-H eşbütünleşme testine benzer biçimde homojen ve heterojenliğe izin veren bir test sonuçları sunulmaktadır. Heterojen yapının varlığı dikkate alındığında eşbütünleşmenin varlığını ifade eden sıfır hipotezin reddedilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Ulaşılan bu bulgular, her iki modelde de uzun dönemli ilişkinin varlığına işaret etmektedir.

3.4. Panel Eşbütünleşme Tahmin Sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde 25 AB ülkesinde panelin bütününe yönelik olarak uzun dönemli katsayılar tahmin edilmiştir. Öncelikle AMG sonuçları incelenmektedir. Sonrasında tahmin bulgularının sağlamlığı için CCE tahmincisinden yararlanılmaktadır. Tablo 9’da AMG panel bulguları sunulmuştur.

Tablo 9: AMG Sonuçları

Model	Değişken	Katsayı	İst.
Model 1	EK	0.7341369***	0.1867382 (0.000)
	FG	0.292475**	0.1404954 (0.037)
	ÇV	-0.5007791**	0.2415208 (0.038)
	YE	-0.3366299***	0.088836 (0.001)
Model 2	EK	0.3081875**	0.1206291 (0.011)
	FG	0.2350678*	0.1307597 (0.072)
	ÇV	-0.3706234***	0.1117848 (0.001)
	YE	-0.2486682**	0.1259683 (0.048)
	EK*FG	-0.3262538**	0.1279483 (0.011)

Not: *, ** ve *** işaretleri sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir. Parantez içi değerler olasılık değerleridir.

Tablo 9'da Model 1 ve Model 2'ye ilişkin AMG panel sonuçları yer almaktadır. Model 1 sonuçlarına göre EK, FG, ÇV ve YE'deki %1'lik artış EAI'yi sırasıyla %0.73 artırmakta; %0.29 artırmakta; %0.50 düşürmekte ve %0.34 oranında düşürmektedir. Model 2 sonuçları incelendiğinde EK, FG, ÇV, YE ve EK*FG'deki %1'lik artış EAI'yi sırasıyla %0.31 artırmakta; %0.23 artırmakta; %0.37 düşürmekte; %0.25 düşürmekte ve %0.33 oranında düşürmektedir. Model 2'de yer alan ve EK ile FG'nin EAI üzerindeki etkileşimli etkisini gösteren EK*FG değişkenin katsayısının pozitif olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu endeksin modele dâhil edilmediği durumda EK ve FG'nin EAI'yi artırıcı etkisi bulunmasına rağmen etkileşimli etkinin EAI'yi düşürmesi önemli bir ayrışım noktasını ortaya koymuştur. Söz konusu sonuçların sağlamlığı ise CCE testiyle araştırılmaktadır. Tablo 10'da CCE bulguları verilmiştir.

Tablo 10: CCE Sonuçları (Sağlamlık)

Model	Değişken	Katsayı	İst.
Model 1	EK	0.7120537***	0.2439939 (0.004)
	FG	0.319264*	0.1907162 (0.094)
	ÇV	-0.5278839*	0.2910096 (0.070)
	YE	-0.3866757***	0.143125 (0.007)
Model 2	EK	0.3867312**	0.1583209 (0.015)
	FG	0.2233925*	0.1246004 (0.073)
	ÇV	-0.4465596**	0.2025154 (0.027)
	YE	-0.3373649***	0.1302985 (0.007)
	EK*FG	-0.2111125**	0.1044387 (0.043)

Not: *, ** ve *** işaretleri sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir. Parantez içi değerler olasılık değerleridir.

Tablo 10'daki sonuçlar AMG bulgularına benzer biçimde sunulmaktadır. CCE sonuçlarına göre Model 1'de EK, FG, ÇV ve YE'deki %1'lik artış EAI'yi sırasıyla %0.71 artırmakta; %0.32 artırmakta; %0.53 düşürmekte ve %0.39 düşürmektedir. Model 2 sonuçları incelendiğinde ise EK, FG, ÇV, YE ve EK*FG'deki %1'lik artış EAI'yi sırasıyla %0.39 artırmakta; %0.22 artırmakta; %0.45

düşürmekte; %0.34 düşürmekte ve %0.21 düşürmektedir. AMG sonucuna benzer sonuçların tespit edildiği CCE'de EK*FG değişkeninin katsayısının yine pozitif olduğu tespit edilmiştir. Gerek heterojenliği gerekse YKB'yi dikkate alan AMG ve CCE tahmincilerinin benzer sonuçlar ortaya koyması bulguların sağlamlığı açısından önemli görülmektedir.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çevresel kirlilik küresel ölçekli bir sorundur. Bu sorunun çözümü için ulusal ve uluslararası alanda tartışmalar devam etmektedir. Sorunun çözümünde ilk olarak çevresel kirliliğin doğru ölçümü ve tespiti gereklidir. Bu kapsamda ilgili literatürde sıklıkla CO₂ emisyonu değişkeninden yararlanılmıştır. Ancak son dönemde kullanılan ekolojik ayak izi, çevresel kirliliğin daha kapsamlı bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada çevresel kirliliğin göstergesi olarak ekolojik ayak izi değişkeninden yararlanılmıştır. Çalışmada ekolojik ayak izi ile ekonomik karmaşıklık, finansal gelişme, çevre vergileri ve yenilenebilir enerji değişkenlerinin etkileşimleri irdelenmiştir. Bu kapsamda iki farklı model kurulmuştur. İlk modelde söz konusu değişkenlerin bireysel etkileri analiz edilirken, ikinci modelde ekonomik karmaşıklık ile finansal gelişmenin etkileşimli etkileri irdelenmektedir. Analizler 25 AB ülkesine yönelik 1995-2021 dönemini kapsamaktadır.

Çalışmada heterojenliği ve YKB'yi dikkate alan panel veri yöntemleri ele alınmıştır. İlk olarak YKB ve homojenlik testi gerçekleştirilmiştir. YKB ve heterojenliğin varlığı tespit edilmiştir. Değişkenlere ait birim kök süreç, heterojenliği ve YKB'yi dikkate alan CIPS testleri ile araştırılmıştır. Panel birim kök bulguları analize dâhil edilen değişkenlerin birinci farklarında durağan olduklarına işaret etmiştir. Bu sonuç çerçevesinde uzun dönemli ilişkilerin araştırılması için gerekli şartlar sağlanmıştır. Uzun dönemli ilişkinin araştırılmasında iki farklı test kullanılmıştır. Her iki test sonucunda da uzun dönemli ilişkinin varlığına ulaşılmıştır. İki modele yönelik elde edilen bu sonuçlar ışığında ilgili değişkenlerin çevresel kirlilik üzerindeki etkileri tahmin edilmiştir. Bu kapsamda AMG tahmincisi ve CCE (sağlamlık) testlerinden yararlanılmıştır. Her iki tahmin sonuçları da genel olarak benzer bulguları ortaya koymuştur. Model 1'e ait özet sonuçlar; ekonomik karmaşıklığın ve finansal gelişmenin çevresel kirliliği artırdığını gösterirken çevre vergilerin ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kirliliği düşürdüğünü göstermiştir. Ekonomik karmaşıklığın çevre kirliliğini artırdığı sonucu Neagu (2020), Shahzad vd. (2021), Rafique vd. (2022b), Arnaut ve Dada (2022) ile Taşdemir ve Topcu (2024) çalışmaları ile uyumludur. Finansal gelişmenin çevresel kirliliği artırması ise Islam vd. (2013), Farhani ve Öztürk (2015), Salahuddin vd. (2018), Khezri vd. (2021), Güneysu (2023) ile Yıldız (2023) çalışmaları ile benzerlik göstermektedir. Çevre vergilerinin çevre kirliliğini düşürdüğü sonucu ise Morley (2012), Mardones ve Baeza (2018), Rafique vd. (2022a), Obobisa ve Ahakwa (2024) ile Yağlıkara (2025) çalışmalarıyla örtüşmektedir. Model 1'de elde edilen son bulgu olan yenilenebilir enerjinin çevre kirliliğini düşürdüğü bulgusu ise Sahoo ve Sethi (2021), Li vd. (2022) ve Zahid vd. (2025) çalışmaları ile benzerdir. Model 2 sonuçları ise özetle ekonomik karmaşıklık ve finansal gelişmenin çevre sağlığını negatif, çevre vergileri ve yenilenebilir enerji tüketiminin ise çevre sağlığını pozitif etkilediğini göstermiştir. Model 2'de yer alan ekonomik karmaşıklık ve finansal gelişmenin çevre üzerindeki etkileşimli etkisi ise pozitif gerçekleşmiştir. Daha açık bir ifadeyle finansal gelişme ve ekonomik karmaşıklık arasındaki moderatör etki çevresel kirliliği azaltmaktadır. Bu sonucun analiz edilen ülke grubu ile ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. AB ülkelerinin ekonomik karmaşıklık açısından önemli adımlar attığı bilinmektedir. Bu durum kompleks üretim yapılarını beraberinde getirmektedir. Bu süreçte yüksek teknoloji ve sermaye yoğunluğu öne çıkmaktadır. Finansal gelişme, çevre dostu teknolojileri destekleyen kaynaklara yatırımları artırmaktadır. Ekonomik karmaşıklığın yüksek olduğu üretim yapılarında finansal kaynakların teknoloji yoğun ve yenilikçi sektörleri destekleyeceği göz önüne alındığında çevresel kalitenin artacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle politika geliştiricilerin çevresel kirliliğin azaltılmasında finansal gelişmeye yönelik politikaları ile ekonomik karmaşıklık politikalarını birlikte değerlendirmeleri önerilmektedir. Politika geliştiricilerin ekonomik karmaşıklığın çevre üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan

kaldırmak amacıyla finansal gelişmeyi desteklemeye yönelik politikalar izlemesi önemlidir. Elde edilen bu sonuç iki yönüyle ilgili literatürde eşsizdir. İlk olarak AB ülkelerinde ekonomik karmaşıklık ve finansal gelişmenin bireysel olarak çevreyi kirlettiği, ikinci olarak ise söz konusu değişkenlerin etkileşimli etkilerinin çevre kalitesini artırmasıdır. İlgili sonuçlar AB ülkelerinde ekonomik karmaşıklık sürecinde finansal gelişmenin önemini vurgulamaktadır. Diğer yandan finansal gelişme sürecinde ekonomik karmaşıklığın önemi tespit edilmektedir. Bu sonuçların heterojen yapıyı ihtiva eden 25 AB ülkesine yönelik olması birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomi açısından da ön bulgu niteliği taşıyabileceğine işaret etmektedir. Bu kapsamda çevre vergileri ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kirliliği düşürücü etkileri göz önüne alınarak ilgili teşvik mekanizmaları ve sürdürülebilirlik sağlanmalıdır. Üretim sürecinin sürdürülebilirliği ve ekonomik karmaşıklığın finansal gelişme ile birlikte ele alınması çevresel sorunların en aza indirilebilmesi açısından önemlidir.

Bu çalışmayı izleyen araştırmalarda gelişmekte olan ekonomiler özelinde çevresel kirliliğin azaltılmasında ekonomik karmaşıklığın ve finansal gelişmenin ortak etkilerinin incelenmesi önerilmektedir. Diğer yandan ülke grupları kıyaslamaları dışında ülkeler özelinde de tahminlerin yapılması doğrudan ülkeler için politik çıkarımlara yol açabilir. Bu bağlamda zaman serisi metodolojileri kullanılabilir ya da panel veri setinde yer alan ülke gruplarına ait katsayılar elde edilebilir. Ayrıca ticari ve finansal dışa açıklık göstergeleri ile model genişletilerek daha kapsamlı bir analiz gerçekleştirilebilir.

Kaynakça

- Abbasi, K. R., Lv, K., Radulescu, M. ve Shaikh, P. A. (2021). Economic complexity, tourism, energy prices, and environmental degradation in the top economic complexity countries: fresh panel evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 68717-68731.
- Adebayo, T. S., Rjoub, H., Akadiri, S. S., Oladipupo, S. D., Sharif, A. ve Adeshola, I. (2022). The role of economic complexity in the environmental Kuznets curve of MINT economies: evidence from method of moments quantile regression. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 24248-24260.
- Afşar, M. ve Yüksel, G. Ö. (2022). Küreselleşme, finansal gelişme ve karbon emisyonları ilişkisi: Türkiye üzerine asimetrik kanıtlar. *Sakarya İktisat Dergisi*, 11(4), 428-449.
- Aldy, J. E. (2005). An environmental Kuznets curve analysis of US state-level carbon dioxide emissions. *The Journal of Environment & Development*, 14(1), 48-72.
- Aluko, O. A., Opoku, E. E. O. ve Acheampong, A. O. (2023). Economic complexity and environmental degradation: Evidence from OECD countries. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 2767-2788.
- Arnaut, M. ve Dada, J. T. (2022). Exploring the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint: new insights from the United Arab Emirates. *International Journal of Energy Sector Management*, 17(6), 1137-1160.
- Atlas of Economic Complexity, (2025). Country & product complexity rankings. Erişim adresi <https://atlas.cid.harvard.edu/rankings> (Erişim tarihi: 18.03.2025)
- Balsalobre-Lorente, D., Nur, T., Topaloğlu, E. E. ve Evcimen, C. (2024). Assessing the impact of the economic complexity on the ecological footprint in G7 countries: fresh evidence under human development and energy innovation processes. *Gondwana Research*, 127, 226-245.
- Bayar, Y. ve Şaşmaz, M. Ü. (2016). Karbon vergisi, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisi: Danimarka, Finlandiya, Hollanda, İsveç ve Norveç örneği. *International Journal of Applied Economic and Finance Studies*, 1(1), 32-41.

- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I. ve Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied energy*, 162, 733-741.
- Birleşmiş Milletler (BM), (2004). Climate action. Erişim adresi <https://www.un.org/en/climatechange/raising-ambition/renewable-energy> (Erişim tarihi: 08.04.2025)
- Boleti, E., Garas, A., Kyriakou, A. ve Lapatinas, A. (2021). Economic complexity and environmental performance: evidence from a world sample. *Environmental Modeling & Assessment*, 26(3), 251-270.
- Breusch, T. S. ve Pagan, A. R. (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Bucak, Ç. (2022). G8 ülkelerinde ve Türkiye'de ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi ilişkisi: Toda-Yamamoto nedensellik testi analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 22(1), 1-16.
- Can, M., ve Gozgor, G. (2017). The impact of economic complexity on carbon emissions: evidence from France. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 16364-16370.
- Castiglione, C. (2014). Environmental taxation in Europe: What does it depend on?. *Cogent Economics & Finance*, 2(1), 1-8.
- Chen, J., Luo, Q., Tu, Y., Ren, X., ve Naderi, N. (2023). Renewable energy transition and metal consumption: dynamic evolution analysis based on transnational data. *Resources Policy*, 85, 104037.
- Chudik, A. ve Pesaran, M. H. (2013). Large panel data models with cross-sectional dependence: a survey. *CAFE Research Paper*, 1-55. Erişim adresi <https://www.dallasfed.org/~media/documents/research/international/wpapers/2013/0153.pdf> (Erişim tarihi: 08.04.2025)
- Dar, J. A., ve Asif, M. (2018). Does financial development improve environmental quality in Turkey? An application of endogenous structural breaks based cointegration approach. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 29(2), 368-384.
- Diodato, D., Napolitan, L., Pugliese E. ve Tacchella A. (2024). Handbook of economic complexity for policy. *Avrupa Komisyonu Raporu*. Erişim adresi <https://data.europa.eu/doi/10.2760/9006857> (Erişim tarihi: 08.04.2025)
- Doğan, B., Saboori, B. ve Can, M. (2019). Does economic complexity matter for environmental degradation? an empirical analysis for different stages of development. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 31900-31912.
- Durusoy, Ö. T. (2024). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonomik karmaşıklık (complexity) ile çevresel bozulma arasındaki ilişki: 2003-2023 yılları için panel veri analizi. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(4), 922-936.
- Eberhardt, M. ve Bond, S. (2009). Cross-sectional dependence in non-stationary panel models: a novel estimator. *MPRA Paper* No. 17870.
- EEA (European Environment Agency). (2024). Renewable energy. Erişim adresi <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/renewable-energy> (Erişim tarihi: 08.04.2025)
- Fan, L., Usman, M., Haseeb, M., ve Kamal, M. (2024). The impact of financial development and energy consumption on ecological footprint in economic complexity-based EKC framework: New evidence from BRICS-T region. In *Natural Resources Forum*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

- Farhani, S. ve Öztürk, I. (2015). Causal relationship between CO₂ emissions, real GDP, energy consumption, financial development, trade openness and urbanization in Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), 15663-15676.
- Global Footprint Network (2025) Ecological footprint. Erişim adresi https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.94618268.1045866411.1717501777-1838050827.1717501777#/countryTrends?type=BCpc,EFCpc&cn=351 (Erişim tarihi: 18.03.2025)
- Güneysu, Y. (2023). Türkiye’de finansal gelişme, küreselleşme ve sanayileşmenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(3), 934-946.
- Hassan, S. T., Batool, B., Wang, P., Zhu, B. ve Sadiq, M. (2023). Impact of economic complexity index, globalization, and nuclear energy consumption on ecological footprint: first insights in OECD context. *Energy*, 263, 125628.
- Hausmann, R., Santos, M., Macchiarelli, C. ve Giacon, R. (2021). What economic complexity theory can tell us about the EU’s pandemic recovery and resilience plans. *SSRN* 3969724. Erişim adresi https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3969724 (Erişim tarihi: 08.04.2025)
- He, P., Ning, J., Yu, Z., Xiong, H., Shen, H., ve Jin, H. (2019). Can environmental tax policy really help to reduce pollutant emissions? An empirical study of a panel ARDL model based on OECD countries and China. *Sustainability*, 11(16), 4384.
- Hidalgo, C. A. ve Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570-10575.
- Ikram, M., Xia, W., Fareed, Z., Shahzad, U. ve Rafique, M. Z. (2021). Exploring the nexus between economic complexity, economic growth and ecological footprint: contextual evidences from Japan. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101460.
- IMF (2025). Access to economic and financial data. Erişim adresi <https://data.imf.org/?sk=f8032e80-b36c-43b1-ac26-493c5b1cd33b&sid=1480712464593> (Erişim tarihi: 18.03.2025)
- IRENA (2021). Europe. Erişim adresi <https://www.irena.org/How-we-work/Europe> (Erişim tarihi: 08.04.2025)
- Islam, F., Shahbaz, M., Ahmed, A. U. ve Alam, M. M. (2013). Financial development and energy consumption nexus in Malaysia: a multivariate time series analysis. *Economic Modelling*, 30, 435-441.
- Jänicke, M., Mönch, H., Ranneberg, T. ve Simonis, U. E. (1989). Economic structure and environmental impacts: East-West comparisons. *Environmentalist*, 9(3), 171-183.
- Kartal, M. T. (2022). The role of consumption of energy, fossil sources, nuclear energy, and renewable energy on environmental degradation in top-five carbon producing countries. *Renewable Energy*, 184, 871-880.
- Kayani, G. M., Ashfaq, S. ve Siddique, A. (2020). Assessment of financial development on environmental effect: implications for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 261, 120984.
- Khezri, M., Karimi, M. S., Khan, Y. A. ve Abbas, S. Z. (2021). The spillover of financial development on CO₂ emission: A spatial econometric analysis of Asia-Pacific countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111110.
- Kılınç, E. C., ve Altıparmak, H. (2020). Çevre vergilerinin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi üzerine bir uygulama. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 217-227.

- Kırıkkaleli, D. ve Sofuoğlu, E. (2023). Does financial stability matter for environmental degradation?. *Geological Journal*, 58(9), 3268-3277.
- Koçak, E. (2017). Finansal gelişme çevresel kaliteyi etkiler mi? Yükselen piyasa ekonomileri için ampirik kanıtlar. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(3), 535-552.
- Lapatinas, A., Garas, A., Boleti, E. ve Kyriakou, A. (2019). Economic complexity and environmental performance: evidence from a world sample. *MPRA Paper* No. 92833. Erişim adresi <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/92833/> (Erişim tarihi: 08.04.2025)
- Laverde-Rojas, H. ve Correa, J. C. (2021). Economic complexity, economic growth, and CO₂ emissions: a panel data analysis. *International Economic Journal*, 35(4), 411-433.
- Li, R., Wang, X. ve Wang, Q. (2022). Does renewable energy reduce ecological footprint at the expense of economic growth? An empirical analysis of 120 countries. *Journal of Cleaner Production*, 346, 131207.
- Lv, Z. ve Li, S. (2021). How financial development affects CO₂ emissions: a spatial econometric analysis. *Journal of Environmental Management*, 277, 111397.
- Magazzino, C., Toma, P., Fusco, G., Valente, D. ve Petrosillo, I. (2022). Renewable energy consumption, environmental degradation and economic growth: the greener the richer?. *Ecological Indicators*, 139, 108912.
- Mardones, C. ve Baeza, N. (2018). Economic and environmental effects of a CO₂ tax in Latin American countries. *Energy Policy*, 114, 262-273.
- Morley, B. (2012). Empirical evidence on the effectiveness of environmental taxes. *Applied Economics Letters*, 19(18), 1817-1820.
- Neagu, O. (2020). Economic complexity and ecological footprint: evidence from the most complex economies in the World. *Sustainability*, 12, 1-18.
- NRDC (2022). Fossil fuels: the dirty facts. Erişim adresi <https://www.nrdc.org/stories/fossil-fuels-dirty-facts> (Erişim tarihi: 08.04.2025)
- Obobisa, E. S. ve Ahakwa, I. (2024). Stimulating the adoption of green technology innovation, clean energy resources, green finance, and environmental taxes: The way to achieve net zero CO₂ Emissions in Europe?. *Technological Forecasting and Social Change*, 205, 123489.
- OECD (2025). Environmental tax. Erişim adresi <https://www.oecd.org/en/data/indicators/environmental-tax.html> (Erişim tarihi: 18.03.2025)
- Özbek, S. (2023). Sürdürülebilir çevre: çevre teknolojileri ve vergileri kapsamında ekonometrik bir inceleme. *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(Prof. Dr. Muammer Erdoğan Anısına Kongre Özel Sayısı), 63-91.
- Özbek, S. ve Naimoğlu, M. (2022). Çevre kalitesi-ekonomik karmaşıklık ilişkisi: Türkiye ekonomisi üzerine fourier eşbütünleşme analizi. *İstanbul İktisat Dergisi*, 72(1), 407-431.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *Cambridge Working Papers. Economics*, 1240(1), 1-40.
- Pesaran, M. H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, 74(4), 967-1012.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pesaran, M. H. ve Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50-93.

- Pesaran, M. H., Ullah, A. ve Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Rafique, M. Z., Fareed, Z., Ferraz, D., Ikram, M. ve Huang, S. (2022a). Exploring the heterogenous impacts of environmental taxes on environmental footprints: an empirical assessment from developed economies. *Energy*, 238, 121753.
- Rafique, M. Z., Nadeem, A. M., Xia, W., Ikram, M., Shoaib, H. M. ve Shahzad, U. (2022b). Does economic complexity matter for environmental sustainability? Using ecological footprint as an indicator. *Environment, Development and Sustainability*, 24(4), 4623-4640.
- Sahoo, M. ve Sethi, N. (2021). The intermittent effects of renewable energy on ecological footprint: evidence from developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(40), 56401-56417.
- Salahuddin, M., Alam, K., Öztürk, I. ve Sohag, K. (2018). The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO₂ emissions in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2002-2010.
- Saqib, N., Radulescu, M., Usman, M., Balsalobre-Lorente, D. ve Cilan, T. (2023). Environmental technology, economic complexity, renewable electricity, environmental taxes and CO₂ emissions: Implications for low-carbon future in G-10 bloc. *Heliyon*, 9(6), e16457.
- Sezer, Ö. ve Dökmen, G. (2018). Kirlenen öder ilkesi çerçevesinde Türkiye’de çevre vergileri ve negatif dışsallıklar sorunu. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (57), 163-181.
- Shahbaz, M., Hye, Q. M. A., Tiwari, A. K., ve Leitão, N. C. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO₂ emissions in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109-121.
- Shahbaz, M., Zeshan, M. ve Afza, T. (2012). Is energy consumption effective to spur economic growth in Pakistan? New evidence from bounds test to level relationships and Granger causality tests. *Economic Modelling*, 29(6), 2310-2319.
- Shahzad, U., Fareed, Z., Shahzad, F. ve Shahzad, K. (2021). Investigating the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint for the United States: new insights from quantile methods. *Journal of Cleaner Production*, 279, 1-14.
- Tabash, M. I., Farooq, U., Aljughaiman, A. A., Wong, W. K. ve AsadUllah, M. (2024). Does economic complexity help in achieving environmental sustainability? New empirical evidence from N-11 countries. *Heliyon*, 10(11).
- Tamazian, A. ve Rao, B. B. (2010). Do economic, financial and institutional developments matter for environmental degradation? Evidence from transitional economies. *Energy Economics*, 32(1), 137-145.
- Tamazian, A., Chousa, J. P. ve Vadlamannati, K. C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries. *Energy Policy*, 37(1), 246-253.
- Taşdemir, S. Z. ve Topcu, E. (2024). Ekonomik karmaşıklık ve çevre: AB ülkeleri örneği. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(28), 627-641.
- Topaloğlu, E. E., Balsalobre-Lorente, D., Nur, T. ve Ege, İ. (2025). The relevance of financial development, natural resources, technological innovation, and human development for carbon and ecological footprints: fresh evidence of the resource curse hypothesis in G-10 countries. *Sustainability*, 17(6), 2487.
- Tuna, G., Türkay, K., Çiftçiyıldız, S. S. ve Çelik, H. (2024). The impact of financial tools in environmental degradation management: the relationship between CO₂ emission and ESG funds. *Environment, Development and Sustainability*, 26(6), 14941-14956.

- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 26-37.
- Usman, O., Alola, A. A. ve Sarkodie, S. A. (2020). Assessment of the role of renewable energy consumption and trade policy on environmental degradation using innovation accounting: Evidence from the US. *Renewable Energy*, 150, 266-277.
- Westerlund, J. (2008). Panel cointegration tests of the Fisher effect. *Journal of Applied Econometrics*, 23(2), 193-233.
- Westerlund, J. ve Edgerton, D. L. (2007). A panel bootstrap cointegration test. *Economics Letters*, 97(3), 185-190.
- World Bank (2025). World development indicators online database. Erişim adresi <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Erişim tarihi: 18.03.2025)
- Yağlıkara, A. (2025). Enerji verimliliği ve çevresel vergiler İskandinav ülkelerinde ekolojik ayak izini azaltmada etkili mi? Panel kantil regresyon analizi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 60(1), 366-381.
- Yavuz, E. (2021). Çevre vergileri ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki: Türkiye üzerine kanıtlar. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 7(45), 1937-1945.
- Yılcı, V., ve Pata, U. K. (2020). Investigating the EKC hypothesis for China: The role of economic complexity on ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 32683-32694.
- Yıldız, M. (2023). Türkiye'nin karbon nötrlüğü hedefinde ekonomik faktörlerin rolü. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 102-129.
- Zahid, K., Ali, Q., Iqbal, Z., Saghir, S. ve Khan, M. T. I. (2025). Dynamics between economic activities, eco-friendly energy and ecological footprints: a fresh evidence from BRICS countries. *Kybernetes*, 54(3), 1643-1659.
- Zeb, R., Salar, L., Awan, U., Zaman, K. ve Shahbaz, M. (2014). Causal links between renewable energy, environmental degradation and economic growth in selected SAARC countries: progress towards green economy. *Renewable Energy*, 71, 123-132.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde BİİBFAD Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına aittir.

Yazar Katkıları: Yazarlar çalışmada konunun belirlenmesi, literatür, veri analizi ve raporlama bölümlerinde katkı sağlamıştır. 1. yazarın katkı oranı %50, 2. yazarın katkı oranı ise %50'dir.

Çıkar Beyanı: Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Teşekkür: Gösterdikleri yoğun ilgi ve emeklerinde dolayı BİİBFAD Dergisi Editör Kurulu'na ve sağladıkları katkılarında dolayı hakemlere teşekkür ederiz.

Exploring the Shared Dynamics of Economic Complexity and Financial Development in Environmental Degradation: Fresh Evidence from the European Union

Extended Abstract

Aim: This study aims to explore the mediating effect of financial development on the relationship between economic complexity and environmental degradation in EU. In this context, the effects of renewable energy and environmental taxes on environmental degradation are also analyzed.

Methods: In the methodology section, we first investigate whether there is cross-sectional dependence (CSD) in the variables and the model and whether the slope parameter is homogeneous. Then, unit root process is investigated with the second generation CADF test that takes into account the CSD. It is found that the dependent variable EIA is stationary at difference, but the explanatory variables are stationary at level and difference. In this case, “D-H Cointegration Test” is used to determine the long-run relationship between the variables. In the last stage, the long-run coefficients are determined by the AMG method. These coefficients are strengthened by CCE robustness tests.

Findings: AMG estimator and CCE (robustness) tests are used to determine the relationships between variables. Both estimation results reveal generally similar findings. The summary results of Model 1 show that economic complexity and financial development increase environmental degradation, while environmental taxes and renewable energy consumption decrease environmental pollution. Model 2 results show that economic complexity and financial development negatively affect environmental quality, while environmental taxes and renewable energy consumption have a positive effect on environmental quality. The negative effects of economic complexity and financial development in Model 2 are realized at a lower level compared to Model 1. The interactive effect of economic complexity and financial development on the environmental quality in Model 2 is positive. In other words, the moderating effect between financial development and economic complexity reduces environmental degradation.

Conclusion and Discussion: It is recommended that policymakers should consider financial development policies and economic complexity policies together to reduce environmental degradation. It is crucial for policymakers to pursue policies to support financial development to eliminate the negative effects of economic complexity on the environmental quality. This result is unique in the literature in two aspects. First, economic complexity and financial development individually pollute the environment in EU countries, and second, the interactive effects of these variables improve environmental quality. The related results emphasize the importance of financial development in the process of economic complexity in EU countries. On the other hand, the importance of economic complexity in the process of financial development is identified. The fact that these results are for 25 EU countries with a heterogeneous structure indicates that they may be preliminary findings for many developed and developing economies. In this context, relevant incentive mechanisms and sustainability should be ensured by considering the pollution-reducing effects of environmental taxes and renewable energy consumption. It is important to consider the sustainability of the production process and economic complexity together with financial development to minimize environmental problems.