



Cilt / Volume: 14, Sayı / Issue: 28, Sayfalar / Pages: 627-641

Araştırma Makalesi / Original Article

Received / Alınma: 02.06.2024

Accepted / Kabul: 15.07.2024

EKONOMİK KARMAŞIKLIK VE ÇEVRE: AB ÜLKELERİ ÖRNEĞİ*

Selin ZENGİN TAŞDEMİR¹

Ebru TOPCU²

Öz

Hava, su, toprak gibi kaynakların tükenmesi yoluyla ekosistemin zarar görmesi olarak adlandırılan çevresel bozulma küresel bir tehdit olarak algılanmaktadır. Dolayısıyla, ülkeler sürdürülebilirliği tehdit eden çevresel bozulmanın risklerini ortadan kaldırmak için çeşitli politikalar uygulamaktadır. Bu bağlamda çevreyi tehdit eden unsurların belirlenmesi sürdürülebilir bir çevre politikası açısından önem arz etmektedir. Literatürde çevre üzerinde etkisi olduğu kanıtlanan birçok unsur bulunmaktadır. Bu unsurlardan biri de ekonomik karmaşıklığıdır (economic complexity). Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI-Economic Complexity Index) ülkelerin üretim kapasitelerine odaklanmakta ve ülkelerin üretim yeteneklerinin bir ölçütü kabul edilmektedir. Ekonomilerin daha karmaşık endüstrilere doğru çeşitlendiği bu yapısal sürecin çevre üzerinde de doğrudan etkileri bulunmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın amacı, 1998-2020 dönemini içeren verilerle ekonomik karmaşıklık ve çevresel bozulma arasındaki ilişkinin AB ülkeleri için sabit etkili Driscoll-Kraay yöntemiyle incelenmesidir. Elde edilen ampirik bulgular, ekonomik karmaşıklığın çevresel bozulma üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma, bir ülkenin çevresel performansının ihraç ettiği ürünlerin karışımıyla yüksek düzeyde ilişkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Karmaşıklık, Çevre, Panel Veri, AB Ülkeleri

Jel Kodları: F18, P18, Q56.

* Bu çalışma, 09-11 Kasım 2023 Tarihleri arasında Kütahya'da düzenlenen "EMIDWORLD 1st International Congress on Economics Public Finance Business & Social Sciences" sempozyumunda sunulan özet bildirinin genişletilmiş halidir.

¹Dr. Öğr. Üyesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü E-posta: szengin@nevsehir.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9351-3010. Telefon:05055909231.

²Doç. Dr. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, E-posta: ebuerdogan@nevsehir.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3572-7552. Telefon: 05384002820.

Atıf/Citation

Zengin Taşdemir, S., & Topcu, E. (2024). Ekonomik karmaşıklık ve çevre: AB ülkeleri örneği. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(28), 627-641.

ECONOMIC COMPLEXITY AND ENVIRONMENT: THE CASE OF EU COUNTRIES***Abstract***

Environmental degradation, which is the damage to the ecosystem through the depletion of resources such as air, water and soil, is perceived as a global threat. Therefore, countries are implementing various policies to eliminate the risks of environmental degradation that threatens sustainability. In this context, determining the elements that threaten the environment is important for a sustainable environmental policy. There are many elements in the literature that have been proven to have an impact on the environment. One of these elements is economic complexity. "Economic Complexity Index (ECI)" focuses on the production capacities of countries and is considered a measure of the production capabilities of countries. This structural process, in which economies diversify into more complex industries, also has direct effects on the environment. In this context, the aim of the study is to examine the relationship between economic complexity and environmental degradation with data covering the period 1998-2020 using the fixed-effect Driscoll-Kraay method for EU countries. Empirical findings have revealed that economic complexity has a positive impact on environmental degradation. The study shows that a country's environmental performance is highly related to the mix of products it exports.

Keywords: Economic Complexity, Environment, Panel Data, EU Countries

Jel Codes: F18, P18, Q56.

1. GİRİŞ

Küresel ekonomiler, yeni teknolojiler ve ekonomilerin modernizasyonu nedeniyle giderek daha karmaşık hale gelmiştir. Yeni teknolojilerin sektörleri ve endüstrileri kökten dönüştürmeye başlamasıyla birlikte, ülkelerin ekonomik yapıları üzerindeki rolü de artmıştır (Lewis, 2013,s.14). Üretken yapının bu dönüşümü ve sanayileşme süreci, enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını da arttırmaktadır (Madlener & Sunak, 2011, s.45). Ekonomik olarak büyümenin ve gelişmenin kaçınılmaz sonucu olarak görülün çevre tahribatı da, günümüzde önemli bir tartışmayı beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, 1992 Rio Dünya Zirvesi'nden bu yana, ekonomik olarak gelişmeye ilişkin politikaların hedefinde, çevrenin korunmasının önemi yer almaktadır (Bowen & Hepburn, 2014, s. 408; Mealy & Teytelboym, 2022, s.3). Dolayısıyla, üretim faktörlerinin geleneksel ekonomik faaliyetlerden modern ekonomik faaliyetlere doğru yeniden tahsisi, kirliliği azaltmanın ve daha temiz enerji üretmenin (güneş panelleri, hidroelektrik gibi), yeni araçların geliştirilmesi yoluyla da olumlu etkilere sahip olabilmektedir (Boleti vd., 2021, s.252).

Günümüz ekonomilerindeki bu yapısal dönüşümün çevreyi çeşitli şekillerde etkileyebileceği açıkça ortaya çıkmaktadır. Yapısal dönüşüm sürecinin çevresel anlamda net etkisini anlayabilmek için, ülkelerin "ürün alanını" (product space), yani uluslararası ticareti yapılan ürünlerin bilgi ağlarını ölçen "Ekonomik Karmaşıklık Endeksi" (Economic Complexity Index

- ECI) kullanılmaktadır. Ekonomik karmaşıklığın ölçüsü, bir ülkenin üretken yapısında, diğer ülkelerin ihraç edilen mallarının karmaşıklığına göre, kendi ihraç edilen mallarının karmaşıklıklarını ve ülkelerin endüstriyel yapılarındaki farklılıklarını hesaba katarak nicelleştirilmektedir (Abdon & Felipe, 2011, s.4; Cristelli vd., 2015, s.1; Hausmann vd., 2007, s.5; Hidalgo & Hausmann, 2009, s.10570;). İlk olarak Hidalgo & Hausmann (2009) tarafından literatürde yer verilen “ekonomik karmaşıklık”, bir ekonominin üretken yapısına gömülü olan bilgi miktarı şeklinde tanımlanmaktadır (Hausmann vd., 2011, s. 27). Karmaşık ekonomilerin üretken yapısına gömülü olan bu yüksek nitelikli bilginin, temiz üretim teknolojileri için gerekli olan bilgiyi de kapsadığı ileri sürülmektedir (Romero & Gramkow, 2021, s.139).

Uluslararası ticaret verileri kullanılarak oluşturulan Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI), bir ülkenin ürettiği ürünlerin bilgi bileşimini yani üretken yapısını ölçmektedir (Hausmann & Hidalgo, 2011, s.309). Ekonomik karmaşıklık, bir ülkenin ürettiği ürünlerin çeşitliliği ve karmaşıklığı, endüstrinin gelişmişliği ve işgücünün bilgi ve becerileri gibi faktörlerle ölçülen, bir ekonomideki gelişmişlik ve üretilen ürünlerin çeşitlilik düzeyini ifade etmektedir. Başka bir deyişle, daha yüksek bir ECI seviyesi, daha yüksek katma değerli ve daha karmaşık ürünler üretme ve ihraç etme konusunda daha yüksek bir kapasiteyi ifade etmektedir (Neagu, 2020, s. 3). Yüksek ECI'ya sahip ülkeler, yüksek ECI'ya sahip diğer ülkelere benzer ihracat sepetlerine sahiptir ve bu ülkeler, teknolojik açıdan gelişmiş ürünleri rekabetçi bir şekilde ihraç edebilen gelişmiş ekonomiler olma eğilimindedir. Buna karşılık, düşük ECI'ya sahip ülkeler, teknolojik açıdan daha az gelişmiş ürünlerle karakterize edilen ihracat sepetlerine sahiptir (Mealy vd., 2019, s.1). Hausmann vd. (2011, s. 19) geniş bir ülke grubu için ekonomik karmaşıklık endeksini hesaplamıştır. Bu endekse dayanarak, bir ülkedeki ekonomik karmaşıklığın zaman içinde gösterdiği değişiklikleri de değerlendirmek mümkün hale gelmektedir.

Ekonomilerin daha karmaşık endüstrilere doğru çeşitlendiği bu yapısal dönüşümün çevre üzerinde de doğrudan etkileri bulunmaktadır. Ekonomilerin sahip oldukları ekonomik karmaşıklık endeksi değeri, çevresel değer yaratıyor mu? Ekonomik karmaşıklık yapısı yüksek olan ülkeler çevreye faydalı ürünleri üretebilecek kapasiteye sahip mi? Bu sorulara cevap vermek amacıyla, bu çalışmada 1998-2020 dönemini içeren verilerle ekonomik karmaşıklık ve çevresel bozulma arasındaki ilişki Avrupa Birliği (AB) ülkeleri için analiz edilmektedir. AB'nin genel enerji politikası kapsamında üye ülkeler, enerji verimliliği, karbon emisyonlarının azaltılması, yenilenebilir kaynaklar ve karbonsuz ekonomiye dair varsayılan ulusal hedeflere ulaşmaya çalışmaktadır. Sürdürülebilir bir ekonomik büyüme oranı sağlamak

amacıyla ürünlerinin rekabet gücünü arttırma eğiliminde olan AB ülkeleri, yeni, gelişmiş, bilgi yoğun ürünler yaratmaya ilgi duymaktadır (Neagu, 2019, s.3). Ekonomik karmaşıklığın bu durumda, ülkelerin ekonomik büyümeleriyle bağlantılı olarak geliştiği gözlemlenmektedir. Ülkelerin gelir düzeyi, aynı zamanda ürettikleri ürünlerin üretken bilgi yapılarını da yansıtmaktadır (Hidalgo vd., 2007, s.482; Hidalgo & Hausmann, 2009, s. 10571). Ancak daha yoğun ekonomik karmaşıklık, daha yüksek kirlilik nedeniyle çevresel bozulmalara da neden olabilmektedir (Neagu & Teodoru, 2019, s.5). “Avrupa Birliği’nde 1970’li yıllardan bu yana çok çeşitli çevre mevzuatı uygulamaya konulmuştur. Çevre müktesebatı olarak da bilinen AB çevre hukukunun yapısı yaklaşık 500 direktif, düzenleme ve karardan oluşmaktadır. Aynı dönemde, Avrupa’nın çoğu yerinde çevre koruma düzeyi ölçülebilir düzeyde gelişmiştir. Belirli kirleticilerin havaya, suya ve toprağa emisyonları genel olarak önemli ölçüde azaltılmıştır. Avrupa Birliği’nin hava politikaları ve mevzuatı hem insan sağlığı hem de çevre açısından gerçek faydalar sağlamıştır. Aynı zamanda örneğin temiz teknoloji sektörü için ekonomik fırsatlar da sunduğu bilinmektedir. Çevre kalitesindeki bu genel ilerleme, sırasıyla 1995, 1999, 2005 ve 2010’da yayınlanan Avrupa’da çevre - durum ve genel görünüm (SOER) hakkındaki önceki dört raporla belgelenmiştir. Bu raporların tümü, genel olarak 'çevre politikasının önemli iyileştirmeler sağladığı [...] ancak, büyük çevresel zorlukların devam ettiği' sonucuna varmıştır (SOER, 2015, s.)”. Bununla birlikte, “Ocak 2019’da, Avrupa Komisyonu tarafından bölgesel kalkınma, endüstriyel yenilik ve rekabet edebilirlik konularında politikayla ilgili temaların ele alınmasına yardımcı olmak amacıyla Ekonomik Karmaşıklık çerçevesinin araçlarını kullanmak üzere yeni bir kurumsal faaliyet başlatılmıştır” (<https://iri.jrc.ec.europa.eu/areas-of-work/complexity>). Bu bağlamda, Avrupa Birliği’nin sürdürülebilir çevre (düşük karbon stratejisi) ve ekonomik karmaşıklığa yönelik ortak politika girişimleri dikkate alındığında söz konusu ilişkinin incelenmesi uygulanacak politikalara yol haritası belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Bilgimiz dahilinde, AB örneğinde çevresel bozulma ile ekonomik karmaşıklık arasındaki ilişkiyi inceleyen Neagu, (2019, s.3) ve Neagu & Teodoru (2019, s.5) çalışmaları dışında başka çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma söz konusu çalışmalardan yöntem açısından farklılaşmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Ekonomik karmaşıklığın, çevre üzerindeki rolünü inceleyen çalışmalar; ekonomik karmaşıklık veya ürünlerin karmaşıklık düzeylerinin, çevre kirliliğinin çeşitli boyutlarına (örneğin; fosil yakıt kullanımı, CO₂ emisyonları, ekolojik ayak izi, sera gazı emisyonları gibi) ve ülke ekonomileri arasındaki yapısal farklılıklarına göre etkisinin değiştiğini

göstermektedir. Bununla birlikte ilgili literatürde ekonomik karmaşıklığın çevresel bozulma üzerindeki etkisine ilişkin bir görüş birliği bulunmamaktadır. Söz konusu çalışmaların bir kısmında ekonomik karmaşıklığın çevresel bozulmayı çeşitli kanallar aracılığıyla arttıracığı ileri sürülürken; bazı çalışmalarda ise ekonomik karmaşıklığın çevresel bozulmayı azaltacağı bulgusu desteklenmektedir.

Neagu & Teodoru (2019), karmaşık bir ekonomik sistemdeki yapısal bir değişimin fosil yakıtlar ve çevresel etkilerle nasıl ilişkili olduğunu ayrıntılı bir biçimde incelemektedir. 25 Avrupa Birliği ülkesinde ekonomik karmaşıklık düzeyleri dikkate alınarak yapılan bu çalışmada, ekonomik karmaşıklık ve enerji tüketim yapısının sera gazı emisyonları üzerinde 1995-2016 döneminde arttırıcı etkisi olduğu sonucuna varılmaktadır. Ülkelerde ekonomik karmaşıklık düzeyi büyüdükçe kirlilik riskinin de daha yüksek olduğu görülmektedir. 1990-2019 dönemine ilişkin verilerle Abbasi vd., (2021), ekonomik karmaşıklık endeksine göre ilk 18 ülkede hem kısa hem de uzun dönemde ekonomik karmaşıklık endeksi ile CO₂ salınımı arasında pozitif yönlü bir ilişkinin olduğunu tespit etmiştir. Rafique vd. (2022), 1980-2017 dönemini kapsayan verilerle ekonomik karmaşıklık endeksinde ilk 10'da yer alan ülkelerde uzun dönemde ekonomik karmaşıklık endeksinin ekolojik ayak izi üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Adebayo vd., (2022)'de MINT ülkeleri için yaptıkları çalışmalarda, ekonomik karmaşıklığın çevre kalitesini engellediği ve CO₂ emisyon seviyesinin artmasına yol açtığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmalar, yüksek ekonomik karmaşıklığın çevresel bozulmanın önemli etkenleri arasında yer aldığını ve bu durumun çevresel sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla olan ülkeleri zorladığını göstermektedir (Alola vd., 2023, s.2; Chu, 2021, s.612; Neagu, 2020; Neagu & Teodoru, 2019, s.5). Ekonomik karmaşıklığın çevresel boyutuna dair literatürde bir görüş birliğine varılmamakta ve bu çalışmaların aksine; ülkelerin gelişmesiyle birlikte çevre bilincinin de artması beklenmekte, bu süreçte ekonomik yapısal dönüşümün ülkede teknolojik ilerleme ile sağlandığı gözlemlenmektedir (Yin vd., 2015, s. 99). Can & Gozgor (2017, s. 16364), Fransa için enerji tüketiminin ve ekonomik karmaşıklığın CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini dinamik panel model ile ampirik olarak tahmin etmekte ve çalışmanın sonuçları, Fransa'da uzun vadede daha yüksek ekonomik karmaşıklığın CO₂ emisyonu üzerinde olumlu etkisi olduğunu göstermektedir. Laverde-Rojas & Correa (2021) farklı kalkınma düzeylerine sahip 86 ülkenin içinden gelişmiş ekonomilerde, artan ekonomik karmaşıklık düzeyinin kirlilik seviyesini düşürdüğünü belirtmektedir. Doğan vd. (2019) çalışmasında da benzer biçimde, ekonomik gelişmenin doğa üzerindeki etkisinin ülkelerin gelişim süreçlerinin aşamalarına bağlı olduğu

belirtilmektedir. Bu etki düşük ve yüksek-orta gelirli ülkelerde çevreye zarar verirken; yüksek gelirli ekonomilerde ise zararlı etkinin sınırlı olduğu ifade edilmektedir. Saqib vd., (2023), 1995-2020 dönemine ilişkin verilerle G-10 ülkelerinde ekonomik karmaşıklığın, çevresel teknolojik yeniliklerin, enerji verimliliğinin, yenilenebilir elektrik üretimi kullanımının ve çevre vergilerinin, karbon emisyonunun azaltılması üzerinde olumlu etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Bu durum incelenen ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının endüstride kullanımını arttırmaya yönelik enerji politikaları ve fosil yakıtlardan vazgeçilmesini teşvik eden fiyatlandırma stratejilerinin çevreye faydalı olacağını göstermektedir. Böylece ekonomik karmaşıklığın çevre üzerindeki olumsuz etkisi de ortadan kalkacaktır. Özellikle gelişmiş ülkelerde ekonomik karmaşıklığın artması çevresel baskıyı azaltmaktadır. Ekonominin yapısal dönüşümünün ilk aşamalarında, ekonomik karmaşıklık belli bir eşişe kadar kirlilik seviyesinde artışa neden olmaktadır. Ekonomik ve sosyal faktörlerin gelişmesi ve bunun yanı sıra uygun bir kurumsal çerçeve ile gelişmiş ve temiz üretimin var olması çevre üzerinde kirlilik azaltıcı etki yaratmaktadır (Neagu vd., 2022). Boleti vd., (2021) çalışması da benzer biçimde, 88 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkenin ekonomik karmaşıklık ve çevresel performansları arasındaki ilişkiyi analiz etmektedir. Çalışma, daha yüksek ekonomik karmaşıklık düzeyine geçmenin daha iyi bir genel çevresel performansa yol açtığını, ihraç edilen ürünlerin karmaşıklığının çevresel bozulmaya yol açmadığını ortaya koymaktadır.

3. MODEL VE VERİ SETİ

Çalışmanın temel amacı, AB ülkelerinde³ economic complexity (ekonomik karmaşıklığın) çevresel bozulma üzerindeki etkisinin 1998-2020 dönemi için araştırılmasıdır. Bu bağlamda, çalışmada çevresel bozulma (CO₂), ekonomik karmaşıklığın (c), enerji tüketiminin (ec) ve ekonomik büyümenin (y) bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Denklem 1’de kurulan model panel veri formatında gösterilmektedir.

$$\ln CO_{2it} = \beta_1 c_{it} + \beta_2 \ln ec_{it} + \beta_3 \ln y_{it} + v_i + u_{it} \quad (1)$$

³Çalışmaya veri problemi nedeniyle 21 AB ülkesi dahil edilmiştir. Bu ülkeler, Avusturya, Belçika, Hırvatistan, Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Litvanya, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya ve İsveç olarak sıralanmaktadır.

Denklem 1’de i indisi ülkeleri ($i=1, \dots, 21$), t indisi ise zaman periyodunu ($t=1998, \dots, 2020$) temsil ederken, vi ve uit katsayıları sırasıyla ülke spesifik etkileri ve hata terimini göstermektedir. Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (c) dışındaki tüm değişkenler logaritmik formda kullanılmıştır.

Tablo 1’de modelde yer alan değişkenlere ve verilerin elde edildiği kaynaklara ilişkin bilgiler sunulmaktadır.

Tablo 1. Değişkenlere İlişkin Bilgiler

Değişkenler	Göstergeler	Veri Tabanı
Çevresel Bozulma	CO2 Salınımı (kişi başına metrik ton)	Dünya Bankası (WDI)
Ekonomik Karmaşıklık	İktisadi Karmaşıklık İndeksi (Ticaret)	MIT Ekonomik Karmaşıklık Gözlemevi (OEC) https://oec.world/en
Enerji Tüketimi	Birincil Enerji Tüketimi (Ton Petrol Eşdeğeri/Kişi (TEP/Kişi))	Enerji Enstitüsü (Energy Institute) https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads
Ekonomik Büyüme	Kişi Başına GSYH (Sabit Fiyatlarla-2015 Amerikan Doları)	Dünya Bankası (WDI)

4. METODOLOJİ BULGULAR

Bu başlık altında sırasıyla birim kök testi, Hausman testi ve panel regresyon analizine ilişkin metodoloji ve bulgulara yer verilecektir.

4.1. BİRİM KÖK TESTİ

Regresyon analizine geçmeden önce çalışmada öncelikle serilerin birim kök içerip içermediklerinin belirlenebilmesi için Maddala & Wu (MW-1999) birim kök testi kullanılmıştır.

Tablo 2. MW Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	MW	MW (1. fark)
lnec	31.014	411.185***
lny	31.596	181.846***
lnCO2	48.040	327.672***
c	123.983***	

Tahminler sabit terim ve trend içermektedir.

Gecikme uzunluğu 2 olarak belirlenmiştir.

***, %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 2'ye göre, ekonomik karmaşıklık endeksi (c) dışındaki tüm değişkenlerin düzeyinde durağan olmadıkları, birinci farkları alındığında durağan hale geldikleri görülmektedir.

4.2. HAUSMAN TESTİ

Hausman Testi rassal ve sabit etkiler tahmincileri arasındaki farka dayanan bir spesifikasyon testidir. Eğer boş hipotez kabul edilirse, sabit etkiler tahmincisi rassal etkiler spesifikasyonu altında sadece verilerdeki iç varyasyona dayandığı için etkin değildir (Baltagi, 2014, s. 430). Diğer bir ifadeyle, Hausman testinde rassal etkiler tahmincisinin etkin olduğunu iddia eden boş hipotez sabit etkiler tahmincisinin etkin olduğunu iddia eden alternatif hipoteze karşı sınanmaktadır.

Tablo 3. Hausman Testi Sonuçları

Test	İstatistik Değeri
Hausman Testi	6.258*
Tahminler sabit terim içermektedir.	
*, %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.	

Tablo 3, Hausman testi sonuçlarını göstermektedir. Tabloya göre, boş hipotez %10 anlamlılık düzeyine göre reddedilerek alternatif hipotez kabul edilmektedir. Diğer bir ifadeyle, panel regresyon analizi için sabit etkiler tahmincisi etkin olan tahmincidir.

4.3. PANEL REGRESYON ANALİZİ

Driscoll & Kraay (1998), standart hataların yalnızca değişken varyans ve otokorelasyona karşı değil, aynı zamanda yatay kesit bağımlılığının genel biçimlerine karşı da dayanıklı olması nedeniyle istatistiksel çıkarıma yardımcı olmaktadır (Krieger & Meierrieks, 2020, s. 12). Bu problemlerin mevcut olduğu durumlarda da etkin sonuçlar vermektedir. Bu nedenle çalışmada regresyon analizi için sabit etkili Driscoll-Kraay tahmincisi kullanılmıştır.

Tablo 4. Sabit Etkili Driscoll-Kraay Tahmincisi Sonuçları

Değişkenler	Katsayılar
lnec	0.528***
lny	0.435***
c	0.008*
Tahminler sabit terim içermektedir.	
*** ve * sırasıyla %1 ve % 10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.	

Sabit etkili Driscoll-Kraay tahmincisinden elde edilen bulgular, enerji tüketimindeki (lnec) %1'lik bir artışın çevresel bozulmayı % 0.528 artırdığını gösterirken; ekonomik büyümedeki

(lny) %1’lik bir artışın çevresel bozulmayı %0.435 artırdığını ortaya koymuştur. Ekonomik karmaşıklıkta (c) bir birimlik bir artış ise çevresel bozulmayı %0.8 artırmaktadır⁴.

5. BULGULAR VE POLİTİKA ÇIKARIMLARI

Sabit etkili Driscoll-Kraay tahmincisinden elde edilen bulgular, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ekonomik karmaşıklık ile çevresel bozulma arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bu bulgu, çeşitli kanallar aracılığıyla açıklanabilir ve bu bağlamda çeşitli politika önerileri yapılabilir:

Ekonomik refah ve büyüme, tarihi çağlardan beri hükümet politikalarının önemli bir hedefi olmuştur. Bununla birlikte ekonomik büyüme küresel olarak yaşam kalitesini artırmaktadır ve enerji tüketimi ekonomik büyümeye katkı açısından önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Ancak hızlı büyüme kaçınılmaz olarak doğal kaynakların daha fazla kullanılmasına ve kirletici emisyonların artmasına neden olmaktadır. Önemli bir çevresel etki yaratmadan enerjinin üretilmesi, taşınması veya tüketilmesi neredeyse imkansızdır. Dolayısıyla enerji ve çevre sorunları birbiriyle yakından ilişkilidir. Enerji üretimi ve tüketimiyle doğrudan ilgili olan çevre sorunları arasında hava kirliliği de yer almaktadır. Özellikle fosil yakıtlar gibi yenilenemeyen kaynaklardan elde edilen aşırı enerji tüketimi, atmosferde başta CO₂ de olmak üzere sera gazlarının salınmasına yol açarak çevresel bozulmanın artmasına neden olmaktadır. Bu durum da çevre üzerinde daha fazla baskı oluşturmaktadır (Munasinghe, 1999, s. 90; Li vd.,2021: s. 1, EEA, 2014). Özetle, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme, CO₂ emisyonlarını artırarak çevre üzerindeki olumsuz etkileri belirleyebilmektedir. Buna karşılık, zarar görmüş bir çevre ve çevresel kaynaklar insanlar, toplum ve doğa üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Büyümenin unsurları arasındaki dengenin korunabilmesi, yani sürdürülebilir kalkınmanın (büyümenin) sağlanabilmesi için kaynakların çevreye duyarlı kullanılması gerekmektedir (Mikayilov vd, 2018, s. 1559). Bu dengenin sağlanabilmesi için daha temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçiş ve enerji etkinliğini sağlayan politika hedeflerinin belirlenmesi çevresel bozulmayı azaltmak ve çevresel bozulmanın yarattığı zorluklarla mücadele açısından oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, çevresel bozulmayı azaltmak için ülkelerin belirlediği enerji ve büyüme politikalarının çevre dostu politika araçlarıyla desteklenmesi önerilebilir.

⁴ Analiz edilen modelde, bağımlı değişken (lnec) logaritmik formda kullanılmıştır. Ancak bağımsız değişkenlerden biri olan ekonomik karmaşıklık endeksi (c) logaritmik formda değildir (log-doğ modeli). Dolayısıyla analiz sonucu elde edilen katsayı 100 ile çarpılarak yorumlanmıştır.

Üretim süreçlerinin karmaşıklığının çevresel etkisinin çok yönlü ve birbirilerini çeşitli şekilde etkileyen dinamik bir niteliğe sahip olduğu görülmektedir. Çevre ve ekonomik karmaşıklık arasındaki ilişkinin temel dayanaklarından biri, yüksek enerji talebidir. Karmaşık ürünler, yüksek düzeyde enerji yoğunluğuyla çalışan endüstriyel imalat ve kimya sektörleri gibi endüstrilerin çıktısıdır. Daha yüksek karmaşıklık seviyeleri genel anlamda daha yüksek enerji talebiyle ilişkilidir. Dolayısıyla bir ülkenin üretken yapısının çevreyi etkilediği açıktır; yani ürünlerin karmaşıklık düzeyi kirlilik yaratarak ve doğal kaynakları tüketerek çevreye zarar verebilmektedir (Can & Gozger, 2017). Ülkelerin gerekli enerjiyi sağlayabilmeleri ve çevresel etkisini azaltabilmeleri için ülkenin sahip olduğu doğal kaynaklarına bağlı olarak çeşitli kaynaklardan (güneş, rüzgar, nükleer, yenilenebilir enerji vb. gibi) uygun bir enerji kaynağını geliştirmeleri gerekmektedir. Çevre dostu teknolojilerin üretim sürecine dahil edilmesi, yeni karmaşık ürünlerin çevresel etkilerinin erken aşamada tasarlanmasına da yardımcı olacaktır (Neagu & Teodoru, 2019). İlişkinin yönünü belirleyen bir diğer faktör: çevresel zorluklardır. Ekonomik faaliyetler genellikle kirlilik, doğal yaşam tahribatı, ormansızlaşma gibi çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir (Grossman & Krueger, 1995, s. 353). Çevresel bozulma, doğal kaynakların kullanılabilirliğini azaltarak, ekonomik faaliyetleri destekleyen ekosistemlere zarar verebilir ve işletmelere maliyet yükleyerek (örneğin, çevresel düzenlemeler) ekonomik karmaşıklığı sınırlayabilmektedir. Ayrıca enerji üretiminin en önemli sonuçlarından biri CO₂ emisyonudur. Bu nedenle özellikle fosil yakıtlardan kaynaklanan daha yüksek düzeydeki enerji tüketimi, CO₂ emisyonlarıyla doğrudan ilişkilendirilmektedir. Ancak enerjinin CO₂ yoğunluğunun enerji üretiminde kullanılan teknolojinin verimliliğine bağlı olarak değişebileceği belirtilmektedir (Hidalgo, 2015). Dolayısıyla bu noktada, ekonomik karmaşıklığın çevre üzerindeki etkisini belirleyen bir diğer etmen inovasyon ve teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır: Çevresel zorluklar inovasyon ve teknolojik ilerlemeyi teşvik ederek ekonomik karmaşıklığın artmasına yol açabilir. Karbon emisyonlarını azaltma ihtiyacı yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimini teşvik ederek yeni endüstriler ve ekonomik fırsatlar yaratabilmektedir. Benzer şekilde kirlilik veya kaynak kıtlığı gibi çevresel sorunların ele alınması, yeni teknolojilerin ve süreçlerin geliştirilmesini gerektirerek ekonomik çeşitliliği ve karmaşıklığı teşvik edebilmektedir (Kaufmann vd.,1998, s.209; Mealy & Teytelboym, 2020). Bu anlamda, ekonomik karmaşıklığın artması (ekonomik büyümeye katkıda bulunan bir faktör olarak) tüm ülkeler için yeni bir sorumluluk ortaya çıkarmaktadır. Eğer ülkeler karmaşıklık düzeylerini arttırmayı hedefliyorsa, çevresel sürdürülebilirliğe ilişkin ek kaygılar taşımakta, ekonomi ve enerji politikalarını bu hedef doğrultusunda dengede tutmak zorunda kalmaktadırlar. Bu bağlamda, uygulanacak

politikaların çevresel sürdürülebilirliği destekleyen politika karmaları ile desteklenmesi önerilebilir. Öte yandan, üretim faktörlerinin geleneksel ekonomik faaliyetlerden modern ekonomik faaliyetlere doğru yeniden tahsisi, kirliliği azaltmanın ve daha temiz enerji üretmenin (örneğin güneş panelleri, rüzgar türbinleri, hidroelektrik, vb.) yeni araçlarının geliştirilmesi yoluyla da olumlu etkilere sahip olabilir. Yeşil teknoloji ve eko-inovasyon, yeni ürünler/hizmetler ve iş yöntemleri yaratarak kirliliğin olumsuz etkilerini tersine çevirmese bile azaltmayı kararlı bir şekilde amaçlıyor (Boleti vd., 2021, s. 251).

6. SONUÇ

Çevresel bozulma modern dünyanın en büyük sorunlarından biridir ve ekonomik faaliyetlerle yakından ilişkilidir. Çevrenin bozulmasına ilişkin her ne kadar farklı çevresel göstergelerin etkisi olsa da, CO2 emisyon düzeyi referans gösterge olarak görülmektedir (Can & Gozer, 2017). Sera gazı emisyonu, üretim sürecinde yer alan teknolojinin ve bu üretimde kullanılan enerji kaynaklarının bir fonksiyonudur. Üretimin sektörel bileşimindeki değişimin çevresel bozulma üzerindeki etkisinin araştırılması hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için hayati önem taşımaktadır (Zhen & Freire, 2023, s. 1). Bu bağlamda, çalışmada AB üyesi ülkelerin 1998-2020 dönemi için çevresel bozulma ile ekonomik karmaşıklık endeksi arasındaki ilişki sabit etkili Driscoll-Kraay tahmincisi ile araştırılmaktadır. Aynı zamanda, çalışmanın ampirik modeline ekonomik büyüme ve enerji tüketimi de dahil edilmiştir.

Driscoll-Kraay tahmincisinden elde edilen bulgular enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ekonomik karmaşıklığın çevresel bozulma üzerinde pozitif bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. İktisadi karmaşıklık ile çevresel bozulma arasındaki bu pozitif ilişki literatürdeki Abbasi vd., (2021) Adebayo (2022); Adebayo, vd., (2022); Rafique vd., 2022; Neagu & Teodoru (2019) çalışmalarının bulgularıyla paralellik göstermektedir. Bu bulgu, gelişmiş ürünler üreten ülkelerin daha düşük hava kalitesine (daha yüksek CO2) maruz kaldığını göstermektedir. Bir ekonomi tarımsal üretken bir yapıdan, endüstriyel ve teknolojik sektörleri içeren daha karmaşık bir yapıya doğru değiştiğinde, hava kalitesi üzerinde olumsuz bir etki yaşandığı gözlemlenmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma ekonomik karmaşıklık ve CO2 arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla araştırılmıştır. Ancak bazı ülkelerin neden daha yüksek düzeyde ekonomik karmaşıklığa sahip olduğu ve daha yeşil üretime yönelik kapasitelerinin neler olduğu sorularını cevaplamamaktadır. Çalışmanın, bu soruları ele alan ileriye dönük çalışmalar yapmak isteyen araştırmacılar için bir yol gösterici olması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Abbasi, K. R., Lv, K., Radulescu, M., & 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15312>
- Abdon, A., & Felipe, J. (2011). The product space: What does it say about the opportunities for growth and structural transformation of Sub-Saharan Africa?. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1846734>
- Adebayo, T. S., Rjoub, H., Akadiri, S. S., Oladipupo, S. D., Sharif, A., & 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17524-0>
- Alola, A. A., Celik, A., Awan, U., Abdallah, I., & Obekpa, H. O. (2023). Examining the environmental aspect of economic complexity outlook and environmental-related technologies in the Nordic states. *Journal of Cleaner Production*, 408, 137154. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137154>
- Baltagi, B. H. (2014). Panel data and difference-in-differences estimation. In A. J. Culyer (Ed). *Encyclopedia of Health Economics*, (ss. 425-433). Elsevier.
- Boleti, E., Garas, A., Kyriakou, A., & Lapatinas, A. (2021). Economic complexity and environmental performance: evidence from a world sample. *Environmental modeling & assessment*, 26(3), 251-270. <https://doi.org/10.1007/s10666-021-09750-0> (online)
- Boleti, E., Garas, A., Kyriakou, A., & Lapatinas, A. (2021). Economic complexity and environmental performance: Evidence from a world sample. *Environmental modeling & assessment*, 26, 251–270. <https://doi.org/10.1007/s10666-021-09750-0>
- Bowen, A., & Hepburn, C. (2014). Green growth: an assessment. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(3), 407-422. <https://doi.org/10.1093/oxrep/gru029>
- Can, M., & Gozgor, G. (2017). The impact of economic complexity on carbon emissions: evidence from France. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 16364-16370. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9219-7>
- Chu, L. K. (2021). Economic structure and environmental Kuznets curve hypothesis: new evidence from economic complexity. *Applied Economics Letters*, 28(7), 612-616. <https://doi.org/10.1080/13504851.2020.1767280>
- Cristelli, M., Gabrielli, A., Tacchella, A., Caldarelli, G., & Pietronero, L. (2013). Measuring the intangibles: A metrics for the economic complexity of countries and products. *PloS one*, 8(8), e70726. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070726>
- Doğan, B., Saboori, B., & Can, M. (2019). Does economic complexity matter for environmental degradation? An empirical analysis for different stages of

- development. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(31), 31900-31912. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06333-1>
- Energy Institute (2023). Statistical Review of World Energy. <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>
- European Commission (2019). Economic complexity and the race for industrial competitiveness. <https://iri.jrc.ec.europa.eu/areas-of-work/complexity>
- European Environment Agency (EEA) (2004). Environmental impact of energy. <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/environmental-impact-of-energy>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Hausmann, R., & Hidalgo, C. A. (2011). The network structure of economic output. *Journal of economic growth*, 16, 309-342. <https://doi.org/10.1007/s10887-011-9071-4>
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J., et al. (2011). The atlas of economics complexity – Mapping paths to prosperity. Hollis: Puritan Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9647.001.0001>
- Hausmann, R., Hwang, J., & Rodrik, D. (2007). What you export matters. *Journal of economic growth*, 12, 1-25. <https://www.jstor.org/stable/40216112>
- Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(26), 10570-10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>
- Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabási, A. L., & Hausmann, R. (2007). The product space conditions the development of nations. *Science*, 317(5837), 482-487. <https://doi.org/10.1126/science.1144581>
- Kaufmann, R. K., Davidsdottir, B., Garnham, S., & Pauly, P. (1998). The determinants of atmospheric SO₂ concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve. *Ecological economics*, 25(2), 209-220. [10.1016/S0921-8009\(97\)00181-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00181-X)
- Krieger, T., & Meierrieks, D. (2020). Population size and the size of government. *European journal of political economy*, 61, 101837. <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2019.101837>
- Laverde-Rojas, H., & Correa, J. C. (2021). Economic complexity, economic growth, and CO₂ emissions: a panel data analysis. *International Economic Journal*, 35(4), 411-433. DOI: <https://doi.org/10.1080/10168737.2021.1975303>
- Lewis, W. A. (2013). *Theory of economic growth*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203709665>
- Li, Z., Chen, W-T., Chang, I-C., & Hung, C-C. (2021). Dynamic relationship between air pollution and economic growth in Taiwan deduced from mathematical models. *Clean – soil, air, water*, 49, 2100081. <https://doi.org/10.1002/clean.202100081>

- Maddala, G. S., & Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford bulletin of economics and statistics*, 61, 631-652. <http://dx.doi.org/10.1111/1468-0084.61.s1.13>
- Mealy, P., & Teytelboym, A. (2022). Economic complexity and the green economy. *Research Policy*, 51(8), 103948. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2010.08.006>
- Mealy, P., Farmer, J. D., & Teytelboym, A. (2019). Interpreting economic complexity. *Science advances*, 5(1), eaau1705. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.103948>
- Mikayilov, J. I., Galeotti, M., & Hasanov, F. J. (2018). The impact of economic growth on CO2 emissions in Azerbaijan. *Journal of cleaner production*, 197(1), 1558-1572. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.269>
- Munasinghe, M. (1999). Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunneling through the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 29(1), 89-109. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00062-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00062-7)
- Neagu, O. (2019). The link between economic complexity and carbon emissions in the European Union countries: a model based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) approach. *Sustainability*, 11(17), 4753. <https://doi.org/10.3390/su11174753>
- Neagu, O. (2020). Economic complexity and ecological footprint: evidence from the most complex economies in the world. *Sustainability*, 12(21), 9031. <https://doi.org/10.3390/su12219031>
- Neagu, O., & Teodoru, M. C. (2019). The relationship between economic complexity, energy consumption structure and greenhouse gas emission: Heterogeneous panel evidence from the EU countries. *Sustainability*, 11(2), 497. <https://doi.org/10.3390/su11020497>
- OECD [The Observatory of Economic Complexity] (2023). Economic Complexity Legacy Rankings (ECI). <https://oec.world/en/rankings/country/eci/1>
- Rafique, M.Z., Nadeem, A.M., Xia, W., Ikram, M., Shoaib, H. M., & Shahzad, U. (2022). Does economic complexity matter for environmental sustainability? Using ecological footprint as an indicator. *Environment, development and sustainability*, 24, 4623–4640. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01625-4>
- Romero, J. P., & Gramkow, C. (2021). Economic complexity and greenhouse gas emissions. *World development*, 139, 105317. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105317>
- Saqib, N., Radulescu, M., Usman, M., Balsalobre-Lorente, D., & Cilan, T. (2023). Exploring the Nexus of Environmental Technology, Economic Complexity, Renewable Electricity, and Environmental Policy in G10 Countries: Implications for Sustainable Low-Carbon Future. *Economic Complexity, Renewable Electricity, and Environmental Policy in G10 Countries: Implications for Sustainable Low-Carbon Future*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16457>

-
- The European Environment — State and Outlook (SOER) (2015). The changing context of European environmental policy. <https://www.eea.europa.eu/soer/2015/synthesis/report/1-changingcontext>
- World Development Indicators (WDI). <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Yin, J., Zheng, M., & Chen, J. (2015). The effects of environmental regulation and technical progress on CO2 Kuznets curve: An evidence from China. *Energy Policy*, 77, 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.008>
- Zhen N., & Freire, C. (2023). The interlinks between the economic complexity and carbon footprint, UNCTAD Background Paper, United Nations Conference on Trade and Development, Geneva.