



EKONOMİK KARMAŞIKLIK VE EKOLOJİK AYAK İZİ İLİŞKİSİ: TODA-YAMAMOTO NEDENSELLİK ANALİZİ

Ş. Mustafa ERSUNGUR¹

Elifnur TİĞTEPE²

Fatma KILIÇ³

ÖZ

20. yy ortalarından beri teknoloji ve yenilik kavramları her geçen gün artan bir önemle dünyada yerini almaktadır. Bunun bir sonucu olarak ülkelerde üretim geleneksel yapısından sıyrılmakta ve karmaşık bir yapıya bürünmektedir. Ülkelerin üretimde farklılaşması ve birçok pazarı elinde tutmaya yarayacak çeşitli inovasyonlarla üretimlerini benzersiz kılma gereksinimleri ekonomik karmaşıklik kavramını gündeme getirmektedir. Öte yandan gelişmiş ülkeler de dahi karmaşık bir ekonomi doğaya zarar verebilmekte özellikle ekolojik ayak izi kapsamında geniş bir yer tutan karbon emisyonunun artmasına neden olabilmektedir.

Bu noktadan hareketle çalışmada ekonomik karmaşıklik ile ekolojik ayak izi ilişkisi 1970-2016 dönemi ve Almanya, İsveç, Japonya ve Türkiye için Toda-Yamamoto nedensellik analizi kullanılarak değerlendirilmektedir. Verilen ilk üç ülke gelişmiş ve ekonomik karmaşıklik yönünden güçlü ülkelerken; Türkiye ise gelişmekte olan ve ekonomik karmaşıklik yönünden hala arzu edilen düzeyde bir ülke değildir. Analiz sonuçları, Almanya ve Japonya' da değişkenler arasında bir nedensellik ilişkisinin olduğunu; İsveç ve Türkiye' de iki değişken arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığını ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Ekonomik karmaşıklik, Ekolojik ayak izi, Toda-Yamamoto

Jel Kodları: F14, F18, Q57

ECONOMIC COMPLEXITY AND ECOLOGICAL FOOTPRINT RELATIONSHIP: TODA-YAMAMOTO CAUSALITY ANALYSIS

ABSTRACT

Since the mid-20th century, the concepts of technology and innovation have been taking their place in the world with increasing importance. As a result this, production is stripped away from its traditional structure and pass to a complex structure in countries. The needs to make their production unique with a variety of innovations that will help countries differentiate in production and keep many markets in hand bring up the concept of economic complexity. On the other hand, even in developed countries, a complex economy can harm nature and cause an increase in carbon emissions, which have a large place in the ecological footprint.

From this point forth, the economic complexity and ecological footprint relationship are evaluated using the 1970-2016 period and Toda Yamamoto causal analysis for Germany, Sweden, Japan and Turkey. The first three countries given are developed and strong countries in terms of economic complexity, while Turkey is still a developing country and not at the desired level in terms of economic complexity. Analysis results show that there is a causal relationship between variables in Germany and Japan; there is no causality relationship between two variables in Sweden and Turkey.

Key words: Economic complexity, Ecologic Footprint, Toda-Yamamoto

JEL Codes: F14, F18, Q57

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, İİBF, ersungur@atauni.edu.tr, ORCID, 0000-0003-3661-7216

² Doktora Öğrencisi, İİBF, elifnur1250@gmail.com, ORCID, 0000-0001-8751-508X

³ Doktora Öğrencisi, İİBF, ftm.agckl@gmail.com, ORCID, 0000-0001-7230-8547

GİRİŞ

Uluslararası ticaret, Adam Smith tarafından yazılan ve 1776 yılında yayımlanan “Ulusların Zenginliği” adlı eserde ilk kez bilimsel bir temel üzerine oturtulmuştur. Smith, Merkantilizm’ den farklı birçok varsayımı ortaya koymakla beraber; sanayi sektörüne yönelmiş, iş bölümü ve uzmanlaşma kavramları üzerinde durmuştur. Smith ayrıca, sanayi sektörünün diğer sektörlerinin aksine verim ve katma değer yaratma konusundaki üstünlüklerini işaret etmiştir (Seyidoğlu, 2009: 4-19). Günümüzde de gelişmiş birçok ülkenin dış ticaret karmasında sanayinin yüksek bir payı olduğu görülmektedir. Gelişmişlik düzeyi ne olursa olsun yaratıcı düşünce ve yenilikler her ülke için oldukça önemli ve gereklidir. Ülkeler, katma değeri yüksek ürün üretimiyle hem gelirlerini hem de refahlarını artırmaktadır.

Ülkelerin yüksek katma değer yaratan ürün üretme çabalarını, üretim ve ihracat sürecine ne derece yansıtıtları ve bu konuda ne kadar başarılı oldukları ise ülkeleri diğerleri arasında öne çıkaran en temel konulardandır. Bu noktada bir ülkenin üretiminden ihracatına kadar geçen sürede kullanılan bilgi ve teknolojik yenilik seviyesini dikkate alan ekonomik karmaşıklık ve bir ölçüm yapan ekonomik karmaşıklık endeksi kavramları oldukça önemlidir. Ekonomik karmaşıklık endeksi dış ticaret, ekonomik coğrafya, uluslararası kalkınma ve inovasyon çalışmalarında oldukça popüler araçlar olmaya başlamıştır (Soyyığıt, 2019: 378-379).

Çalışmadaki bir diğer önemli kavram ekolojik ayak izidir. Ekolojik ayak izi, insan faaliyetleri sonucunda kötüleşen ekosistem dengelerini hesaplamaya yardımcı olan ve söz konusu kaybın ekosisteme iade edilmesi için gereken biyolojik kapasite miktarını belirleyen bir göstergedir. Biyolojik kapasite, verimli toprak ve su alanları şeklinde tanımlanabilir ve yeniden üretim kapasitesini gösterir. Biyolojik kapasite ile bütünleşik olan ekolojik ayak izi; ekili arazi, otlatma arazisi, balıkçılık alanları, yerleşik arazi, orman alanı ve karada karbon talebi olmak üzere 6 alanın toplamından meydana gelir. (Global Footprint Network, 2021).

20. yy ortalarından bu yana gelişmekte olan teknoloji bir yandan üretimi arttırmış ve çeşitlendirmiş; diğer yandan tüketim, kaynak kullanımı (doğal kaynaklar, enerji kaynakları gibi) ve kirlilik düzeylerini yukarıya çekmiştir (Rapport, 2000: 367). Dolayısıyla çalışmanın üzerinde durduğu iki temel kavramdan ilki olan ekonomik karmaşıklığın yüksek oranlara ulaştığı ülkelerde diğer önemli kavram olan ekolojik ayak izinin de yüksek olduğu ve bunun ülkelerde düzeltilmesi gereken çevre problemlerinin varlığını işaret ettiği bir gerçektir.

Bu çalışma, günümüzde farklı ekonomiler için sorgulanan ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi ilişkisinin varlığını; 2019 yılı itibarıyla karmaşıklık endeksinin en yüksek olduğu ilk 10 ekonomi içerisinde 1970-2016 yıllarında mevcut değişken verilerin tamamına sahip olan Almanya, İsveç, Japonya ve gelişmekte olan ülke sınıflamasında yer alan Türkiye üzerinde araştırmak amacıyla yapılmaktadır. Gelişmiş ülkeler daha çeşitli ürünler (oldukça yüksek karmaşıklık), uzmanlaşmış bilgi (daha iyi beşeri sermaye) ve sofistike ürünler (ihraç edilen malların kalitesinin ve ticaret açıklığının daha iyi olması) üretebildiğinden ve bu tür ürünlerin üretimi, ekolojik ayak izini büyük ölçüde

etkileyebilecek yüksek enerji yoğunluğuna sahip bir endüstriyel temel gerektirdiğinden sayılan üç ülke tercih edilmektedir (Rafique vd., 2021; 4625; Ahmed vd., 2021: 24926; Ikram vd., 2021: 3). Türkiye ise konuyla ilgili henüz doldurulmayı bekleyen bir literatür boşluğuna sahip olması sebebiyle analize dahil edilmektedir. Uygulamaya dahil edilen bu ülkelerde değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisinin ortaya konulması, ilişkinin yönüne doğru politika kararlarını ve gerekliliklerini belirlemek konusunda önem taşımaktadır. Çalışmada öncelikle konunun teorik kısmı ve literatür taraması sunulmakta; sonrasında veri seti, model ve bulgular paylaşılmaktadır.

Çalışma, ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi teorilerine paralel sonuçlar ortaya koymaktadır. Her bir ülke ayrıntısı, konu hakkında temel bilgi vermekte ve uygulanabilecek politikalar için bir yol haritası görevi görmektedir. Bu çalışma, yerli literatürün çok eksik kaldığı bir konuda yapılmış olması sebebiyle önem taşımaktadır.

1. TEORİK ÇERÇEVE

Çalışmada ele alınan iki temel değişkenden biri olan ekonomik karmaşıklık (EC), ülkelerin ürettikleri ürünlerin çeşitliliğine dayanan, ülkeler arasındaki gelişmişlik düzeyini açıklamaya yardımcı olan ve ülkelerin üretim kapsamındaki yetkinliklerini ifade eden bir kavram olarak tanımlanmaktadır. EC, ülkelerin verimlilik düzeylerini tanımlar ve üretime girdi olarak çok daha fazla yaratıcı bilginin dâhil edildiği ülkelerde ürün çeşitliliğinin daha yüksek olacağını belirtir. Ayrıca teknolojik olarak gelişmiş ürünün ve verimli bilginin kullanımını yoğun olarak içermektedir (Hidalgo ve Hausmann, 2009: 10570–10575).

Ekonomik karmaşıklık yelpazesinin en alt ucunda, çoğunlukla doğal ürünleri (doğal olarak oluşan ürünler: meyveler, sebzeler, balıklar) ihraç eden küçük nüfuslu adalar bulunur. Ardından, çok talep edilen hammaddelerde (özellikle petrol) uzmanlaşmış ekonomiler gelir; bu ülkeler düşük ürün çeşitliliğine rağmen daha yüksek gelire sahiptir. Ekonomik karmaşıklık yelpazesinin en üst ucunda ise teknolojik olarak daha gelişmiş (veya "karmaşık") ürünler üreten ülkeler yer alır (Mealy ve Teytelboym, 2020: 2; Inoua, 2021: 2-4).

Ekonomik karmaşıklığı ölçmek amacıyla Hidalgo ve Hausman' ın önerileriyle (2009) Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT), ülkelerin ihraç ettiği malların kalitesini emtia gruplarına göre belirlemek için ekonomik karmaşıklık endeksini (ECI) geliştirmektedir. ECI puanına sahip tüm ürünler, ECI' yı hesaplamak için saklı yararlı bilgileri hesaba katan Harmonize Sistem (HS) veya Standart Uluslararası Ticaret Sınıflandırması (SITC) kodları altında sınıflandırılmaktadır (Balland ve Rigby, 2016: 8; Şeker ve Şimdi, 2019: 661).

Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) şu şekilde hesaplanmaktadır (Hausman vd. 2013: 24):

$$\text{Çeşitlilik} = k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (1)$$

$$\text{Her yerde bulunma} = k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (2)$$

ECI, hesaplanırken; M_{cp} , satırların farklı ülkeleri (c=ülke) ve sütunların farklı ürünleri (p=ürün) temsil ettiği bir matris olarak düşünülmektedir. Eğer c ülkesi p ürününü üretiyorsa matrisin bir elemanı 1'e, aksi halde 0'a eşittir.

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} \cdot k_{p,N-1} \quad (3)$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_c M_{cp} \cdot k_{c,N-1} \quad (4)$$

N, tekraralama sayısını ifade eder. $N \geq 1$ için, ülkelerin ve ürünlerin derecesine veya bağlantı sayısına göre verilen başlangıç koşulları ile:

$k_{c,0}$ ve $k_{p,0}$ sırasıyla bir ülkenin gözlemlenen çeşitlilik düzeylerini (o ülke tarafından ihraç edilen ürün sayısını) ve bir ürünün aynı anda her yerde bulunma durumunu (o ürünü ihraç eden ülke sayısını) temsil eder. Bu nedenle, her ülke \vec{k}_c ($k_{c,0}, k_{c,1}, k_{c,2}, \dots, k_{c,N}$) vektörü ve her ürün \vec{k}_p ($k_{p,0}, k_{p,1}, k_{p,2}, \dots, k_{p,N}$) vektörü ile karakterize edilir (Hausman, 2009: 26). 4 no'lu denklem 3 no'lu denklemin içine yerleştirilir:

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} \frac{1}{k_{p,0}} \sum_{c'} M_{c'p} \cdot k_{c',N-2} \quad (5)$$

$$k_{c,N} = \sum_{c'} k_{c',N-2} \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,0} k_{p,0}} \quad (6)$$

Denklem şu şekilde yeniden yazılabilir:

$$k_{c,N} = \sum_{c'} \tilde{M}_{cc'} k_{c',N-2} \quad (7)$$

Daha sonra, benzer ürünleri ihraç eden ülkeleri birbirine bağlayan, bir ürünün her yerde bulunmasının tersi ile ağırlıklandırılan ve bir ülkenin çeşitliliği ile normalleştirilen bir matris tanımlanabilir (Hausman vd. 2013: 24):

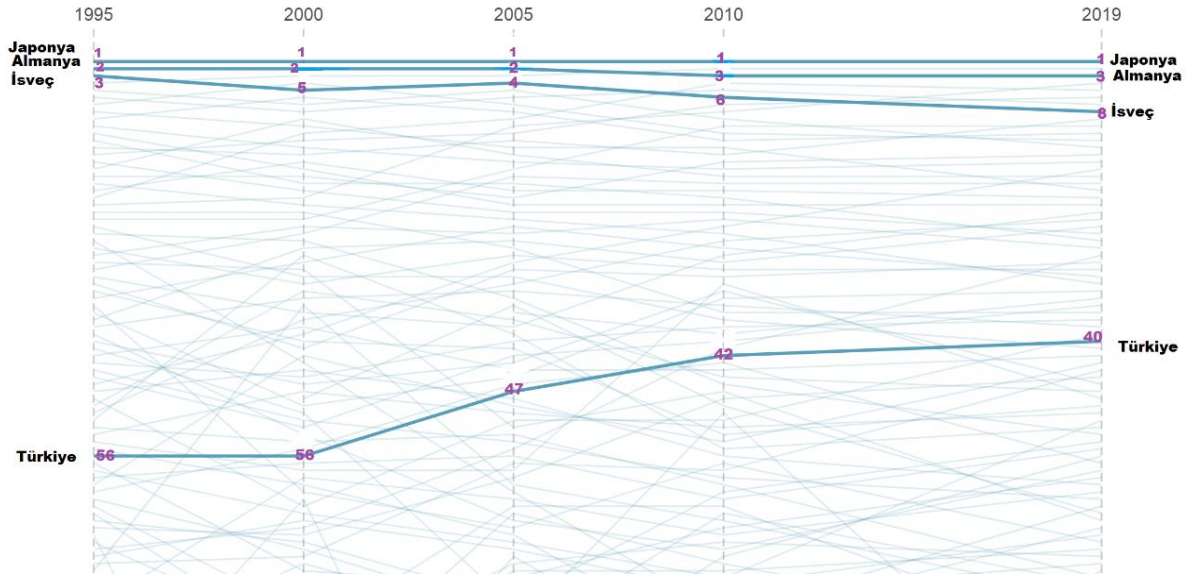
$$\tilde{M}_{cc'} = \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,0} k_{p,0}} \quad (8)$$

$k_{c,N} = k_{c,N-2} = 1$ olduğunda (7) no' lu denklem tatmin edicidir. Bu, en büyük özdeğer ile ilişkili olan $\tilde{M}_{cc'}$ özvektörüne karşılık gelir. Bu özvektör, bir vektör olduğu için bilgilendirici değildir. Bunun yerine, ikinci en büyük özdeğerle ilişkili özvektör aranır. Bu, sistemdeki en büyük varyansı yakalayan ve ekonomik karmaşıklık ölçüsü olan özvektördür. Dolayısıyla, Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) şu şekilde tanımlanır:

$$ECI = \frac{\bar{K} - \langle \bar{K} \rangle}{stdev(\bar{K})} \quad (9)$$

Formülde $\langle \rangle$ bir ortalamayı, stdev standart sapmayı temsil eder ve $\bar{K} = \tilde{M}_{cc'}$ 'nin ikinci en büyük özdeğer ile ilişkili özvektördür.

Analizde yer alan dört ülkeye ait ekonomik karmaşıklık seyri aşağıdaki gibidir:



Grafik 1: Ülkelerin 1995-2019 Dönemindeki Ekonomik Karmaşıklık Seyri

Kaynak: Atlas of Economic Complexity, 2022.

Grafik 1' e göre; İsveç' de meydana gelen küçük sapmalar dışında ekonomik karmaşıklık seviyesinin çok yüksek olduğu üç gelişmiş ülkede de 1995 yılından 2019 yılına kadar istikrarlı bir seyir söz konusudur. Özellikle Japonya bu süreç içinde gösterilmiş temel noktaların tümünde liderliği elinde tutmuştur. Bu da Japonya'nın hem yenilik hem teknolojik anlamda kendini güncellediğinin en önemli kanıtıdır. Almanya'da aynı istikrarlı yapıya sahiptir. İsveç ise 2005 yılından sonra sıralamada düşse de hala dünya ülkelerinden ayrılacak kadar özgün mal üretimi yapmaktadır. Dolayısıyla İsveçli üreticiler de dünya pazarlarında farkındalık yaratmaktadır. Türkiye ele alındığında ve bu üç ülkeyle kıyaslandığında ekonomik karmaşıklık düzeyinin oldukça düşük olduğu fakat özellikle 2000 yılı sonrasında ciddi bir sıçramayla sıralamasını artırdığı gözlemlenmektedir. Öte yandan ülke, ihraç ettiği ürünlerle hala özgün değer meydana getirememekte ve ileri düzey teknolojiye faydalanamamaktadır.

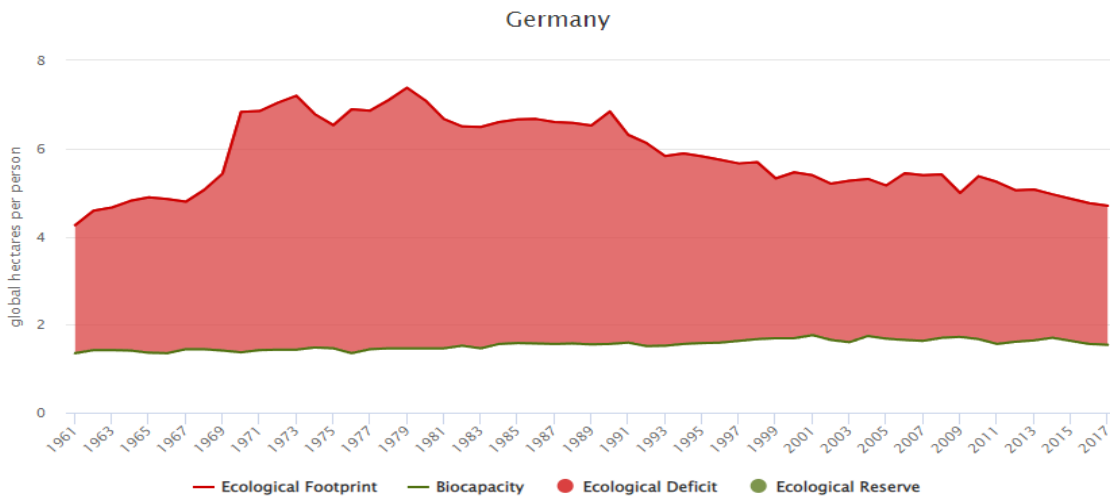
Çalışmada ele alınan iki temel değişkenden bir diğeri olan ekolojik ayak izi ise bir kişinin yaşam tarzını desteklemek için gereken biyo-üretken kara ve deniz miktarının bir ölçüsüdür. İnsanların kendi yiyeceklerini yetiştirmesi, atıklarını elden çıkarması ve karbon emisyonunun emilmesi için gerek duydukları arazi miktarını içermektedir (Calcott ve Bull, 2007: 5). Kavram kısaca hem ekosistemdeki insan etkisini ölçmekte hem de beşerî ekonominin doğal sermayeye bağımlılığını ortaya koymaktadır. Ekolojik ayak izi, verimli yüzey alanlarının kullanımını takip etmektedir. Söz konusu bu alanlar ise ekili arazi, otlatma arazisi, balıkçılık alanları, yerleşik arazi, orman alanı ve karada karbon talebi olmak üzere 6 başlık altında değerlendirilmektedir. Ekolojik ayak izi kapsamına ayrıca biyolojik kapasite de girmektedir. Biyolojik kapasite ise insanların doğadan talep ettiklerini yeniden üretebilen üretken alanlar olarak tanımlanmaktadır. Ayak izi ve biyolojik kapasite bireysel, bölgesel, ulusal veya küresel ölçekte karşılaştırılabilmektedir. Hem ayak izi hem de biyolojik kapasite; her yıl kişi sayısı, kişi başına tüketim, üretim verimliliği ve ekosistemlerin verimliliği ile değişmektedir (Kumar Meena

ve Kumar Yadav, 2019: 25; Global Footprint Network). Ekolojik ayak izinin hesaplanmasında kullanılan formül ise şu şekildedir:

$$EF = \sum_i \frac{T_i}{Y_{W_i}} \times EQF_i \quad (10)$$

Formülde yer alan EF; ekolojik ayak izini, T_i , ülkede tüketilen (veya salınan) her bir i ürün (veya atığın) akışının yıllık ton (t yr-1) miktarını; Y_{W_i} , her bir i akışının üretimi (veya tutulması) için yıllık dünya ortalama verimi (t wha-1 yr-1); EQF_i her bir i akışı üreten arazinin eşitlik faktörünü ifade etmektedir (Mancini vd., 2015: 391).

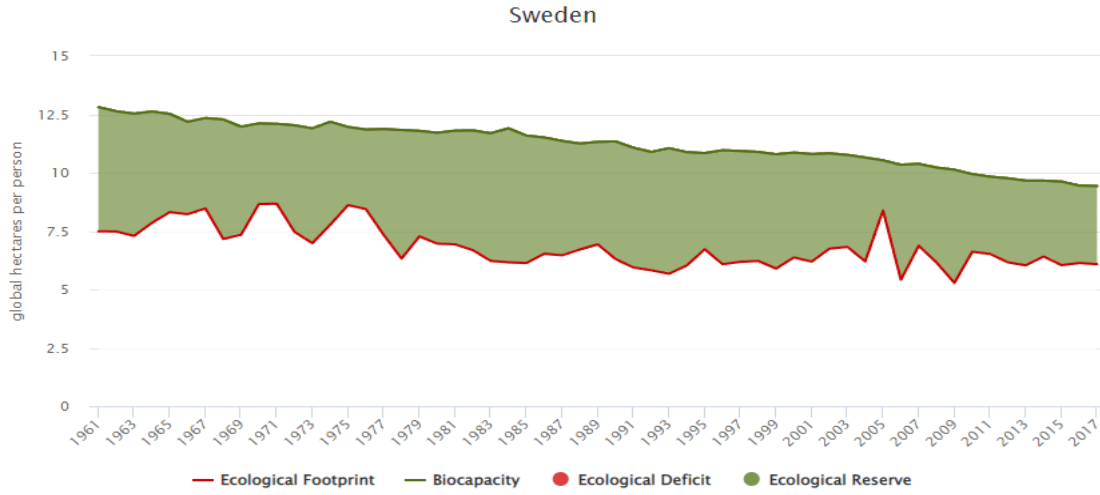
Bu çalışmada ele alınan dört ülkeye ait ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite oranları da aşağıda Grafik 2, 3, 4 ve 5' de gösterilmektedir.



Grafik 2: Almanya' nın Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite Oranı

Kaynak: Global Footprint Network, 2022.

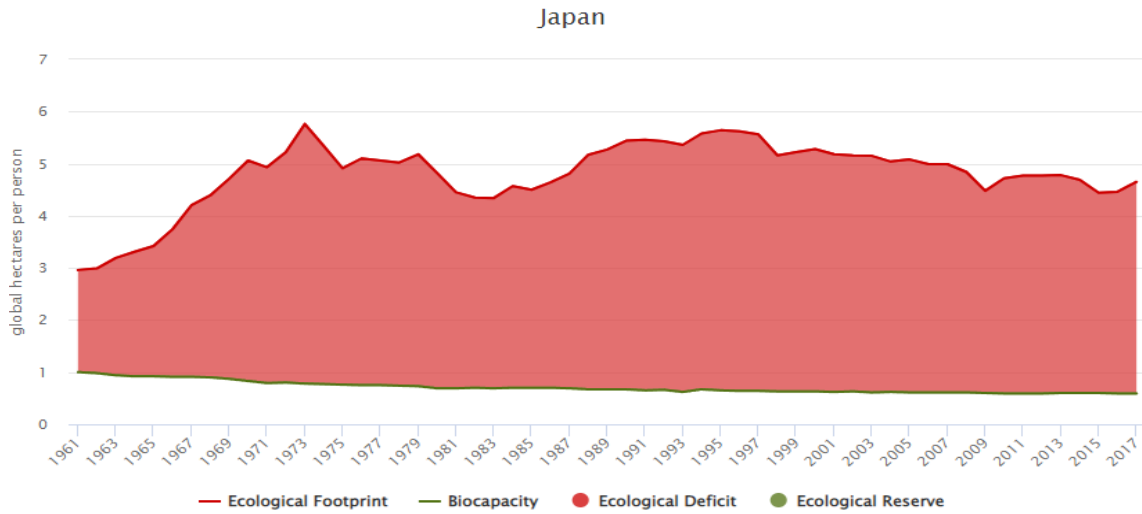
Grafik 2' ye göre 2017 yılında Almanya'nın kişi başı tüketiminin ekolojik ayak izi değeri 4,7 gha iken kişi başına biyolojik kapasite değeri 1,54 gha' dır. Ekolojik ayak izi değeri, ölçülen biyolojik kapasite değerinin üç katından daha fazladır. Bu, insanların tükettikleri doğal kaynakların 1 yılda yeniden üretilmesini beklemek ve atmosfere salınan CO₂' yi tutmak için 3 yıldan daha fazla zamana ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir. Ayrıca Almanya' da biyokapasite ithalatı gerekliliğinin olduğunu ortaya koyar. Dolayısıyla ülke net biyolojik kapasite ithalatçısı haline gelmekte ve biyokapasite borçlusu olarak karşımıza çıkmaktadır.



Grafik 3: İsveç'in Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite Oranı

Kaynak: Global Footprint Network, 2022.

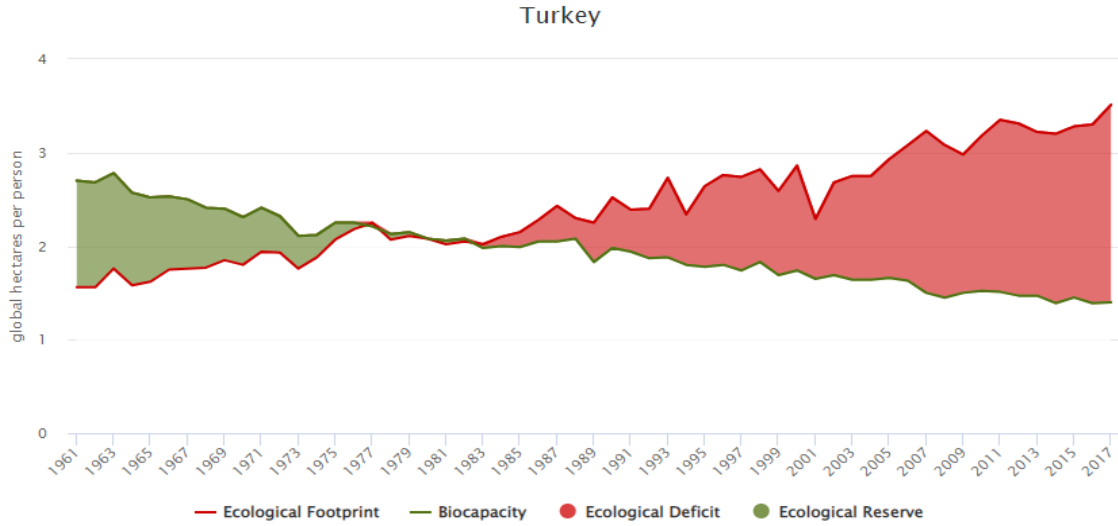
Grafik 3' e göre 2017 yılında İsveç'in kişi başı tüketiminin ekolojik ayak izi değeri 6,08 gha iken kişi başına biyolojik kapasite değeri 9,43 gha' dır. Ekolojik ayak izi değeri, ölçülen biyolojik kapasite değerinin altındadır. Bu, ülkede insanların tükettikleri doğal kaynakların 1 yılda yeniden üretilebildiğini ve atmosfere salınan CO₂' nin zaten başarılı bir şekilde tutulduğunu göstermektedir. İsveç 1961-2017 yılları arasında sürekli net biyolojik kapasite ihracatçısı konumundadır.



Grafik 4: Japonya'nın Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite Oranı

Kaynak: Global Footprint Network, 2022.

Grafik 4' e göre 2017 yılında Japonya'nın kişi başı tüketiminin ekolojik ayak izi değeri 4,65 gha iken kişi başına biyolojik kapasite değeri 0,59 gha' dır. Ekolojik ayak izi değeri, ölçülen biyolojik kapasite değerinin yedi katından daha fazladır. Bu, insanların tükettikleri doğal kaynakların 1 yılda yeniden üretilmesini beklemek ve atmosfere salınan CO₂' yi tutmak için yaklaşık 8 yıla ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir. Ayrıca Japonya' da biyokapasite ithalatı gerekliliğinin olduğunu ortaya koyar. Dolayısıyla ülke net biyolojik kapasite ithalatçısı haline gelmiştir.



Grafik 5: Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite Oranı

Kaynak: Global Footprint Network, 2022.

Grafik 5' e göre 2017 yılında Türkiye'nin kişi başı tüketiminin ekolojik ayak izi değeri 3,51 gha iken kişi başına biyolojik kapasite değeri 1,4 gha' dır. Ekolojik ayak izi değeri, ölçülen biyolojik kapasite değerinin iki katından daha fazladır. Bu, insanların tükettikleri doğal kaynakların 1 yılda yeniden üretilmesini beklemek ve atmosfere salınan CO₂' yi tutmak için 2 yıldan daha fazla zamana ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir. Aynı zamanda Türkiye'de biyokapasite ithalatı gerekliliğinin olduğunu ortaya koyar (Sharif, 2020: 2).

Türkiye 1961-1988 yılları arasında (1988' de biyolojik kapasite değeri: 2,08 ve ekolojik ayak izi değeri: 2,23 iken; 1989 yılında biyolojik kapasite değeri: 1,83 ve ekolojik ayak izi değeri: 2,25 olarak ölçülmüştür) net biyolojik kapasite ihracatçısıyken; 1989 yılı itibariyle net biyolojik kapasite ithalatçısı haline gelmiştir. Üstelik değişkenler arasındaki makas her yıl biraz daha açılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Konuya dair literatür taraması yapıldığında mevcut araştırmaların çok eskiye dayanmadığı ve ilişkinin varlığı ve yönü hakkında hala genel çıkarımlar yapmaya imkân tanıyacak kadar fazla olmadığı görülmüştür. Çalışmalar, sunulan literatürden de anlaşılacağı üzere ilk zamanlarda ekolojik ayak izinin büyük bir bölümünü oluşturan karbon emisyonları ve ekonomik karmaşıklık arasında gerçekleştirilmiş, sonrasında ekolojik ayak izi kavramının yaygınlaşması ile sadece karbon emisyonları üzerinden yapılan değerlendirmeler terk edilmeye başlanmıştır. Son yıllarda çevreyi farklı yönleri ile ele alan ve daha güncel bir değişken olan ekolojik ayak izi ile ekonomik karmaşıklık ilişkisi değerlendirilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda sunulan literatür araştırmasında değişkenler arasında negatif, pozitif, belirli bir zamana kadar pozitif ve sonrasında negatif yönlü (ters u) ilişki ortaya koyan çalışmaların olduğu tespit edilmiştir. Tablo 1' de literatür çalışma özetleri sunulmuştur:

Tablo 1: Araştırma Özetleri

Yazar(lar)	Veri Dönemi ve Ülke	Değişkenler	Yöntem	Bulgu
Can ve Gözgör (2017)	1964-2014 Fransa	CO ₂ emisyonları, Reel KBGSYH ve karesi, ECI, Enerji tüketimi	Zaman Serisi Analizi, DOLS	Yüksek ekonomik karmaşıklık uzun vadede karbon emisyonları düzeyini azaltmaktadır.
Neagu (2019)	1995-2017 Seçilmiş 25 Avrupa Birliği (AB) ülkesi	CO ₂ emisyonları, ECI ve karesi, GSYİH'nin enerji yoğunluğu	Panel Eşbütünleşme Testi, FMOLS, DOLS	Ekonomik karmaşıklık belirli bir süre karbon emisyonunu artırır, sonrasında artırıcı etki yapmaz. ECI ² 'nin işareti negatif ve anlamsızdır.
Doğan vd. (2020)	1990-2014 28 OECD Ülkesi	CO ₂ emisyonları, ECI, Yenilenebilir enerji tüketimi, Nüfus, GSYH	Panel Veri Analizi, FE, FMOLS, DOLS, ARDL	Ekonomik karmaşıklıkla çevresel bozulma arasında negatif bir ilişki vardır.
Yılancı ve Pata (2020)	1965-2016 Çin	EF, KBGSYH, Kişi başına fosil yakıtı dayalı enerji tüketimi, ECI	Bootstrap Fourier ARDL Eşbütünleşme Testi, Zamanla Değişen Nedensellik Testi	Ekonomik karmaşıklığın ekolojik ayak izine pozitif bir etkisi vardır. 1981–1987, 2006 ve 2008–2011'de ECI'dan EF'ye; 1982–1983, 1985, 1999 ve 2001'de EF'den ECI'ya doğru nedensellik vardır.
Shahzad vd. (2020)	1965Q1-2017Q4 ABD	EF, ECI, Enerji kullanımı (Fosil yakıt)	QARDL, Quantile Granger Nedensellik Testi	Ekonomik karmaşıklığın ekolojik ayak izine pozitif bir etkisi vardır. Ekonomik karmaşıklık ile ekolojik ayak izi arasında iki yönlü nedensellik bulunmuştur.
He vd. (2021)	1990-2018 İlk 10 Enerji Geçiş Ekonomisi	CO ₂ emisyonu, KBGSYH, Yenilenebilir enerji kullanımı, ECI, Küreselleşme göstergeleri	Panel Eşbütünleşme Testi, Slope Homojenlik Testi, CS-ARDL, CCEMG	Ekonomik karmaşıklık ve karbon emisyonları arasında negatif bir ilişki vardır.
Leitão vd. (2021)	1990-2015 BRICS Ülkeleri	CO ₂ emisyonu, KBGSYH ve karesi, ECI, Yenilenebilir enerji	Panel Eşbütünleşme, FMOLS, DOLS, FE, Panel Quantile Regresyon Analizi	Ekonomik karmaşıklık ve karbon emisyonları arasında negatif bir ilişki vardır.
Majeed vd. (2021)	1971-2018 OECD Ülkeleri	CO ₂ emisyonu, ECI, KBGSYH, GSYH'nin karesi, Toplam enerji tüketimi, Ticari açıklık, Kentleşme	Panel Veri Analizi, Panel Eşbütünleşme Analizi, VECM, Granger Nedenselsizlik testi (Granger non-causality test), FMOLS, FE-QR	Ekonomik karmaşıklık, karbon emisyonlarını uzun vadede pozitif etkilemektedir.
Martins vd. (2021)	1993-2018 Ekonomik Karmaşıklıkta İlk Yedi Ülke	CO ₂ emisyonu, KBGSYH, Yenilenebilir enerji, Küreselleşme, ECI	Slope Homojenlik Testi, Eşbütünleşme Analizi, CS-ARDL, CCEMG, Panel Nedensellik Testi	Ekonomik karmaşıklıkla karbon emisyonları arasında pozitif bir ilişki vardır.
Alvarado vd. (2021)	1980-2016 17 Latin Amerika Ülkesi	Ekolojik ayak izi, ECI, Toplam doğal kaynak rantları (%GSYH), Küreselleşme endeksi, Gini endeksi, İç kredi, Ticaret (mal ve hizmet ihracat ve ithalat toplamı-%GSYH)	Panel Kantil Regresyon Analizi, OLS	Ekonomik karmaşıklık yüksek ve orta üst gelirli ülkelerde kişi başına düşen ekolojik ayak izini artırmakta; düşük-orta gelirli ülkelerde azaltmaktadır.
Rafique vd. (2021)	1980-2017 Ekonomik Karmaşıklık Endeksindeki İlk On Ülke	EF, ECI, Yenilenebilir enerji üretimi, Beşeri sermaye endeksi, KBGSYH, Toplam kent nüfusu büyüklüğü, İhracat ürün kalitesi, Ticari açıklık	Panel Veri Analizi, SGMM, FMOLS, DOLS	Ekolojik ayak izi ile ekonomik karmaşıklık arasında pozitif bir ilişki vardır.
Nathaniel (2021)	1990-2016 ASEAN Ülkeleri	EF, ECI, KBGSYH, Küreselleşme, Karbondioksit emisyonu,	Eşbütünleşme Analizi D-H Nedensellik	Ekonomik karmaşıklık ekolojik ayak izini artırmaktadır. Ekolojik ayak izinden ekonomik karmaşıklığa doğru

		Enerji tüketimi	Testi	tek yönlü bir nedensellik vardır.
Kazemzadeh vd. (2021)	1970-2016 25 Ülke	EF, Nüfus, KBGSYH, ECI, Fosil yakıtların tüketimi, Gini katsayısı, Ticari açıklık	Panel Eşbütünleşme Testleri, Panel Kantil Regresyon Analizi OLS	Ekonomik karmaşıklık endeksi, ekolojik ayak izini %10' luk ve %25'lik kantillerde pozitif yönde etkilerken; %75 ve %95' lik kantillerde negatif yönde etkilemektedir.
Cui vd. (2021)	1980-2017 20 Ülke	EF, ECI, Beşeri sermaye, Yenilenebilir enerji üretimi, GSYH, Kent Nüfusu	Panel Veri Analizi, FMOLS DOLS CCR	Ekonomik karmaşıklıkla ekolojik ayak izi arasında pozitif bir ilişki vardır.
Ahmed vd. (2021)	1985-2017 G7	EF, KBGSYH ve karesi, Yenilenebilir enerji araştırma geliştirme ve gösteriminde kamu bütçeleri, Demokratik hesap verebilirlik, ECI, Finansal gelişme endeksi	Panel Eşbütünleşme Testi, Dumitrescu ve Hurlin Nedensellik Testi	Ekonomik karmaşıklık uzun vadede ekolojik ayak izini azaltmaktadır. Ekonomik karmaşıklıktan ekolojik ayak izine doğru %1 önem düzeyinde bir nedensellik vardır.
Ahmad vd. (2021)	1984-2017 20 Gelişmekte Olan Ülke	EF, KBGSYH ve karesi, Yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi, Kurumsal Kalite, ECI ve karesi	CS-ARDL	Ekonomik karmaşıklığın belli bir düzeye kadar EF' yi artırarak çevresel kaliteyi düşürdüğünü, bu düzeyden sonra yüksek ekonomik karmaşıklığın ise EF' yi azalttığını ortaya koymaktadır.
Ikram vd. (2021)	1965Q1-2017Q4 Japonya	EF, ECI, GSYH	QARDL Doğrusal ARDL Quantile Granger Nedensellik	Düşük ve yüksek kuantillerde ECI ve EF arasında çift yönlü kantil nedensellik mevcutken, orta kuantillerde incelenen değişkenler arasında nedensellik bulunamamıştır. ECI, EF yi hem kısa hem de uzun vadede düşük ve yüksek kuantillerde pozitif fakat düşüş eğiliminde olan bir şekilde etkilemektedir.
Bucak (2022)	1995-2017 G8 Ülkeleri ve Türkiye	ECI, Kişi Başına EF	Toda Yamamoto Nedensellik Testi	Kanada ve Japonya' ya da çift yönlü; Fransa ve İtalya'da ECI' dan EF' ye doğru; Almanya, Rusya, İngiltere ve ABD'de EF' den ECI' ya doğru nedensellik ilişkisinin olduğunu; Türkiye' de ise değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin olmadığını ortaya koymaktadır.
Huang vd. (2022)	1995-2018 E7 ve G7 Ülkeleri	ECFP (Ekolojik Ayak İzi), İletişim teknolojisi, Yenilenebilir enerji kullanımı, ECI, Beşeri sermaye, Finansal gelişim	Westerlund Panel Eşbütünleşme, Dumitrescu ve Hurlin (D-H) Panel Nedensellik Testi	E7 ülkelerinde uzun vadede ECI' daki 1 br' lik artış ECFP' yi %0.376 artırırken; G7 ülkelerinde ECI' daki 1 br' lik artış ECFP' yi %0.296 azaltmaktadır. Ayrıca E7 ve G7 ülkelerinde ECI' dan ECFP' ye tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır.
Khan vd. (2022)	1996-2019 G7 Ülkeleri	EFP (Ekolojik Ayak İzi), ECI, Yenilenebilir enerji tüketimi, Yenilenemez enerji tüketimi, KBGSYH, Kırsal nüfus artışı, Enflasyon oranı, Doğrudan yabancı yatırım, Gelir eşitsizliği, Ticaret	Panel Eşbütünleşme Testi (Pedroni eşbütünleşme testi, Kao ve Fisher eşbütünleşme testleri), FMOLS, DOLS	FMOLS ve DOLS sonuçlarına göre ECI ile EFP arasında pozitif bir ilişki vardır. Ayrıca ECI ve EFP arasındaki doğrusal olmayan (ECI ²) ilişki, belirli bir eşik seviyesine ulaştıktan sonra ekonomik karmaşıklığın G-7 ekonomilerinde çevresel bozulmayı azalttığını öne süren U-şekilli bir ilişkiyi (EKC hipotezi) doğrulamaktadır.

3. YÖNTEM

Çalışmada Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmıştır. Test, değişkenlerin durağanlık dereceleriyle ve koentegre ilişkiyle ilgilenmez. Dolayısıyla farklı dereceden durağan olan değişkenlere kolaylıkla uygulanabilen oldukça avantajlı ve esnek bir test olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Toda-Yamamoto nedensellik testi, VAR modeli üzerine kurulmaktadır. VAR modelinde optimal gecikme uzunluğunu ifade eden k ve en yüksek durağanlık derecesini ifade eden d_{max} değeri belirlendikten sonra, $k+d_{max}$ değerine göre yeni bir VAR modeli tahmini yapılmakta ve model aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$Y_t = \varpi + \sum_{i=1}^k \alpha_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{d_{max}} \delta_{1j} X_{t-j} + \sum_{j=m+1}^{d_{max}} \theta_{1j} Y_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (11)$$

$$X_t = \vartheta + \sum_{i=1}^k \alpha_{2i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{2i} Y_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{d_{max}} \delta_{2j} X_{t-j} + \sum_{j=m+1}^{d_{max}} \theta_{2j} Y_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (12)$$

11 ve 12 No' lu denklemlerdeki hata terimlerinin sıfır ortalama ile sabit kovaryans matrisine sahip olduğu kabul edilmektedir. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi, $H_0: \alpha_{1i} = 0$ ve $H_0: \alpha_{2i} = 0$ hipotezlerine dayandırılarak WALD test istatistiği yardımıyla incelenmektedir. Hesaplanan test istatistiğinin tablo değerinden büyük olması durumunda sıfır hipotezleri reddedilmektedir (Toda ve Yamamoto, 1995: 229-230).

Analize değişkenlerin durağanlıklarını tespit etmek amacıyla birim kök testleri ile başlanmıştır. Bu kapsamda geleneksel birim kök testlerinden ADF ve yapısal kırılmalı birim kök testlerinden Lee-Strazicich yapısal kırılmalı birim kök testi kullanılmıştır. Yapısal kırılmalı bu testin tercih edilmesindeki temel sebep, Lee ve Strazicich (2003) tarafından önerilen minimum Lagrange Çarpanı (LM) birim kök testinin hem içsel kırılmalara izin vermesi hem de sapma ve sahte reddetme problemlerinin ortaya çıkmasını önlemesidir. Test, iki kırılmayı içeren AA modeli ile hem düzey hem trendde iki kırılmayı içeren CC modeli olmak üzere iki model üzerine kurulmuştur (Glynn vd, 2007: 71). Lee Strazicich birim kök testinde aşağıdaki regresyon kullanılmaktadır:

$$y_t = \delta Z_t + e_t \quad e_t = \beta e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (13)$$

Denklemden (13) Z_t dışsal değişkenleri içeren vektörü, $e_t \sim iid N(0, \sigma^2)$ özelliği taşıyan kalıntıları belirtmektedir. Model AA, D_{jt} , $j=1,2$ olmak üzere $t \geq T_{Bj} + 1$ ise bir değerini; diğer durumlarda sıfır değerini alan bir gölge değişkeni göstermekte ve Z_t yerine $[1, t, D_t, D_t]'$ ifadesi yerleştirilerek elde edilmektedir. Model CC ise $j=1,2$ için DT_{jt} , $t \geq T_{Bj} + 1$ olduğunda $t - T_{Bj}$, diğer durumlarda ise sıfır değerini alan gölge değişkeni göstermekte ve Z_t yerine $[1, t, D_{1t}, D_{2t}, DT_{1t}, DT_{2t}]'$ ifadesi yerleştirilerek elde edilmektedir (Yılancı, 2009: 330).

Analiz, değişkenlerin durağanlıklarının tespitinden sonra nedensellik testi ile tamamlanmıştır. Ekonomik karmaşıklığın ekolojik ayak izi üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla kurulan model aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$EF = \beta_0 + \beta_{1t} ECI + \beta_{2t} \ln GDP + \beta_{3t} \ln RE + \beta_{4t} \ln NRE + \varepsilon_t \quad (14)$$

Verilen modelde (14) ekolojik ayak izi (EF) bağımlı değişkeni, ekonomik karmaşıklık endeksi (ECI), kişi başına gayrisafi yurtiçi hasılanın logaritması ($\ln GDP$), yenilebilir enerji kaynaklarının logaritması ($\ln RE$) ve yenilemeyen enerji kaynaklarının logaritması ($\ln NRE$) bağımsız değişkenleri

tanımlamaktadır. Modelde β_0 sabit etkileri; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ve β_4 bağımsız değişkenlere ait parametre değerlerini, t zamanı ve ε_t hata terimini göstermektedir.

Çalışmada, ekolojik ayak izi sabit kişi başına değeri, kişi başına gayrisafi yurtiçi hasıla sabit 2015 ABD Doları değeri, yenilebilir enerji kaynakları kişi başına yenilenebilir enerji kilowatt cinsinden ve yenilemeyen enerji kaynakları kişi başına düşen fosil yakıtların kilowatt cinsinden değeridir. Türkiye'ye ait endeks değerlerinden bazılarının negatif olması ekolojik ayak izi ve ekonomik karmaşıklık endeksi değişkenlerinin doğrusal bunlar dışındaki değişkenlerin tümünün logaritmik formda kullanılma sebebidir.

4. BULGULAR

Değişkenlere ait sabitli ve sabitli-trendli ADF birim kök test sonuçları aşağıda verilmiştir. Tüm testlerde gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi Kriterine göre alınmıştır. ADF birim kök test sonuçları şu şekildedir:

Tablo 2: ADF Birim Kök Test Sonuçları

Ülke	Değişken	Sabitli					Sabitli ve Trendli				
		Test İst. (Düzye)	1.Fark	%1	%5	%10	Test İst. (Düzye)	1.Fark	%1	%5	%10
Almanya	EF	-0.441	-7.186	-3.581	-2.926	-2.601	-3.381*	-7.148	-4.170	-3.510	-3.185
	ECI	-1.354	-5.358	-3.581	-2.926	-2.601	-1.461	-5.305	-4.170	-3.510	-3.185
	GDP	-2.356	-6.248	-3.588	-2.929	-2.603	-2.109	-6.824	-4.170	-3.510	-3.185
	RE	1.777	-6.380	-3.581	-2.926	-2.601	-1.315	-6.768	-4.170	-3.510	-3.185
	NRE	-0.315	-7.611	-3.581	-2.926	-2.601	-3.515**	-7.829	-4.170	-3.510	-3.185
İsveç	EF	-4.266** *	-7.296	-3.581	-2.926	-2.601	-5.007***	-7.301	-4.170	-3.510	-3.185
	ECI	-0.116	-5.610	-3.581	-2.926	-2.601	-0.552	-5.981	-4.170	-3.510	-3.185
	GDP	-0.393	-4.953	-3.581	-2.926	-2.601	-2.725	-4.899	-4.175	-3.513	-3.186
	RE	-4.572** *	-7.001	-3.581	-2.926	-2.601	-5.601***	-6.929	-4.170	-3.510	-3.185
	NRE	-0.660	-6.895	-3.581	-2.926	-2.601	-2.815	-6.602	-4.170	-3.510	-3.185
Japonya	EF	-1.659	-5.946	-3.581	-2.926	-2.601	-1.794	-5.955	-4.170	-3.510	-3.185
	ECI	-1.237	-6.195	-3.581	-2.926	-2.601	-1.483	-6.134	-4.170	-3.510	-3.185
	GDP	-3.638** *	-4.632	-3.581	-2.926	-2.601	-0.859	-5.665	-4.170	-3.510	-3.185
	RE	-3.353** *	-10.376	-3.581	-2.926	-2.601	-4.681***	-10.429	-4.170	-3.510	-3.185
	NRE	-1.998	-6.612	-3.581	-2.926	-2.601	-2.261	-6.602	-4.170	-3.510	-3.185
	EF	-0.539	-10.866	-3.584	-2.928	-2.602	-5.218	-10.753	-4.170	-3.510	-3.185

Türkiye	ECI	-2.725** *	-4.960	-3.581	-2.926	-2.601	-1.830	-5.348	-4.170	-3.510	-3.185
	GDP	0.451	-6.465	-3.581	-2.926	-2.601	-1.935	-6.497	-4.170	-3.510	-3.185
	RE	-1.622	-7.865	-3.581	-2.926	-2.601	-2.619	-7.884	-4.170	-3.510	-3.185
	NRE	-1.655	-6.589	-3.581	-2.926	-2.601	-3.572**	-6.620	-4.170	-3.510	-3.185

Not: (***) , (**) ve (*) değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 2' ye göre Almanya'da sabitli modelde (düzeyde) değişkenlerin hiçbiri durağan değildir. Sabitli&Trendli modelde ise NRE değişkeni %5 önem seviyesinde durağan olduğu görülmektedir. İsveç'de sabitli ve sabitli&trendli modelde (düzeyde) EF ve RE değişkenlerinin durağan, diğer değişkenlerinin durağan olmadığı görülmektedir. Japonya' da sabitli modelde GDP ve RE değişkenleri durağan olup sabitli&trendli modelde sadece RE değişkeni durağandır. Türkiye' de sabitli modelde değişkenlerin hiçbiri %5 önem seviyesinde durağan değildir. Sabitli&Trendli modelde ise NRE değişkeni durağandır. Tüm değişkenler birinci farkta durağandır.

Analiz kapsamında ayrıca Lee-Strazicich yapısal kırılmalı birim kök testi yapılmıştır. Test sonuçları aşağıdaki gibidir:

Tablo 3: Lee-Strazicich (2003) Yapısal Kırılmalı Birim Kök Test Sonuçları

Ülkeler	Değişkenler	Model AA			Model CC		
		Test İstatistiği	Kırılma Tarihi	Kritik Değerler	Test İstatistiği	Kırılma Tarihi ve λ Değerleri	Kritik Değerler
Almanya	EF	-4.78***	1990 1998	%1: -4.545 %5: -3.842 %10: -3.504	-5.18	1976(λ 1: 0.148) 1992(λ 2: 0.489)	%1:-6.16 %5:-5.59 %10:-5.27
	ECI	-2.14	1984 1991		-4.47	1976(λ 1: 0.148) 1995(λ 2: 0.553)	%1:-6.41 %5:-5.74 %10:-5.32
	GDP	-2.89	1975 2008		-6.97***	1980(λ 1: 0.234) 1989(λ 2: 0.425)	%1:-6.16 %5:-5.59 %10:-5.27
	RE	-1.21	1999 2003		-4.47	1994(λ 1: 0.531) 2004(λ 2: 0.744)	%1:-6.32 %5:-5.73 %10:-5.32
	NRE	-2.52	1975 1978		-5.55*	1980(λ 1: 0.234) 1990(λ 2: 0.446)	%1:-6.16 %5:-5.59 %10:-5.27
İsveç	EF	-7.39***	1976 2001		-7.19***	1976(λ 1: 0.148) 2002(λ 2: 0.702)	%1:-6.33 %5:-5.71 %10:-5.33
	ECI	-1.91	1991 2011		-3.87	1974(λ 1: 0.106) 1989(λ 2: 0.425)	%1:-6.16 %5:-5.59 %10:-5.27
	GDP	-3.87**	1994 2009		-4.44	1991(λ 1: 0.468) 2006(λ 2: 0.787)	%1:-6.42 %5:-5.65 %10:-5.32
	RE	-5.98***	1993 2001		-6.41***	1994(λ 1: 0.531) 2001(λ 2: 0.680)	%1:-6.32 %5:-5.73 %10:-5.32
	NRE	-3.77*	1975 1997		-3.99	1976(λ 1: 0.148) 1991(λ 2: 0.468)	%1:-6.16 %5:-5.59 %10:-5.27
Japonya	EF	-3.20	1983 1987	-6.51***	1981(λ 1: 0.255) 1990(λ 2: 0.446)	%1:-6.16 %5:-5.59 %10:-5.27	

	ECI	-2.25	1983 2007		-3.86	1983(λ 1: 0.297) 2006(λ 2: 0.787)	%1:-6.33 %5:-5.71 %10:-5.33
	GDP	-1.37	1993 2010		-4.93	1987(λ 1: 0.383) 2009(λ 2: 0.851)	%1:-6.42 %5:-5.65 %10:-5.32
	RE	-5.39***	1977 1991		-6.79***	1978(λ 1: 0.191) 2008(λ 2: 0.829)	%1:-6.33 %5:-5.71 %10:-5.33
	NRE	-3.13	1987 1993		-4.87	1981(λ 1: 0.255) 1997(λ 2: 0.595)	%1:-6.41 %5:-5.74 %10:-5.32
Türkiye	EF	-6.29***	1980 2004		-6.32**	1978(λ 1: 0.191) 2005(λ 2: 0.766)	%1:-6.33 %5:-5.71 %10:-5.33
	ECI	-2.70	1981 2005		-4.64	1987(λ 1: 0.383) 2004(λ 2: 0.744)	%1:-6.42 %5:-5.65 %10:-5.32
	GDP	-2.94	1979 2010		-4.58	1979(λ 1: 0.212) 1998(λ 2: 0.617)	%1:-6.41 %5:-5.74 %10:-5.32
	RE	-4.12**	1974 2000		-5.64*	1974(λ 1: 0.106) 1999(λ 2: 0.638)	%1:-6.41, %5:-5.74, %10:-5.32
	NRE	-3.13	1974 2000		-4.51	1979(λ 1: 0.212) 1986(λ 2: 0.361)	%1:-6.16 %5:-5.59 %10:-5.27

Not: (*), (**) ve (***) değerleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Lee-Strazicich yapısal kırılmalı birim kök test sonuçlarına göre model AA'da %5 önem seviyesinde İsveç' de GDP ve Türkiye' de EF serisi durağandır. Model CC' de ise Türkiye'nin EF serisi %5 önem seviyesinde durağandır.

Aşağıda sırasıyla Almanya, İsveç, Japonya ve Türkiye için mevcut değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini gösteren Toda-Yamamoto nedensellik test sonuçları yer almaktadır.

4.1. Almanya

Analizde yer alan ilk ülke Almanya'dır. Bu ülke verileri kullanılarak öncelikle VAR modeli yardımıyla uygun gecikme uzunluğu (k) 3 olarak belirlenmiştir. Analiz kapsamındaki en yüksek bütünleşme seviyesi I(1) olduğundan; dmax değeri 1'e eşittir. Gecikme uzunluğunun belirlenmesinin ardından VAR modeli Seemingly Unrelated Regression (SUR) yöntemi seçilerek yeniden tahmin edilmiştir. Test çıktısındaki olasılık değeri k serbestlik dereceli tablo değerine göre hesaplanmadığı için bulunan ki-kare değeri alınmış, ki-kare dağılım fonksiyonu kullanılarak olasılık değerinin 3 olarak hesaplanması sonucuna göre düzenlenmiştir.

Tablo 4: Almanya' nın Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	132.0807	NA	1.86e-09	-5.910730	-5.705939	-5.835209
1	367.2735	404.7505	1.07e-13	-15.68714	-14.45840*	-15.23402*
2	392.0200	36.83195	1.14e-13	-15.67535	-13.42265	-14.84462
3	429.5717	47.15790*	7.21e-14*	-16.25915*	-12.98250	-15.05082
4	449.4765	20.36771	1.19e-13	-16.02216	-11.72156	-14.43623

Tablo 4'deki sonuçlara göre uygun gecikme uzunluğu 3 olarak belirlenmiştir. Nedensellik test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 5: Almanya' nın Toda-Yamamoto Nedensellik Test Sonuçları

Nedenselliğin Yönü	k+d _{max}	Ki-kare	Olasılık Değeri	Karar (%5)
ECI→ EF	3+1=4	18.784	0.000***	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNGDP→ EF		6.676	0.082*	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNNRE → EF		4.994	0.172	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNRE → EF		4.659	0.198	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
EF → ECI	3+1=4	7.044	0.070*	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNGDP → ECI		28.810	2.45501E-06**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNNRE → ECI		2.949	0.399	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNRE → ECI		35.277	1.06426E-07***	H ₀ Red, Nedensellik Var
EF → LNGDP	3+1=4	8.909	0.030**	H ₀ Red, Nedensellik Var
ECI → LNGDP		4.089	0.252	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNNRE → LNGDP		9.569	0.022**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNRE → LNGDP		6.065	0.108	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
EF → LNNRE	3+1=4	21.699	7.53399E-05***	H ₀ Red, Nedensellik Var
ECI →LNNRE		65.482	3.95575E-14***	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNGDP → LNNRE		45.662	6.68985E-10***	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNRE → LNNRE		21.356	8.87764E-05***	H ₀ Red, Nedensellik Var
EF → LNRE	3+1=4	12.397	0.006*	H ₀ Red, Nedensellik Var
ECI → LNRE		3.057	0.382	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNGDP → LNRE		10.105	0.017**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNNRE → LNRE		5.200	0.157	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok

Not: (*), (**) ve (***) değerleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Almanya' da ECI' dan EF' ye; LNGDP' den ve LNRE' den ECI' ya; EF' den ve LNNRE' den LNGDP' ye; EF, ECI, LNGDP ve LNRE' den LNNRE' ye; EF ve LNGDP' den LNRE' ye doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Almanya'da ekonomik karmaşıklıktan ekolojik ayak izine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur. Yani, ülkede ekonomik karmaşıklık ekolojik ayak izinin nedenidir. Dolayısıyla daha karmaşık ve sofistike ürünler, uygun bir enerji karışımıyla karşılanabilen ve daha az kirlilik yaratan artan bir enerji talebi gerektirmektedir (Neagu, 2020: 11). ECI, yalnızca karmaşık ürün sepetini genişletmekle kalmayıp aynı zamanda onları daha fazla ülkeye ulaştırmaya ve çevre düzenlemelerine uymaya zorlamaktadır. Bu nedenle, ECI' den EF' ye doğru bir nedensellik bu göstergenin çevre ve kaynak kullanım politikasının formüle edilmesinde oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Söz konusu nedensellik ilişkisi, sürdürülebilir bir sanayi politikasının tasarlanmasına yardımcı olabilecektir (Ikram vd., 2021: 9). Politikacılar su yönetimini ve yeşil altyapıyı bir araya getirerek şehirlerin konforuna katkıda bulunan, kentsel peyzajın hidrolojik ve ekolojik değerlerini

birleştiren ve koruyan, aynı zamanda ülkelere sürdürülebilir kentler meydana getirmek için yapısal çözümler ortaya koyan mavi-yeşil altyapı uygulamalarını kullanarak hem çevreye hem bütçeye pozitif etkiler yapabilirler (Donnell vd., 2017: 964).

4.2. İsveç

Analizde yer alan ikinci ülke İsveç' dir. Bu ülke verileri kullanılarak öncelikle VAR modeli yardımıyla uygun gecikme uzunluğu (k) 1 olarak belirlenmiştir. Analiz kapsamındaki en yüksek bütünleşme seviyesi I(1) olduğundan; dmax değeri 1'e eşittir. Gecikme uzunluğunun belirmesinin ardından VAR modeli Seemingly Unrelated Regression (SUR) yöntemi seçilerek yeniden tahmin edilmiştir. Test çıktısındaki olasılık değeri k serbestlik dereceli tablo değerine göre hesaplanmadığı için bulunan ki-kare değeri alınmış, ki-kare dağılım fonksiyonu kullanılarak olasılık değerinin 1 olarak hesaplanması sonucuna göre düzenlenmiştir.

Tablo 6: İsveç' in Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	62.42881	NA	4.76e-08	-2.671107	-2.466317	-2.595587
1	239.7765	305.2031*	4.02e-11*	-9.757049	-8.528304*	-9.303926*
2	264.9403	37.45298	4.19e-11	-9.764664*	-7.511966	-8.933938
3	275.1370	12.80522	9.49e-11	-9.076140	-5.799489	-7.867813
4	297.5381	22.92203	1.40e-10	-8.955260	-4.654655	-7.369330

Tablo 6' daki sonuçlara göre uygun gecikme uzunluğu 1 olarak belirlenmiştir. Nedensellik test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 7: İsveç' in Toda-Yamamoto Nedensellik Test Sonuçları

Nedenselliğin Yönü	k+d _{max}	Ki-kare	Olasılık Değeri	Karar (%5)
ECI→ EF	1+1=2	0.748	0.386	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNGDP→ EF		4.737	0.029**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNNRE → EF		0.026	0.869	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNRE → EF		1.172	0.278	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
EF → ECI	1+1=2	0.250	0.616	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNGDP → ECI		1.357	0.244	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNNRE → ECI		0.095	0.757	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNRE → ECI		2.033	0.153	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
EF → LNGDP	1+1=2	5.720	0.016**	H ₀ Red, Nedensellik Var
ECI → LNGDP		1.896	0.168	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNNRE → LNGDP		1.278	0.258	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNRE → LNGDP		3.869	0.049**	H ₀ Red, Nedensellik Var
EF → LNNRE	1+1=2	1.211	0.270	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
ECI →LNNRE		2.431	0.118	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNGDP → LNNRE		9.973	0.001***	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNRE → LNNRE		5.194	0.022**	H ₀ Red, Nedensellik Var
EF → LNRE	1+1=2	9.765	0.001***	H ₀ Red, Nedensellik Var

ECI → LNRE		4.215	0.040**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNGDP → LNRE		5.496	0.019**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNNRE → LNRE		4.833	0.027**	H ₀ Red, Nedensellik Var

Not: (*), (**) ve (***) değerleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

İsveç'te LNGDP' den EF' ye; EF ve LNRE' den LNGDP' ye; LNGDP ve LNRE' den LNNRE' ye; EF, ECI, LNGDP ve LNNRE' den LNRE' ye doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

İsveç' de ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi arasında bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Öte yandan ekonomik karmaşıklıktan ve ekolojik ayak izinden yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. İsveç, 2050 yılına kadar fosil yakıt kullanımını ortadan kaldırmayı hedefleyen dünyanın en sürdürülebilir ülkelerindendir. Ülke, hem CO₂ vergisini hem de kapsamlı bir çevre vergisi reformunu uygulayan ilk ülkelerden biridir (Adebayo, 2022: 1884). Dolayısıyla ülke, ekonomik karmaşıklıkta göstermiş olduğu başarısını çevresel sorunlar yaşamayacak şekilde yürüttüğü politikalarıyla desteklemekte; böylelikle çevre üzerine olumsuz bir etkide bulunmamaktadır.

4.3. Japonya

Analizde yer alan üçüncü ülke Japonya'dır. Bu ülke verileri kullanılarak öncelikle VAR modeli yardımıyla uygun gecikme uzunluğu (k) 1 olarak belirlenmiştir. Analiz kapsamındaki en yüksek bütünleşme seviyesi I(1) olduğundan; dmax değeri 1'e eşittir. Gecikme uzunluğunun belirmesinin ardından VAR modeli Seemingly Unrelated Regression (SUR) yöntemi seçilerek yeniden tahmin edilmiştir. Test çıktısındaki olasılık değeri k serbestlik dereceli tablo değerine göre hesaplanmadığı için bulunan ki-kare değeri alınmış, ki-kare dağılım fonksiyonu kullanılarak olasılık değerinin 1 olarak hesaplanması sonucuna göre düzenlenmiştir.

Tablo 8: Japonya' nın Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	134.9285	NA	1.63e-09	-6.043184	-5.838394	-5.967664
1	354.9048	378.5639*	1.90e-13*	-15.11185	-13.88311*	-14.65873*
2	373.6179	27.85206	2.67e-13	-14.81944	-12.56674	-13.98871
3	399.1597	32.07583	2.97e-13	-14.84464	-11.56799	-13.63631
4	433.6837	35.32680	2.49e-13	-15.28761*	-10.98701	-13.70168

Tablo 8' deki sonuçlara göre uygun gecikme uzunluğu 1 olarak belirlenmiştir. Nedensellik test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 9: Japonya' nın Toda-Yamamoto Nedensellik Test Sonuçları

Nedenselliğin Yönü	k+d _{max}	Ki-kare	Olasılık Değeri	Karar (%5)
ECI→ EF	1+1=2	4.167	0.041**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNGDP→ EF		0.728	0.393	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok

LNNRE → EF		4.762	0.029**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNRE → EF		1.535	0.215	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
EF → ECI	1+1=2	0.761	0.382	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNGDP → ECI		8.649	0.003***	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNNRE → ECI		17.171	3,41612E-05***	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNRE → ECI		9.377	0.002***	H ₀ Red, Nedensellik Var
EF → LNGDP	1+1=2	2.011	0.156	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
ECI → LNGDP		4.044	0.044**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNNRE → LNGDP		3.118	0.077*	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNRE → LNGDP		1.047	0.306	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
EF → LNNRE	1+1=2	6.597	0.010***	H ₀ Red, Nedensellik Var
ECI → LNNRE		1.985	0.158	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNGDP → LNNRE		1.947	0.162	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNRE → LNNRE		4.222	0.039**	H ₀ Red, Nedensellik Var
EF → LNRE	1+1=2	4.955	0.026**	H ₀ Red, Nedensellik Var
ECI → LNRE		2.896	0.088*	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNGDP → LNRE		0.567	0.451	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok
LNNRE → LNRE		2.489	0.114	H ₀ Kabul, Nedensellik Yok

Not: (*), (**) ve (***) değerleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Japonya’da ECI ve LNNRE’ den EF’ ye; LNGDP, LNNRE ve LNRE’ den ECI’ ya; ECI ve LNNRE’ den LNGDP’ ye; EF ve LNRE’ den LNNRE’ ye; EF ve ECI’ dan LNRE’ ye doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Japonya’da ekolojik ayak izinden ekonomik karmaşıklığa doğru bir nedensellik tespit edilemezken; ekonomik karmaşıklıktan ekolojik ayak izine doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Dolayısıyla ekonomik karmaşıklık ekolojik ayak izinin nedenidir.

4.4. Türkiye

Analizde yer alan son ülke Türkiye’dir. Bu ülke verileri kullanılarak öncelikle VAR modeli yardımıyla uygun gecikme uzunluğu (k) 1 olarak belirlenmiştir. Analiz kapsamındaki en yüksek bütünleşme seviyesi I(1) olduğundan; dmax değeri 1’e eşittir. Gecikme uzunluğunun belirmesinin ardından VAR modeli Seemingly Unrelated Regression (SUR) yöntemi seçilerek yeniden tahmin edilmiştir. Test çıktısındaki olasılık değeri k serbestlik dereceli tablo değerine göre hesaplanmadığı için bulunan ki-kare değeri alınmış, ki-kare dağılım fonksiyonu kullanılarak olasılık değerinin 1 olarak hesaplanması sonucuna göre düzenlenmiştir.

Tablo 10: Türkiye’ nin Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	102.3209	NA	7.44e-09	-4.526555	-4.321764	-4.451035
1	275.3604	297.7889*	7.68e-12*	-11.41211*	-10.18337*	-10.95899*
2	286.6050	16.73609	1.53e-11	-10.77232	-8.519627	-9.941599
3	312.0406	31.94245	1.71e-11	-10.79259	-7.515936	-9.584260
4	330.4032	18.78956	3.04e-11	-10.48387	-6.183263	-8.897938

Tablo 10'daki sonuçlara göre uygun gecikme uzunluğu 1 olarak belirlenmiştir. Nedensellik test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 11: Türkiye' nin Toda-Yamamoto Nedensellik Test Sonuçları

Nedenselliğin Yönü	k+d _{max}	Ki-kare	Olasılık Değeri	Karar (%5)
ECI→ EF	1+1=2	0.519	0.471	H ₀ Red, Nedensellik Yok
LNGDP→ EF		5.412	0.019**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNNRE → EF		1.806	0.178	H ₀ Red, Nedensellik Yok
LNRE → EF		0.214	0.642	H ₀ Red, Nedensellik Yok
EF → ECI	1+1=2	2.026	0.154	H ₀ Red, Nedensellik Yok
LNGDP → ECI		3.402	0.065*	H ₀ Red, Nedensellik Yok
LNNRE → ECI		4.035	0.044**	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNRE → ECI		1.342	0.246	H ₀ Red, Nedensellik Yok
EF → LNGDP	1+1=2	8.103	0.004***	H ₀ Red, Nedensellik Var
ECI → LNGDP		0.084	0.770	H ₀ Red, Nedensellik Yok
LNNRE → LNGDP		1.934	0.164	H ₀ Red, Nedensellik Yok
LNRE → LNGDP		0.194	0.659	H ₀ Red, Nedensellik Yok
EF → LNNRE	1+1=2	4.060	0.043**	H ₀ Red, Nedensellik Var
ECI →LNNRE		0.076	0.781	H ₀ Red, Nedensellik Yok
LNGDP → LNNRE		7.771	0.005***	H ₀ Red, Nedensellik Var
LNRE → LNNRE		0.256	0.612	H ₀ Red, Nedensellik Yok
EF → LNRE	1+1=2	3.443	0.063	H ₀ Red, Nedensellik Yok
ECI → LNRE		1.633	0.201	H ₀ Red, Nedensellik Yok
LNGDP → LNRE		0.282	0.595	H ₀ Red, Nedensellik Yok
LNNRE → LNRE		4.183	0.040**	H ₀ Red, Nedensellik Var

Not: (*), (**) ve (***) değerleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Türkiye'de LNGDP' den EF' ye; LNNRE' den ECI' ya; EF' den LNGDP' ye; EF ve LNGDP' den LNNRE' ye; LNNRE' den LNRE' ye doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Türkiye'de ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi arasında bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Ülke analize dâhil edilen diğer üç ülkeden farklı olarak çok daha düşük bir ekonomik karmaşıklık düzeyine sahiptir. Ekonomik karmaşıklık düzeyinin artırılması adına eğitim, Araştırma ve Geliştirme faaliyetleri, liberal politikalar ve teşvikler gibi temel değişkenler üzerine odaklanmak gerekmektedir. Türkiye 'de verilen teşviklerin büyük bir kısmını ihracat teşvikleri oluşturmaktadır (Takım ve Ersungur, 2018: 729). Fakat teşvikler hala üreticinin üretim ve farklılaşma çabalarına destek verecek düzeyde değildir. Bu sebeple üreticiler çeşitli endişeler duymaktadır. Politika yapıcıların üreticiye hem destek hem de güven vereceği bir ortamı oluşturabilmeleri, ülke için oldukça önemlidir.

SONUÇ

II. Dünya Savaşı'ndan sonra ortaya çıkan liberalleşme, ülkeleri etkisi altına almış ve dünyada küreselleşme hareketi başlamıştır. Küreselleşmenin başlamasıyla dış ticaret önem kazanmış ve ülkeler ihtiyaç duydukları en basit ürünlerden en karmaşık ürünlere kadar her şeyi dışarıdan karşılayabilme imkânına kavuşmuştur. Zamanla değişen ihtiyaçlar, bazen bu ihtiyaçlara cevap vermeye çalışan bilgi ve teknoloji güncellemeleriyle giderilirken bazen bu mümkün olmamıştır. Dolayısıyla ülkeler, basit dış ticaret yapısından uzaklaşarak daha karmaşık bir üretim ve ürün yapısını tercih etmeye başlamıştır. Gerekliliklerden doğan bu değişim, karşımıza yeni yeni gündeme gelen “Ekonomik karmaşıklık” kavramını çıkarmaktadır. Ekonomik karmaşıklık, ülkelerin sofistike mal üretmeleri ve sayılı üretici arasında olmaları esasına dayanmaktadır. Ülkeler bu tarz malları üretirken çevreye zarar verebilmekte ve yerel etkiler zamanla tüm dünyaya yayılmaktadır. Bu noktada ise karşımıza ikinci önemli kavram, “Ekolojik ayak izi” çıkmaktadır. Ekolojik ayak izi, insan faaliyetlerinin ekosistemde bıraktığı olumsuz etkileri hesaplayan ve bu etkileri ortadan kaldırmak için gereken biyolojik kapasite miktarını ortaya koyan bir ölçümdür. Özellikle gelişmiş ülkelerde ekonomik karmaşıklık yüksek düzeydedir ve bunun ekolojik ayak izine yansımaları genellikle olumsuzdur. Fakat bu ekonomik karmaşıklık yüksek olan her ülkede ekolojik ayak izinin yüksek olacağını ifade etmez. Bazı ülkeler ekolojik ayak izini azaltmak için fosil yakıtlardan uzaklaşarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelir, kullanılabilir suyun korunmasına odaklanabilir, mevcut doğal kaynakları dengesiz bir şekilde tüketmekten kaçınabilir, hızlı nüfus artışlarına engel olmak amacıyla önlemler alarak nüfusu optimal düzeyde tutabilir, geri dönüşüm faaliyetlerine önem vererek kaynaklardan tasarruf sağlayabilir, kent planlamalarıyla çeşitli habitatları koruyabilir ve en önemlisi bireylerde ekolojik bilinci geliştirebilir.

Bu çalışma Almanya, İsveç, Japonya ve Türkiye ülkelerinde ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi arasında nedensel bir ilişkisinin var olup olmadığını ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Çalışma, 1970-2016 dönemini kapsayan 47 yıllık süre için Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ekonomik karmaşıklığın ekolojik ayak izine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, ekolojik ayak izi (sabit kişi başına değeri) bağımlı değişken; ekonomik karmaşıklık, GSYH (kişi başına gayrisafi yurtiçi hasıla sabit 2015 ABD Doları değeri), yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi (kişi başına yenilenebilir enerji kilowatt cinsinden değeri) bağımsız değişkenlerdir. Türkiye'ye ait endeks değerlerinden bazılarının negatif olması ekolojik ayak izi ve ekonomik karmaşıklık endeksi değişkenlerinin doğrusal bunlar dışındaki değişkenlerin tümünün logaritmik formda kullanılma sebebidir.

Analize değişkenlerin durağanlığını belirlemek amacıyla birim kök testleri ile başlanmıştır. ADF geleneksel birim kök testi ve Lee Strazicich yapısal kırılmalı birim kök testi yapılmıştır. Değişkenlerin tamamı birinci farkta durağandır. Belirlenen durağanlık düzeylerinin ardından Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmıştır. Nedensellik test sonuçları Almanya ve Japonya' da ECI' dan EF' ye (Ahmed vd., 2021; Huang vd., 2022) doğru bir nedensellik ilişkisinin olduğunu ve diğer iki ülkede (İsveç ve Türkiye) iki değişken arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığını (Bucak, 2022) ortaya koymuştur. ECI ve EF arasında tek yönlü de olsa bir ilişkinin olduğu her iki ülke

gelişmiş olmakla beraber çeşitli çevre sorunlarına sahiptir. Bu sonuç, üretimdeki başarının çevreye yansıtılmadığını göstermektedir. Almanya ve Japonya, gelişmiş ve farklılaşmış bir üretim yapısı sonucu ortaya çıkan çevre sorunlarını yok etmeye yönelik önlemler almalı ve politikalar geliştirmelidir. Herhangi bir ilişkinin bulunmadığı İsveç’ de ise ekonomik karmaşıklık yüksek olmasına rağmen ekolojik ayak izi oldukça düşük seviyelerdedir. Ülke, karmaşıklığın olumsuz etkilerini azaltmak için yukarıda sayılan politikaları başarılı bir şekilde uygulamaktadır. Türkiye’ de ise sonuç İsveç’ le aynı olmakla beraber iki ülke arasında ciddi farklar vardır. Bunlardan en önemlisi Türkiye’ nin 2019 yılı ekonomik karmaşıklık değerinin İsveç’ in yaklaşık üçte biri, Japonya’ nın dörtte biri ve Almanya’ nın üç buçukta biri olmasıdır. Ülke, dış ticarete sanayi ürünlerine yer vermesine rağmen ürün farklılaştırmasına gidememektedir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi ülkede yenilik yaratma anlayışının geliştirilmemiş olmasıdır. Yenilikçi bir anlayışın empoze edilebileceği en önemli yapı ise muhakkak ki eğitimidir ve ülkedeki eğitim düzeyi ve kalitesi, yenilik yaratacak bireyleri yetiştirmek için oldukça düşüktür. Ülkede verilen eğitimlerin ezber ve sonuç odaklı bir yapıdan uzaklaştırılması ve yeniliklere, icatlara, farklılıklara odaklanan yaratıcı süreçlere dayandırılması uzun vadede hem karmaşıklığa olumlu hem de ekolojik ayak izini azaltıcı bir etki yapacaktır. Dolayısıyla eğitimle başlayacak süreç bilinçlenme ile devam edecek ve nihayetinde farkındalık ve başarı ile son bulacaktır. Ülkede girişimci ve üreticilere teşvik verilmesi, çeşitli yükümlülüklerine muafiyet getirilmesi, gelecekte faydalı olacağına inanılan ürünlerin uluslararası piyasalarda olgunlaşana kadar desteklenmesi şeklinde kolaylaştırıcı ve girişimciliği özendirici faaliyetlerle de eğitimin pozitif yayılım etkisi artırılabilir.

KAYNAKÇA

- Adebayo, T.S., Rjoub, H., Daniel Akinsola, G., Oladipupo, S.D., (2022). “The Asymmetric Effects of Renewable Energy Consumption and Trade Openness on Carbon Emissions in Sweden: New Evidence From Quantile-on-Quantile Regression Approach”, *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 1875–1886.
- Ahmad, M., Ahmed, Z., Majeed, A., Huang, B., (2021). “An Environmental Impact Assessment of Economic Complexity and Energy Consumption: Does Institutional Quality Make a Difference?”, *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106603, 1-9.
- Ahmed, Z., Adebayo, T.S., Udemba, E.N., Murshed.M., Kirikkaleli., D., (2021). “Effects of Economic Complexity, Economic Growth, and Renewable Energy Technology Budgets on Ecological Footprint: The Role of Democratic Accountability”, *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- Alvarado, R., Tillaguango, B., Dagar, V., Ahmad, M, Işık, C., Mendez, P., Toledo, E., (2021). “Ecological Footprint, Economic Complexity and Natural Resources Rents in Latin America: Empirical Evidence Using Quantile Regressions”, *Journal of Cleaner Production*, 318 (128585), 1-14.
- Atlas Of Economic Complexity, <https://atlas.cid.harvard.edu/rankings/product/2018?filter=>, Erişim Tarihi: 02.03.2022.
- Balland, P.A., Rigby, D., (2016). “The Geography of Complex Knowledge”, *Economic Geography*, 93(1), 1–23.
- Bucak, Ç., (2022). “G8 Ülkelerinde ve Türkiye’de Ekonomik Karmaşıklık ve Ekolojik Ayak İzi İlişkisi: Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Analizi”, *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 22(1), 1-16.
- Calcott, A., Bull, J., (2007). Ecological Footprint Of British City Residents, WWF-UK, http://assets.wwf.org.uk/downloads/city_footprint2.pdf, Erişim Tarihi: 02.12.2021.

- Can, M., Gözgör, G., (2017). “The Impact of Economic Complexity on Carbon Emissions: Evidence from France”, *Environ Sci Pollut Res*, 24, 16364–16370.
- Chui, L., Weng, S., Nadeem, A., M., Rafique, M., Z., Shahzad, U., (2022). “Exploring The Role Of Renewable Energy, Urbanization And Structural Change For Environmental Sustainability: Comparative Analysis For Practical Implications”, *Renewable Energy*, 184, 215-224.
- Doğan, B., Driha, O. M., Balsalobre Lorente, D., Shahzad, U. (2020). “The Mitigating Effects of Economic Complexity and Renewable Energy on Carbon Emissions in Developed Countries”, *Sustainable Development*, 29(1), 1–12.
- Donnell, E. C. O., Lamond, J. E., Thornea, C. R. (2017). “Recognising Barriers to Implementation of Blue-Green Infrastructure: a Newcastle Case Study”, *Urban Water Journal*, 14(9), 964–971.
- Global Footprint Network, <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>, Erişim Tarihi: 02.03.2022.
- Glynn, J., Perera, N., Verma, R., (2007). “Unit Root Tests and Structural Breaks: A Survey with Applications”, *Revista De Métodos Cuantitativos Para La Economía Y La Empresa*, 3, 63-79.
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., Yıldırım M.A., (2013). “The Atlas Of Economic Complexity Mapping Paths To Prosperity”, The MIT Press, Malaysia.
- He, K., Ramzan, M., Awosusi, A. A., Ahmed, Z., Ahmad, M., Altuntas, M., (2021). “Does Globalization Moderate the Effect of Economic Complexity on CO2 Emissions? Evidence from the Top 10 Energy Transition Economies”, *Frontiers in Environmental Science*, 9, 1-11.
- Hidalgo, C. A., Hausmann, R., (2009). “The Building Blocks of Economic Complexity”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570-10575.
- Huang, Y., Haseeb, M., Usman, M., Öztürk, İ., (2022). “Dynamic Association Between ICT, Renewable Energy, Economic Complexity and Ecological Footprint: Is There Any Difference Between E-7 (Developing) And G-7 (Developed) Countries?”, *Technology in Science*, 68 (101853), 1-16.
- Ikram, M., Xia, W., Fareed, Z., Shahzad, U., 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), 1-12.
- Inoua, S., "A Simple Measure of Economic Complexity," arXiv. org, 2021.
- Kazemzadeh, E., Fuinhas, J., A., Koengkan, M., (2021). “The Impact of Income Inequality and Economic Complexity on Ecological Footprint: An Analysis Covering a Long-Time Span”, *Journal of Environmental Economics and Policy*, 1-21.
- Khan, S., Yahong, W., Chandio, A.A., (2022). “How Does Economic Complexity Affect Ecological Footprint in G-7 Economies: The Role Of Renewable and Non-Renewable Energy Consumptions and Testing EKC Hypothesis”, *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
- Kumar Meena, A., Kumar Yadav, T., (2019). “What is Ecological Footprint And Why Is It Important?”, *Agronomy*, 18(1), 25-26.
- Leitão, N.C., Balsalobre-Lorente, D., Cantos-Cantos, J.M., (2021). “The Impact of Renewable Energy and Economic Complexity on Carbon Emissions in BRICS Countries under the EKC Scheme”, *Energies*, 14(16), 2-15.
- Majeed, M. T., Mazhar, M., Samreen, I., Tauqir, A. (2021). “Economic Complexities and Environmental Degradation: Evidence from OECD Countries”, *Environment, Development and Sustainability*. 1-21.
- Mancini, M.S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, C., Bastianoni, S., Wackernagel, M., Marchettini, N., (2015). “Ecological Footprint: Refining the Carbon Footprint Calculation”, *Ecological Indicators*, 61(2), 390-403.
- Martins, J.M., Adebayo, T.S., Mata, M.N., Oladipupo, S.D., Adeshola, I., Ahmed, Z., Correia, A.B., (2021). “Modeling the Relationship Between Economic Complexity and Environmental Degradation: Evidence From Top Seven Economic Complexity Countries”, *Frontiers in Environmental Science*, 9, 1-12.
- Mealy, P., & Teytelboym, A. (2020). “Economic Complexity and The Green Economy”, *Research Policy*, 103948, 1-24.

- Nathaniel, S., P., (2021). “Economic Complexity Versus Ecological Footprint in the Era of Globalization: Evidence From ASEAN Countries”, *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 64871–64881.
- 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, 1-27.
- Neagu, O., (2020). “Economic Complexity and Ecological Footprint: Evidence from the Most Complex Economies in the World”, *Sustainability*, 12(9031), 1-18.
- Rafique, M. Z., Nadeem, A. M., Xia, W., Ikram, M., Shoaib, H. M., & Shahzad, U. (2021). “Does Economic Complexity Matter for Environmental Sustainability? Using Ecological Footprint as an Indicator”, *Environment, Development and Sustainability*, 1-18.
- Rapport, D.J., (2000), “Ecological Footprints and Ecosystem Health: Complementary Approaches To A Sustainable Future”, *Ecological Economics*, 32, 367-370.
- Seyidoğlu, H., (2009). Uluslararası İktisat Teori, Politika ve Uygulama, 17. Baskı, İstanbul: Güzem Can Yayınları.
- Shahzad, U., Fareed, Z., Shahzad, F., Shahzad, K. (2020). “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 (123806), 1-14.
- Sharif, A., Barış Tüzemen, Ö., Uzuner, G., Öztürk, İ., Sinha, A., (2020). “Revisiting The Role of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption on Turkey’s Ecological Footprint: Evidence from Quantile ARDL Approach”, *Sustainable Cities and Society*, 57(102138), 1-12.
- Soyyığıt, S., (2019). “Sektörel Katma Değer ve Yapısal Dönüşüm İlişkisi: CEE Ülkeleri ve Türkiye Analizi”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 377-393.
- Şeker, A., Şimdi, H., (2019). “The Relationship Between Economic Complexity Index and Export: The Case of Turkey and Central Asian and Turkic Republics”, *Economy of Region*, 15(3), 659-669.
- Takım, A, Ersungur. M.Ş., (2018). “Türkiye’de Teşvik Sisteminin Yapısı, Sorunları Ve Etkinliği Üzerine Bir Politika Önerisi: Tek Bir Uygulamacı Kuruluş Sorunları Çözer Mi?”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(3), 725-744.
- Toda, H. Y., Yamamoto, T. (1995). “Statistical Inference in Vector Autoregressions With Possibly Integrated Processes”, *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225–250.
- Yılcı, V., (2009). “Yapısal Kırımlar Altında Türkiye İçin İşsizlik Histerisinin Sınanması”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 10(2), 324-335.
- Yılcı, V., 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.

KATKI ORANI / CONTRIBUTION RATE	AÇIKLAMA / EXPLANATION	KATKIDA BULUNANLAR / CONTRIBUTORS*
Fikir veya Kavram / Idea or Notion	Araştırma hipotezini veya fikrini oluşturmak / Form the research hypothesis or idea	Ş. Mustafa ERSUNGUR Elifnur TIĞTEPE Fatma KILIÇ
Tasarım / Design	Yöntemi, ölçeği ve deseni tasarlamak / Designing method, scale and pattern	Ş. Mustafa ERSUNGUR Elifnur TIĞTEPE Fatma KILIÇ
Veri Toplama ve İşleme / Data Collecting and	Verileri toplamak, düzenlenmek ve raporlamak / Collecting, organizing and	Ş. Mustafa ERSUNGUR Elifnur TIĞTEPE

Processing	reporting data	Fatma KILIÇ
Tartışma ve Yorum / Discussion and Interpretation	Bulguların değerlendirilmesinde ve sonuçlandırılmasında sorumluluk almak / Taking responsibility in evaluating and finalizing the findings	Ş. Mustafa ERSUNGUR Elifnur TIĞTEPE Fatma KILIÇ
Literatür Taraması / Literature Review	Çalışma için gerekli literatürü taramak / Review the literature required for the study	Ş. Mustafa ERSUNGUR Elifnur TIĞTEPE Fatma KILIÇ

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Teşekkür: -

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author has no conflict of interest to declare.

Grant Support: The author declared that this study has received no financial support.

Acknowledgement: -
