



Bingöl Üniversitesi  
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi  
Bingol University  
Journal of Economics and Administrative Sciences

Cilt/Volume: 7, Sayı/Issue: 1  
Yıl/Year: 2023, s. 31-44  
DOI: 10.33399/biibfad.1192998  
ISSN: 2651-3234/E-ISSN: 2651-3307  
Bingöl/Türkiye

**Makale Bilgisi / Article Info**  
Geliş/Received: 21/10/2022 Kabul/ Accepted: 30/01/2023



## BRICS Ülkeleri ve Türkiye Örneğinde Ekolojik Ayak İzine Yönelik Çevresel Politika Şokları Kalıcı mı?

*Are the Environmental Policy Shocks to the Ecological Footprint Permanent in the Example of BRICS Countries and Türkiye?*

Sevcan KAPKARA KAYA\*  
Abdullah GÖV\*\*

### Öz

Bu çalışmanın amacı, BRICS ülkelerinde (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) ve Türkiye’de (BRICS+T) kişi başına düşen ekolojik ayak izi (EF) serisinin durağanlığını incelemektir. Bu amaç doğrultusunda, her bir ülkeye ait seri yapısı doğrusal olma ve doğrusal olmama bakımından sınıflandırılmıştır. Elde edilen doğrusallık durumu sonuçlarına göre her bir ülke verisinin analizinde uygun birim kök testi tercih edilmiştir. Bu durağanlık incelemesi sayesinde bu ülkelerin ekolojik ayak izinde ortaya çıkan şokların kalıcı olup olmadığına ilişkin çıkarımlar yapılmıştır. Çalışmada, 1961-2017 dönemine ait yıllık veriler doğrusal olan ve doğrusal olmayan birim kök testleri ile sınanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgularda, Sollis (2009) test sonuçlarına göre sadece Rusya’da ekolojik ayak izi serisinin durağan olduğu; Harvey vd. (2013) test sonuçlarına göre ise Rusya ve Türkiye’de ekolojik ayak izi serisinin durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer ülkelere ait sonuçlar ise ekolojik ayak izi serisinin düzey değerlerinde durağan olmadığını ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel kalite, ekolojik ayak izi, doğrusal birim kök, doğrusal olmayan birim kök

**JEL Kodları:** C22; Q50; Q57; Q58

### Abstract

The aim of this study is to examine the stationarity of the ecological footprint (EF) per capita in the BRICS countries (Brazil, Russia, India, China and South Africa) and Türkiye (BRICS+T). In this direction, the series structure of each country is classified in terms of linear and non-linearity, and according to these results, appropriate unit root tests are preferred. Thanks to this stationarity analysis, inferences are made as to whether the shocks in the ecological footprint of these countries are permanent or not. In the study, annual data was used for the period 1961-2017, and then this data set was tested with linear and nonlinear unit root tests. In the findings obtained from the study, according to Sollis (2009) test results, the ecological footprint series is stationary only in Russia; Harvey et al. (2013) test results show that the ecological footprint series is stationary in Russia and Türkiye. The results of other countries revealed that the ecological footprint series is not stationary at level values.

\* Dr. Öğr. Üyesi, Samsun Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, sevcan.kaya@samsun.edu.tr, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7864-0505>

\*\* Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Arel Üniversitesi, İ.İ.B.F., Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, abduhahgov@arel.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9400-6275>.

**Keywords:** Environmental quality, ecological footprint, linear unit root, nonlinear unit root

**JEL Codes:** C22; Q50; Q57; Q58

## 1. GİRİŞ

Toplumların maddi refahı, gezegende yaşayan türlerin zenginliği de dahil olmak üzere biyosferin doğal sermayesi üzerine kuruludur (Galli vd., 2013: 121). Son 50 yılda dünyamız küresel ticaret, tüketim ve nüfus artışının yanı sıra kentleşme yönünden de ciddi bir dönüşüm yaşamaktadır (WWF, 2020: 6). Bu dönüşümler insanların refahını iyileştirmenin yanında dünyanın kaynaklarının hızla tükenmesine ve buna bağlı olarak çeşitli çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu sorunların başında gelen küresel ısınma, iklim değişikliği, çevre kirliliği gibi sorunlar çevrenin ekonomik ve kıt bir kaynak olduğu düşünüldüğünde çevre konularının ilgi odağı haline gelmesine neden olmuştur. Küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileri tüm dünyada ilgi görürken, iklim değişikliği ile mücadele için CO<sub>2</sub> salınımının azaltılması hedefi 1997 yılında Kyoto Protokolü, 2018 yılında Katowice ve Paris anlaşması ile güvence altına alınmış durumdadır (Işık, vd., 2021: 32649). Birleşmiş Milletler, 2030 sürdürülebilir kalkınma hedefinde, sürdürülebilir kalkınmanın “ekonomik, sosyal ve çevresel” boyutlarını dengeli ve entegre bir şekilde geliştirmeyi planladığını belirtmektedir (Birleşmiş Milletler, 2015: 6).

İnsanlığın karşı karşıya olduğu en büyük tehditlerden biri olan çevresel bozulma, atmosferde sera gazlarının (GHGs) birikmesi nedeniyle hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde ön plana çıkan sorunlardan biri haline gelmiştir (Solarin, 2019: 6167). İncelenen en önemli çevresel sorunlardan biri, CO<sub>2</sub> salınımının neden olduğu sera etkisidir. Atmosferdeki sera gazlarının artmasının temel nedeni, ekonomik büyüme ve kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların yakılmasıdır (Işık vd., 2021:32649). Ancak çevre kirliliğini analiz ederken sadece bir göstergesi (veya sadece bir kirlilik türünü) dikkate almak, çevre analizlerinde kısmi ölçümler yapmaya neden olabilmektedir. Bu nedenle, söz konusu sorunun büyüklüğünün tespitinde hatalar meydana gelebileceği gibi bu soruna yönelik alınabilecek tedbirlerin belirlenmesinde doğru ve etkili çözümler üretilemeyebilir.

İlgili literatürde sıklıkla çevresel bozulma ve/veya çevresel kalite ile ilgili çalışmalarda CO<sub>2</sub> değişkeni kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda bu konuda daha kapsamlı bir gösterge olan ekolojik ayak izi göstergesinin kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Ekolojik ayak izi (EF), Rees (1992), Wackernagel (1994) ve Rees vd. (1996) tarafından geliştirilmiş ve insanların doğal kaynaklar üzerindeki talebini yansıtan toplu bir göstergedir (Ulucak ve Lin, 2017:337). EF bazı kaynak stoklarına odaklandığından, EF temelinde yapılan politik çıkarımlar, yalnızca bir kirlilik göstergesi temelinde yapılan çıkarımlardan daha etkilidir (Işık vd., 2021:32649). Bu nedenle çevresel kirliliği veya bozulmayı ele alan çalışmalarda, EF’yi kullanan çalışma sonuçları daha kapsamlı bir inceleme olanağı sağlamaktadır. Dolayısı ile bu gösterge kullanılarak yapılan çalışma sonuçlarının diğer dar kapsamlı göstergeler ile oluşturulan çalışmalar ile kıyaslandığında gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiğini söylemek mümkündür.

Ekolojik ayak izi (EF) bir popülasyonun, organizasyonun veya sürecin, kaynaklarını üretmek ve mevcut teknolojiyi kullanarak atıklarını emmek için ne kadar biyolojik kapasiteye ihtiyaç duyduğunun bir ölçüsüdür (Wackernagel ve Monfreda, 2004: 1). EF, tarım arazisi ayak izi, karbon tutma ayak izi, orman ayak izi, otlak ayak izi, yapılaşmış alan ayak izi ve balıkçılık sahası ayak izi olarak etiketlenen altı bileşenden oluşmaktadır (Işık vd., 2021:32649). EF, aynı zamanda küresel biyolojik kaynaklar üzerindeki insan talebini açıklayan bir göstergedir. Bu gösterge tüketim seviyesini mevcut biyo-üretken kara ve deniz alanı miktarıyla karşılaştırmaktadır. Başlangıçta ulusların, bireylerin veya insan topluluklarının çevresel

etkilerinin bir göstergesi olarak geliştirilmiş olan EF, organizasyonel ve kurumsal çevresel performansın ve hatta ürünlerin sürdürülebilirliğinin bir göstergesi olarak da kullanılmaktadır (Wiedmann ve Barrett, 2010: 1646).

Bu çalışmada BRICS+T ülkelerinde kişi başına düşen ekolojik ayak izinin durağanlık özellikleri doğrusal ve doğrusal olmayan zaman serileri teknikleri kullanılarak araştırılmaktadır. Çalışma “ele aldığı dönem, kapsamlı bir çevresel bozulma göstergesi olan ekolojik ayak izi değişkeninin durağanlığını test ederek, seride şokların kalıcı olup olmadığını araştırması, çalışmada durağanlık sınamasının doğrusal olma ve doğrusal olmama durumunu dikkate alarak uygun testin kullanımı ile gerçekleştirilmesi ve çalışmanın, ilgili yazında ele alınmamış olan BRICS+T ülkelerini ele alması” bakımından özgündür. Çalışma şu şekilde organize edilmiştir: Birinci bölümde ekolojik ayak izi ile ilgili genel bilgilendirmenin yapıldığı giriş bölümüne, ikinci bölümde konu ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde veri, yöntem ve bulgular, son bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuç ve değerlendirmeler yer almaktadır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Durağanlık analizi, bir serinin geçmiş davranışlarına bakarak bu serinin gelecekteki hareketleri ve şokların bir değişken üzerindeki etkisinin geçici mi yoksa kalıcı mı olduğu hakkında bilgi vermektedir. Bu nedenle bir zaman serisinin durağanlığının test edilmesi karar vericiler tarafından uygun politikaların oluşturulmasında önem arz etmektedir (Ulucak ve Lin, 2017: 337). Literatürde çevresel bozulma göstergesi olarak en çok kullanılan değişken CO<sub>2</sub>'dir. Ancak son yıllarda, CO<sub>2</sub>'ye kıyasla daha kapsamlı bir gösterge olması nedeniyle ekolojik ayak izi değişkeni de sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Bu bölümde öncelikle karbondioksit emisyonu için durağanlık sınaması yapan çalışmalardan bazı örneklerle; daha sonra ise ekolojik ayak izi değişkeninin durağanlığını araştıran çalışmalar için bazı örneklerle yer verilecektir.

Çevresel kalite ile ilgili araştırmalarda, CO<sub>2</sub> en çok kullanılan değişkenlerdendir. Pek çok çalışma çevresel kalitenin artırılmasına yönelik uygulamaya konulan politikalardan kaynaklı şokların kalıcı olup olmadığını, CO<sub>2</sub> değişkeninin durağanlığına bakarak test etmiştir. Bu çalışmalardan biri Heil ve Selden (1999)'a ait çalışmadır. Çalışmada, 1950-1992 döneminde 135 ülkenin karbondioksit emisyonu verisinin birim kök özellikleri test edilmiştir. Elde edilen bulgular, bu ülkelerden sadece 20 tanesinde CO<sub>2</sub> emisyonunun durağan olduğu yönündedir. Lanne ve Liski (2004) çalışmasında 1870-1998 döneminde 16 gelişmiş ülkeye ait CO<sub>2</sub> emisyonu serisinin durağanlık özelliklerini analiz etmiştir. McKittrick ve Strazicich (2005) çalışmasında 1950-2000 dönemi için 121 ülkede CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki birim kök özelliklerini incelemiştir. Elde edilen bulgular sonucunda örnekleme dahil edilen ülkelerin büyük çoğunluğunda serinin durağan olmadığı görülmüştür. Tiwari vd. (2016), 1960-2009 dönemini inceleyen çalışmasında 35 Sahra Altı Afrika ülkesinin karbondioksit emisyonu verisinin durağanlık özelliklerini incelemiştir. Bu özelliklerin incelenmesinde doğrusal olmayan zaman serisi birim kök ve panel birim kök testlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada uygulanan Becker ve diğerlerinin (2006) testinden elde edilen sonuçlar, 27 ülkenin kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonlarında ortalamaya geri dönüş yaşandığını ortaya koymuştur. Çalışmada, Chotareas ve Kapetanios'un (2009) panel birim kök testi kullanıldığında analize dahil edilen ülkelerden 15'inin kişi başına düşen karbondioksit emisyonu serisinin durağan olduğu; Chotareas ve Kapetanios'un (2009) birim kök testine Fourier terimi eklenildiğinde ise tüm ülkelere ait CO<sub>2</sub> emisyonu serisinin durağan özellik sergilediği gözlenmiştir. Gil-Alana vd. (2017) BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) ve G7 (Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik

Krallık, Japonya, Kanada, Almanya, Fransa ve İtalya) ülkeleri için karbon emisyonlarının durağanlığını incelemektedir. Çalışmanın sonuçları Amerika Bileşik Devletleri, Almanya ve Birleşik Krallık dışındaki ülkeler için karbondioksit emisyonlarının durağan olmadığını göstermiştir.

Ekolojik ayak izinin durağanlığını test ederek çevresel politika şoklarının kalıcı mı yoksa geçici mi olduğu konusunda literatüre kazandırılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan biri Ulucak ve Lin (2017)'e aittir. Yazarlar çalışmasında 1961-2013 döneminde ABD örneğinde ekolojik ayak izinin durağanlığını geleneksel birim kök ve Fourier birim kök testleri ile test etmiştir. Elde edilen bulgular, ekolojik ayak izi serisinin düzeyde durağan olmadığını göstermektedir. Solarin ve Bello (2018) çalışmasında, 128 ülke örneğinde ekolojik ayak izinin durağanlığını 1961-2013 dönemine ait verilerle doğrusal (Narayan ve Popp, 2010) ve doğrusal olmayan (Kruse, 2011)) birim kök testleri kullanarak incelemiştir. Elde edilen bulgular, 128 ülkenin 96'sının ekolojik ayak izi serisinin durağan olmadığını göstermekte olup, bu ülkelerde EF serisi üzerindeki şokların uzun vadeli ve kalıcı etkilerinin olacağını ifade etmektedir. Özcan vd. (2019) düşük, orta ve yüksek gelir grubu ülkeleri örneğinde, 1961-2013 dönemine ait ekolojik ayak izi serisinin durağanlığını Kapetanios, Shin ve Snell (2003) tarafından geliştirilen panel birim kök testi ile test etmiştir. Ampirik sonuçlar, ekolojik ayak izinin tüm yüksek gelirli ülkeler ile düşük gelirli ve üst-orta gelirli ekonomilerin yaklaşık yarısı için durağan bir sürece sahip olduğunu göstermekte olup düşük-orta gelirli ekonomiler için ise serinin durağan olmadığını doğrulamaktadır. Yılcı vd. (2019), 25 OECD ülkesinde 1961-2013 döneminde ekolojik ayak izi ve bileşenlerinin durağanlık özelliklerini incelemeyi amaçladıkları çalışmada Bahmani-Oskooee vd. (2014) tarafından geliştirilen panel birim kök testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular karbon ayak izi, orman ve otlak alan ayak izi, tarım alanı ayak izi ve inşaat alanı ayak izi göstergeleri için durağanlığın sağlandığını ancak balıkçılık alanı ayak izinde saplanmadığını göstermektedir. Alper ve Alper (2021) çalışmasında MINT ülkelerinde ekolojik ayak izi ve bileşenlerinin durağanlığını incelemektedir. Çalışmada 1961- 2016 dönemi verileri Fourier birim kök testi ile analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, Meksika'nın tarım alanı ayak izi, Endonezya için toplam ekolojik ayak izi ve inşaat alanı ayak izi, Nijerya için tarım alanı ve otlak alan ayak izi, Türkiye için balıkçılık alanı ve orman ürünleri ayak izi alt bileşenlerinin durağan olduğunu göstermiştir. Ayrıca sonuçlar, tüm MINT ülkelerinde karbon ayak izi alt bileşeninin durağan olmadığını ortaya koymuştur.

### 3. VERİ SETİ, METODOLOJİ VE BULGULAR

#### 3.1. Veri Seti

Çalışmada, BRICS ülkelerine ve Türkiye'ye ait "ekolojik ayak izi" verileri kullanılmıştır. İlgili veriler Global Footprint Network'ün resmi internet adresinden (<https://www.footprintnetwork.org/>) temin edilmiştir. Çalışmada, kişi başına düşen ekolojik ayak izine ait ulaşılabilen en geniş veri aralığı olan 1961-2017 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Ancak sadece Rusya için 1992-2017 dönemi verileri kullanılmıştır. İlgili literatürde bu ülke grubu için kişi başına düşen ekolojik ayak izinin hem doğrusal hem doğrusal olmayan özelliklerini dikkate alarak durağanlık özelliklerini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamış olması ve bu ülkelerin benzer ekonomik performans sergilemeleri çalışmada BRICS+T ülkelerinin incelenmesinin başlıca nedenleridir.

#### 3.2. Metodoloji

Zaman serilerinin birim kök sınavasından önce serinin doğrusal veya doğrusal-dışı yapısının tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Birim kök sınavasında serinin doğrusal

yapı özelliği göstermesi durumunda doğrusal birim kök testlerinin; doğrusal-dışı yapı özelliği göstermesi durumunda ise doğrusal-dışı birim kök testlerinin tercih edilmesi önerilmektedir. Çalışmada serilerin doğrusal özelliklerinin sınanmasında Harvey vd. (2008) ile Harvey ve Leybourne (2007) tarafından literatüre kazandırılan doğrusallık testlerinden yararlanmıştır.

### 3.2.1. Harvey ve Leybourne (2007) Doğrusallık Testi

Harvey ve Leybourne (2007), bir zaman serisinde doğrusallığın olmadığını varsayan alternatif hipoteze ( $H_1$ ) karşı doğrusallığın olduğu temel hipotezi ( $H_0$ ) test etmek için bir doğrusallık yöntemi önermişlerdir. Yazarlar hem doğrusal I(0) hem de I(1) süreçlerine dirençli bir test istatistiğini elde etmek için Vogelsang'ın (1998) modifikasyon yöntemini genişletmişlerdir. Harvey ve Leybourne (2007) doğrusallık test istatistiğinin elde edilmesinde aşağıdaki denklem kullanılmaktadır:

$$y_t = \eta_0 + \eta_1 y_{t-1} + \eta_2 y_{t-1}^2 + \eta_3 y_{t-1}^3 + \eta_5 (\Delta y_{t-1})^2 + \eta_6 (\Delta y_{t-1})^3 + \sum_{s=1}^q \eta_{4,s} \Delta y_{t-s} + \vartheta_t \quad (1)$$

Burada hem I(0) hem de I(1) sürecinin varlığı dikkate alınmaktadır. Harvey ve Leybourne (2007) testinin hipotezleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$H_0 : \eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_5, \eta_6 = 0,$$

$$H_1 : \text{En az bir } \eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_5, \eta_6 \neq 0.$$

Harvey ve Leybourne'nin (2007)  $W_T^*$  doğrusallık test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$W_T = \frac{RSS_1 - RSS_0}{RSS_0/T} \quad (2)$$

$$W_T^* = \exp(-b|DF_T|^{-1})W_T \quad (3)$$

Eşitlik (2)'de yer alan  $RSS_0$  kısıtsız regresyon modelin (Denklem (1)) en küçük kareler (EKK) yöntemiyle tahmin edilmesi sonucunda elde edilen artıkların kareler toplamını ifade etmektedir.  $RSS_1$  kısıtlı regresyon modelin (Denklem 4) EKK ile tahmin edilmesi sonucunda hesaplanan artıkların kareler toplamını ve T ise gözlem sayısını belirtmektedir. Eşitlik (3)'de yer alan  $DF_T$  Denklem (4)'ten elde edilen standart Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) t-istatistiğini ifade etmektedir. Denklemde yer alan  $b$ 'nin değeri sıfırdan farklı olmak üzere belirlenen  $\alpha$  önem düzeyine bağlıdır.

$$y_t = \pi_0 + \pi_1 y_{t-1} + \sum_{s=1}^q \delta_s \Delta y_{t-s} + \vartheta_t \quad (4)$$

$W_T^*$  doğrusallık test istatistiği 4 serbestlik dereceli ki-kare dağılımına uygunluk göstermektedir.

### 3.2.2. Harvey vd. (2008) Doğrusallık Testi

Harvey vd. (2008), tümleşme mertebesinin bilgisini gerektirmeyen Harvey ve Leybourne'un (2007) geliştirdikleri doğrusallık testinin prosedürünü takip ederek yeni bir doğrusallık testi geliştirmişlerdir. Bu testte bir zaman serisinin doğrusal olduğunu gösteren temel hipotez, doğrusallığın olmadığını varsayan alternatif hipoteze karşı sınanmaktadır.

Harvey vd. (2008) tarafından önerilen testin istatistiği, iki wald test istatistiğinin veriye bağlı basit ağırlıklı ortalamasından oluşmaktadır. Bu wald test istatistiklerinden birincisi veriler bir I(0) süreci tarafından üretildiğinde; ikincisi ise veriler bir I(1) süreci tarafından üretildiğinde etkindir. Harvey vd. (2008) tarafından geliştirilen doğrusallık test istatistiği ( $W_\lambda$ ) standart ki-kare dağılımına uygunluk göstermektedir.

$W_\lambda$  test istatistiğinin elde edilmesi için zaman serisinin I(0) ve I(1) varsayımı altında yararlanılan kısıtsız regresyon modelleri sırasıyla aşağıdaki formdadır:

$$y_t = \eta_0 + \eta_1 y_{t-1} + \eta_2 y_{t-1}^2 + \eta_3 y_{t-1}^3 + \sum_{s=1}^q \eta_{4,s} \Delta y_{t-s} + \vartheta_t \quad (5)$$

$$\Delta y_t = \lambda_1 \Delta y_{t-1} + \lambda_2 (\Delta y_{t-1})^2 + \lambda_3 (\Delta y_{t-1})^3 + \sum_{s=1}^q \lambda_{4,s} \Delta y_{t-s} + \vartheta_t \quad (6)$$

Zaman serisinin I(0) durumu için  $W_0$  wald istatistiği ve I(1) durumu için  $W_1$  wald istatistiği hesaplanarak  $W_\lambda$  test istatistiği elde edilmektedir:

$$W_\lambda = [1 - \lambda]W_0 + \lambda W_1 \quad (7)$$

### 3.2.3. Harvey vd. (2013) Birim Kök Testi

Makroekonomik zaman serilerinde trend kırılmaları genellikle görülmektedir. Bu nedenle makroekonomik zaman serileri genellikle kırılmalı trend fonksiyonları ile karakterize edilmiştir (Bknz. Perron (1989), Zivot ve Andrews (1992), Perron ve Rodriguez (2003), Stock ve Watson (2005), Lamsdell ve Papell (1997), Perron (1997), Lee ve Strazich (2003, 2004), Carrion-i-Silvestre vd. (2009)). Dolayısıyla modellenmemiş trend kırılmalarının güç üzerindeki ciddi etkilerinden kaçınmak isteniliyorsa, birim kök testlerinde bunların hesaba katılması gerekmektedir. Harvey vd. (2013), kırılmış bir aralıktaki tüm aday kırılma noktaları boyunca, merkezi Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (GLS) trendinden arındırılmış Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) tipi istatistiklerinin infimumunu alarak elde edilen, trendde çoklu kırılmalara izin veren yeni bir birim kök testi önermiştir. Bu testte örneklem için her bir gözlem göz ardı edilmeden dikkate alınarak tüm olası yapısal kırılma noktalarının hesaba katılması sağlanmaktadır.

Harvey vd. (2013)'de kullanılan model yapısı şu şekildedir:

$$y_t = \mu + \beta t + \gamma DT_t(\tau_0) + u_t, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (8)$$

$$u_t = \rho_T u_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = 2, 3, \dots, T \quad (9)$$

Burada,  $\tau_0 := [\tau_{0,1}, \tau_{0,2}, \dots, \tau_{0,m}]'$  varsayılan trend kırılma fraksiyonlarının (bilinmeyen) vektörüdür,  $\gamma := (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_m)'$  ilişkilendirilmiş kırılma büyüklüğü parametreleridir; bu nedenle  $\{y_t\}$ 'de  $\gamma_i \neq 0$  olmak üzere  $i = 1, \dots, m$  olduğunda bir trend kırılması meydana gelmektedir.

Tüm  $i$ 'ler için  $\tau_{0,i} \in \Lambda$  kırılma fraksiyonlarını göstermektedir. Burada  $\tau_L$  ile  $\tau_U$  kırılma parametreleri ve  $0 < \tau_L < \tau_U < 1$  olmak üzere  $\Lambda := [\tau_L, \tau_U]'$ dir. Buna ilaveten  $i \neq j$  olmak üzere tüm  $i, j$ 'ler için  $|\tau_{0,i} - \tau_{0,j}| \geq \eta > 0$  olduğu varsayılır. Öyleki, Veri Üretme Süreci (DGP),  $\Lambda$  aralığı boyunca bilinmeyen noktalarda meydana gelen (en fazla)  $m$  seviye kırılmasını kabul emektedir.

Harvey vd. (2013) çalışmasında verilerde eğilim kırılmaları olup olmadığını bilmeden  $H_1: \rho_T = 1 - c/T, c > 0$  alternatif hipoteze karşı  $H_0: \rho_T = 1$  temel birim kök test hipotezinin sınanması odaklanmıştır. Bu çalışmada ADF-GLS sınamasının  $m=1,2$  ve 3 trend kırılmalı durumu ele alınmakta ve bu üç durum için kritik değer tablolaştırılmıştır.

### 3.2.4. Sollis (2009) Birim Kök Testi

Sollis 2009 yılında yaptığı çalışmasında simetrik veya asimetric üstel yumuşak geçişli otoregresif (ESTAR) doğrusal olmama alternatif hipotezine karşı yeni bir birim kök testini önermektedir. Bu çalışmasında birim kök hipotezinin reddedilmesi durumunda, simetrik ve asimetric ESTAR doğrusal olmama durumunun basit bir testini de önermektedir. Burada geliştirilen ve asimetric ESTAR (AESTAR) modeli olarak adlandırılan genişletilmiş ESTAR modeli aşağıdaki gibidir:

$$\Delta y_t = G_t(\gamma_1, y_{t-1}) + [S_t(\gamma_2, y_{t-1})\rho_1 + (1 - S_t(\gamma_2, y_{t-1}))\rho_2]y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$G_t(\gamma_1, y_{t-1}) = 1 - \exp(-\gamma_1(y_{t-1}^2)), \quad \gamma_1 \geq 0 \quad (11)$$

$$S_t(\gamma_2, y_{t-1}) = (1 - \exp(-\gamma_2(y_{t-1})))^{-1}, \quad \gamma_2 \geq 0 \quad (12)$$

Burada  $\varepsilon_t$ 'nin sıfır ortalama ve sabit varyansla ( $\sigma^2$ ) bağımsız ve özdeş dağılan bir rassal değişken olduğu varsayılmaktadır. Sollis (2009), orijinal simetrik ESTAR modelinde olduğu gibi, AESTAR modelini (Denklem (10)) daha yüksek mertebeden dinamik terimlerdeki geçişlere izin verecek şekilde genişletmiştir:

$$\Delta y_t = G_t(\gamma_1, y_{t-1}) + [S_t(\gamma_2, y_{t-1})\rho_1 + (1 - S_t(\gamma_2, y_{t-1}))\rho_2]y_{t-1} + \sum_{j=1}^d K_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (13)$$

Burada  $y_t$ 'yi  $y_t^* = y_t - \hat{\mu}$  veya  $y_t^* = y_t - \hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_2 t$  ile yer değiştirerek sıfır olmayan bir ortalama ve deterministik eğilime izin verilebilmektedir.  $E(y_t) = \mu$  ve  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\alpha}_1$  ve  $\hat{\alpha}_2$  ESTAR modeli tahmin edilmeden önce en küçük kareler yöntemiyle elde edilen ilgili anakütle parametrelerinin tahminleridir.

Sıfır ortalama durumunda, birim kök hipotezi, Denklem (13)'de  $H_0: \gamma_1 = 0$  test edilerek bir birim kök merkezi rejimi ile küresel olarak durağan simetrik veya asimetrik ESTAR doğrusal olmama alternatif hipotezine karşı test edilebilir. Diğer yandan Denklem (11)'de  $\gamma_2, \rho_1$  ve  $\rho_2$  tanımlanamayan parametreler bulunduğundan,  $H_0: \gamma_1 = 0$  temel hipotezinin test edilmesinde geleneksel yöntemler kullanılamamaktadır. Bu nedenle Sollis, orijinal modeldeki üstel fonksiyonunun  $\gamma = 0$  etrafında birinci mertebeden Taylor açılımını alarak bir yardımcı model türetmiştir ve bu yardımcı modeli test için kullanmıştır. Sollis (2009) birim kök testinde, Taylor açılımından yararlanılarak Denklem (13)'ün düzenlenmiş versiyonu olan yardımcı model aşağıdaki gibidir:

$$\Delta y_t = \phi_1 y_{(t-1)}^3 + \phi_2 y_{(t-1)}^4 + \sum_{j=1}^d K_j \Delta y_{t-j} + \zeta_t \quad (14)$$

Denklem (11)'deki  $H_0: \gamma_1 = 0$  temel hipotezi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$H_0: \phi_1 = \phi_2 = 0 \quad (15)$$

Sollis (2009) tarafından önerilen AESTAR modelinin bir özelliği, standart bir F testi (veya t veya LM testi) ile  $H_0: \phi_2 = 0$ 'ı  $H_1: \phi_2 \neq 0$ 'a karşı test ederek ve Denklem (14)'deki yardımcı model kullanılarak birim kök hipotezi durağan simetrik veya asimetrik ESTAR doğrusal olmama alternatifine karşı reddedildiğinde, simetrik ESTAR doğrusal olmama temel hipotezinin asimetrik ESTAR doğrusal olmama alternatif hipotezine karşı sınanabilmesidir. Sollis, Denklem (14)'de  $H_0: \phi_1 = \phi_2 = 0$  temel birim kökü test etmek için önerdiği F test istatistiği aşağıdaki gibidir:

$$F = (R\hat{\beta} - r)'\hat{\sigma}^2 R'(\sum_t X_t X_t' | R'| (R\hat{\beta} - r))/m \quad (16)$$

Denklem (16)'da yer alan F test istatistiğini sınamak için standart kritik değerler kullanılmamaktadır. Sollis (2009) çalışmasında, buradaki F test istatistiğinin kritik değerlerini sıfır-ortalama ( $F_{AE}$ ), sıfır olmayan-ortalama ( $F_{AE,\mu}$ ) ve deterministik-trend ( $F_{AE,t}$ ) durumları için tabulaştırmıştır.

### 3.3. Bulgular

Bu çalışmada öncelikle BRICS-T ülkelerine ilişkin ekolojik ayak izi serilerinin doğrusallık sınaması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Harvey ve Leybourne (2007) ile Harvey vd. (2008)'nin geliştirdikleri testlerden yararlanılmıştır. Doğrusallık testlerinin sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Doğrusallık test bulgularından yararlanılarak doğrusal yapı özelliği

göstermeyen serilerin birim kök sınavını yapmak amacıyla Sollis (2009) birim kök testinden yararlanılmıştır. ESTAR ve LSTAR zaman serisi modelleri ekonominin farklı dinamiklerini göz önüne aldıklarından literatürde bu modellerin zaman serisi verilerinin analizinde kullanımı popüler olmuştur. Bu çalışmada kullanılan Sollis (2009) testi ESTAR ve LSTAR modellerine dayandığı için tercih edilmiştir. Bu sayede ekonomideki rejim değişim kavramı iki farklı yönde analiz edilmiştir.

Makroekonomik zaman serilerinde trend kırılmalarının genellikle görülmesi nedeniyle makroekonomik zaman serileri genellikle kırılmalı trend fonksiyonlarıyla karakterize edilmektedir. Modellenmiş trend kırılmaları güç üzerindeki olumsuz ve ciddi etkileri azaltabilmekte ve birim kök testlerinde trend kırılmalarının hesaba katılması büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, veri üretme sürecinde tek veya iki yapısal kırılmanın olması ve bu yapısal kırılma/ların göz ardı edilmesi birim kök temel hipotezinin reddedilmemesine yol açabilmektedir (Göv ve Köstekçi, 2022). Bu bilgiler ışığında çalışmada uygulanan doğrusallık testlerinin bulgularına göre, doğrusal özellik gösteren ülkeler için ekolojik ayak izi serisinin birim kök sınavını yapmak amacıyla yapısal kırılmalara izin veren Harvey vd. (2013) birim kök testi kullanılmıştır.

Tablo 1: Doğrusallık Test Sonuçları

Ülke	Harvey vd. 2008 $W_\lambda$ İstatistiği	Harvey ve Leybourne (2007)		
		%1	%5	%10
Brezilya	7.97 <sup>b</sup>	10.30	10.20 <sup>b</sup>	10.15 <sup>c</sup>
Çin	8.17 <sup>b</sup>	23.46 <sup>a</sup>	23.13 <sup>b</sup>	22.95 <sup>c</sup>
Hindistan	9.31 <sup>a</sup>	7.38	7.32	7.29
Rusya	3.21	13.50 <sup>a</sup>	13.37 <sup>b</sup>	13.31 <sup>c</sup>
Güney Afrika	5.15 <sup>c</sup>	5.05	5.01	4.98
Türkiye	2.51	3.27	3.13	3.05

NOT: a, b ve c sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyesinde doğrusallık sıfır hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Harvey vd. (2008) test istatistiğinin %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyesindeki kritik değerleri sırasıyla 9,21, 5,99 ve 4,60; Harvey ve Leybourne (2007) test istatistiğinin %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyesindeki kritik değerleri sırasıyla 13,27, 9,48 ve 7,77' dir.

BRICS-T ülkelerine ilişkin ekolojik ayak izi serilerinin doğrusallık testi için yararlanılan Harvey ve Leybourne (2007) testinin bulgularına göre Brezilya, Çin ve Rusya'nın ekolojik ayak izi serileri doğrusal olmayan yapıdadır. Harvey vd. (2008) testinin bulgularına göre ise Brezilya, Çin, Hindistan ve Güney Afrika'nın ekolojik ayak izi serileri doğrusal olmayan yapıdadır. Her iki doğrusallık testinin sonuçları Brezilya ve Çin'e ait ekolojik ayak izi serisinin doğrusal olmayan yapıda olduğunu ve sadece Türkiye'nin ekolojik ayak izi serisinin doğrusal yapıda olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan Hindistan, Rusya ve Güney Afrika'nın ekolojik ayak izi serileri için doğrusallık testleri farklı sonuçlar verdiği için bu seriler için hem doğrusal birim kök testi hem de doğrusal olmayan birim kök testi uygulanmıştır. Uygulanan birim kök test sonuçları Tablo 2'de ve Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 2: Sollis (2009) Birim Kök Test Sonuçları

Ülke	Gecikme	$F_{AE,\mu}$		Gecikme	$F_{AE,t}$	
		Test İstatistiği	Test İstatistiği		Test İstatistiği	Test İstatistiği
Brezilya	0	2.294	2.653	0	2.653	
Çin	1	0.198	1.204	1	1.204	
Hindistan	3	0.746	2.424	3	2.424	
Rusya	1	8.591 <sup>a</sup>	8.184 <sup>b</sup>	1	8.184 <sup>b</sup>	
Güney Afrika	0	1.762	1.633	0	1.633	

NOT:  $F_{AE,\mu}$  ve  $F_{AE,t}$   $H_0: \phi_1 = \phi_2 = 0$  temel hipotezinin sınavması için sırasıyla ortalamadan arındırılmış ve trendden arındırılmış yapıların test istatistikleridir.  $F_{AE,\mu}$  istatistiğinin 1%, %5 ve %10 önem düzeyindeki kritik değerleri



sırasıyla 6.891, 4.886 ve 4.009;  $F_{AE,t}$  istatistiğinin 1%, %5 ve %10 önem düzeyindeki kritik değerleri sırasıyla 8.799, 6.596 ve 5.415'dir. Kritik değerler Sollis'in (2009) çalışmasından (Tablo 1) alınmıştır. a ve b sırasıyla %1 ve %5 önem düzeyinde birim kök sıfır hipotezinin reddedildiğini ifade etmektedir. Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesinde Akaike bilgi kriteri kullanılmıştır.

Doğrusal olmayan özellik gösteren 5 ülke için ekolojik ayak izi serisinin birim kök içerip içermediğini sınamak amacıyla Sollis (2009) birim kök testi kullanılmıştır. Tablo 2'de verilen test sonuçlarına göre sadece Rusya'da ekolojik ayak izi serisinin hem ortalamadan arındırılmış yapısının hem trendden arındırılmış yapısının durağanlık özelliğini sağlandığı saptanmıştır.

**Tablo 3:** Harvey vd. (2013) Birim Kök Test Sonuçları

Ülke	MDF <sub>1</sub> İstatistiği	MDF <sub>2</sub> İstatistiği	TB1 TB2
Hindistan	-2.327	-3.384	2001 2009
Rusya	-3.639 <sup>c</sup>	-4.897 <sup>b</sup>	2011 2014
Güney Afrika	-2.882	-3.766	2001 2009
Türkiye	-4.544 <sup>a</sup>	-4.659 <sup>b</sup>	2001 2009
<b>Kritik Değer</b>	%1	-4.40	-5.10
	%5	-3.85	-4.58
	%10	-3.57	-4.30

**NOT:** \*, %5 önem düzeyinde birim kök temel hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Optimal gecikme uzunluğunun belirlenmesinde genelden özele t-istatistiği yöntemi kullanılmıştır. TB1 ve TB2 sırası ile birinci ve ikinci yapısal kırılma tarihlerini ifade etmektedir.

Doğrusal özellik gösteren 4 ülke için ekolojik ayak izi serisinin durağanlık özelliklerini sınamak amacıyla yapısal kırılmalara izin veren Harvey vd. (2013) birim kök testi kullanılmıştır. Tablo 3'de verilen test sonuçlarına göre Türkiye ve Rusya'da ekolojik ayak izi serisinin hem ortalamadan arındırılmış yapısı hem trendden arındırılmış yapısı için durağanlık özelliğinin geçerli olduğu saptanmıştır.

#### 4. SONUÇ

Ekolojik ayak izi, insanların çeşitli tercihleri ve faaliyetleri sonucunda çevreye yaptıkları baskıyı veya etkiyi ölçen, insanlar ile doğa arasındaki talep-arz ilişkisini yansıtan, toplulaştırılmış bir sürdürülebilir çevre göstergesidir. Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF), ekolojik ayak izinin 6 bileşenden oluştuğunu belirtmektedir. Bu bileşenler, "karbon ayak izi, orman ayak izi, tarım arazisi ayak izi, otlak ayak izi, yapılandırılmış alan ayak izi ve balıkçılık sahası ayak izi" şeklindedir. Son yıllarda çevre ile ilgili çalışmalarda daha kapsamlı bir gösterge olması nedeniyle ekolojik ayak izi, CO<sub>2</sub> gibi değişkenlere ikame olarak kullanılmaktadır.

İnsanlar, çeşitli eylem ve tercihleri ile hayatlarını kolaylaştırmak, hayattan aldıkları hazzı arttırmak ve daha kaliteli bir yaşam sürmek isterlerken aynı zamanda gelecekteki konforlarından ve kaliteli yaşam sürme haklarından bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde vazgeçmek durumunda kalmaktadır. Günümüzde halen çoğu insan doğal kaynaklarımızın tükendiğinin, dünyamızın kirlendiğinin ve yaşam kalitemizin giderek daha da kötüleştiğinin farkında değildirler. Bazı insanlar ise bu durumun farkında oldukları halde tercihlerinden ödün vermemekte ve normal yaşamlarına devam ederek, konfor alanlarını daha da konforlu hale getirmek istemekte olup, buna bağlı olarak ortaya çıkan çevresel bozulma gerçeğini göz ardı etmektedirler. Elbette bu olumsuz gidişatın farkında olan ve sürecin tersine dönmesi için çabalayan "çevreci" diye adlandırabileceğimiz bilinçli bir azınlık da bulunmaktadır. Ancak

burada en önemlisi karar alıcıların ve politika yapıcıların çevresel kararları ile uyguladıkları politikalar ve bu olumsuz gidişatı olumluya dönüştürecek her türlü plan ve projelerdir. Çünkü politika yapıcılar ile karar alıcıların uygulamaları tüm ülke insanını yakından ilgilendiren ve bu insanlara sorumluluk yükleyen uygulamalardır. Dolayısı ile çevresel bozulmanın önüne geçilmesinde azınlıkların çabaları ile kıyaslandığında daha etkili sonuç vermesi beklenebilmektedir.

BRICS+T ülkelerinde kişi başına düşen ekolojik ayak izinin durağanlık özelliklerinin incelendiği bu çalışmada, 1961-2017 dönemine ait yıllık veriler Sollis (2009) doğrusal olmayan birim kök testi ve Harvey vd. (2013) doğrusal birim kök testi ile analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, Sollis (2009) doğrusal olmayan birim kök testi sonuçlarının “Brezilya, Çin, Hindistan ve Güney Afrika” ülkelerindeki ekolojik ayak izi serisinin durağan özellik göstermediğini, bu ülkelerde ekolojik ayak izinde ortaya çıkan şokların etkisinin kalıcı olduğunu ortaya koymaktadır. Harvey vd. (2013) doğrusal birim kök test sonucu ise Hindistan ve Güney Afrika’nın ekolojik ayak izi serisinin durağan özellik sergilemediğini ve bu serideki şokların bu ülkeler için kalıcı olduğunu ortaya koymaktadır. Sollis (2009) test sonucuna göre Rusya’nın; Harvey vd. (2013) test sonucuna göre ise Rusya’nın ve Türkiye’nin ekolojik ayak izi serilerinin durağan yapı sergilediği görülmektedir. Bu sonuçlar, Rusya ve Türkiye’nin ekolojik ayak izi serisine gelen şokların etkisinin geçici nitelikte olduğunu ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile bu sonuçlar, Rusya ve Türkiye gibi ekolojik ayak izinin durağan özellikler gösterdiği ülkelerde ekolojik ayak izinde ortaya çıkan artışların önüne geçilmesinde, mevcut çevresel kaliteyi artırmaya yönelik uygulanan politikaların etkili olmadığı anlamına gelmektedir. EF’deki bu artışların önüne geçilmesinde, çevre vergisi uygulamalarının düzenlenmesi, çevresel bilinci arttırmaya ve temiz enerji kullanımına yönelik uygulamaların geliştirilmesi ve diğer çevreci politikaların iyileştirilmesi gibi çevreci düzenlemelerin hayata geçirilmesi gerekmektedir.

---

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

**Yazar Katkıları:** Sevcan KAPKARA KAYA, çalışmada literatür, verilerin toplanması ve sonuçların değerlendirilmesi bakımından katkı sağlamıştır. Abdullah GÖV, konunun belirlenmesi, verilerin analizi ve raporlama aşamalarında katkı sağlamıştır. 1. yazarın katkı oranı %50, 2. yazarın katkı oranı ise %50’dir.

**Çıkar Beyanı:** Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

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

---

## Kaynakça

- Alper, A. E., & Alper, F. Ö. (2021). Persistence of policy shocks to the ecological footprint of MINT countries. *Ege Academic Review*, 21(4), 427-440.
- Carrion-i-Silvestre, J. L., Kim, D. & Perron, P. (2009). GLS-based unit root tests with multiple structural breaks under both the null and the alternative hypotheses. *Econometric Theory*, 25, 1754-1792.
- Galli, A., Wackernagel, M., Iha, K., & Lazarus, E. (2014). Ecological footprint: Implications for biodiversity. *Biological Conservation*, 173, 121-132.
-

- Göv, A. & Köstekçi, A. (2022). Dış borç yatırımlar için önemli mi? Türkiye’den kanıtlar. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 7(2), 399-423.
- Harvey, D. I., Leybourne, S. J. & Robert Taylor, A.M. (2013). Testing for unit roots in the possible presence of multiple trend breaks using minimum Dickey-Fuller statistics. *Journal of Econometrics*, 177, 265-284.
- Gil-Alana, L.A., Cunado, J. & Gupta, R. (2017). Persistence, mean-reversion and non-linearities in CO<sub>2</sub> emissions: evidence from the BRICS and G7 Countries. *Environ. Resour. Econ*, 67, 869-883.
- Global Footprint Network, [Çevrimiçi kaynak]. <https://www.footprintnetwork.org/> [Erişim: 14.10.2022].
- Harvey, D.I. & Leybourne, S.J. (2007). Testing for Time Series Linearity. *Econometrics Journal*, 10, 149-165.
- Harvey, D. I., Leybourne, S. J., & Xiao, B. (2008). A powerful test for linearity when the order of integration is unknown. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 12(3), 1-24.
- Heil, M. T., & Selden, T. M. (1999). Panel stationarity with structural breaks: carbon emissions and GDP. *Applied Economics Letters*, 6(4), 223-225.
- Işık, C., Ahmad, M., Ongan, S., Ozdemir, D., Irfan, M., & Alvarado, R. (2021). Convergence analysis of the ecological footprint: Theory and empirical evidence from the USMCA countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(25), 32648-32659.
- Lanne, M. & Liski, M. (2003). Trends and breaks in per-capita carbon dioxide emissions. *IAEE Energy J.* 25 (4), 1870-2028.
- Lee, J., & Strazicich, M. C. (2003). Minimum Lagrange multiplier unit root test with two structural breaks. *Review of economics and statistics*, 85(4), 1082-1089.
- Lee, J. & Strazicich, M. (2004). Minimum LM unit root test with one structural break. Department of Economics, Appalachian State University, Unpublished Manuscript. [Çevrimiçi kaynak]. <https://econ.appstate.edu/RePEc/pdf/wp0417.pdf> [Erişim: 14.10.2022].
- Lumsdaine, R.L. & Papell, D. H. (1997). Multiple trend breaks and the unit-root hypothesis. *The Review of Economics and Statistics*, 79, 212-218.
- McKittrick R. & Strazicich M.C. (2005). Stationarity of global per capita carbon dioxide emissions: Implications for global warming scenarios. *Working Papers 05-03*, Department of Economics, Appalachian State University.
- Ozcan, B., Ulucak, R. & Dogan, E. (2019). Analyzing long lasting effects of environmental policies: Evidence from low, middle and high income economies. *Sustainable Cities and Society*, 44, 130-143.
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica*, 57, 1361-1401.
- Perron, P. (1997). Further evidence of breaking trend functions in macroeconomic variables. *Journal of Econometrics*, 80, 355-385.
- Perron, P., Rodriguez, G. (2003). GLS detrending, efficient unit root tests and structural change. *Journal of Econometrics*, 115, 1-27.

- Rees, W.E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environ. Urbanization*, 4 (2), 121-130.
- Rees, W. & Wackernagel, M. (1996). Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable – and why they are a key to sustainability. *Environ. Impact Assess. Rev.*, 16 (4-6), 223-248.
- Solarin, S. A. (2019). Convergence in CO<sub>2</sub> emissions, carbon footprint and ecological footprint: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(6), 6167-6181.
- Solarin, S.A. & Bello, M.O. (2018). Persistence of policy shocks to an environmental degradation index: the case of ecological footprint in 128 developed and developing countries. *Ecological Indicators*, 89, 35-44.
- Sollis, R. (2009). A simple unit root test against asymmetrical STAR nonlinearity with an application to real exchange rates in nordic countries. *Economic Modelling*, 26(1), 118-125.
- Stock, J. & Watson, M.W. (2005). Implications of dynamic factor analysis for VAR models. *NBER Working Paper*, 11467.
- Tiwari, A. K., Kyophilavong, P., & Albulescu, C. T. (2016). Testing the stationarity of CO<sub>2</sub> emissions series in Sub-Saharan African countries by incorporating nonlinearity and smooth breaks. *Research in International Business and Finance*, 37, 527-540.
- Ulucak, R. & Lin, D. (2017). Persistence of policy shocks to Ecological Footprint of the USA. *Ecological Indicators*, 80, 337-343.
- United Nations, G.A. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. A/RES/70/1, [Çevrimiçi kaynak].<https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/89/PDF/N1529189.pdf?OpenElement> [Erişim: 01.09.2022].
- Vogelsang, T.J. & Perron, P. (1998). Additional tests for a unit root allowing the possibility of breaks in the trend function. *International Economic Review*, 39, 1073-1100.
- Wackernagel, M. (1994). Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Toll for Planning Toward Sustainability. The University of British Columbia, PhD Thesis.
- Wackernagel, M., & Monfreda, C. (2004). Ecological footprints and energy. *Encyclopedia of energy*, 2(1), 1-11.
- Wackernagel, M. & Rees, W.E. (1996). Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada.
- Wiedmann, T. & Barrett, J. (2010). A review of the ecological footprint indicator-perceptions and methods. *Sustainability*, 2(6), 1645-1693.
- World Wildlife Fund (WWF) (2020). Living Planet Report 2020 – Bending the curve of biodiversity loss. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland.
- Yilanci, V., Gorus, M. S., & Aydin, M. (2019). Are shocks to ecological footprint in OECD countries permanent or temporary?. *Journal of cleaner production*, 212, 270-301.

Zivot, E. & Andrews, D.W.K. (1992). Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*, 10, 251–270.

---

**Are the Environmental Policy Shocks to the Ecological Footprint Permanent in the Example of BRICS Countries and Türkiye?**

---

*Extended Abstract*

---

**Aim:** The aim of this study is to examine the BRICS countries (Brazil, Russia, India, China, and South Africa) and the time series behavior of Türkiye's per capita ecological footprint series in the 1961-2017 period by testing the structure of the series with linear and non-linearity tests in accordance with the results obtained, the unit root properties of the series by using linear and/or non-linear unit root tests.

**Method(s):** In the study, in testing the linear properties of the ecological footprint series, it was benefited from the linearity tests brought to the literature by Harvey et al. (2008), Harvey and Leybourne (2007). According to these test results, Harvey et al. (2013) used a linear unit root test for countries with linear features, and Sollis (2009) used a nonlinear unit root test for nonlinear countries.

**Findings:** According to the findings of Harvey and Leybourne (2007) test, the ecological footprint series of Brazil, China, and Russia are nonlinear. However, according to the findings of the Harvey et al. (2008) test, the ecological footprint series of Brazil, China, India, and South Africa are non-linear. On the other hand, since linearity tests gave different results for the ecological footprint series of India, Russia, and South Africa, both linear unit root tests and non-linear unit root tests were applied to these series. According to the unit root test results obtained, Sollis (2009) reveals that the ecological footprint series of the non-linear unit root test results in Brazil, China, India and South Africa countries do not show a static feature, and the effect of the shocks on the ecological footprint in these countries is permanent. Harvey et al. (2013) linear unit root test result reveals that the ecological footprint series of India and South Africa do not exhibit static properties and that the shocks in this series are permanent for these countries. On the other hand Sollis (2009) and Harvey et al. (2013) unit root tests results show that the ecological footprint series of Russia exhibit a stationarity structure. In addition, Harvey (2013) test results provided evidence that Turkey's ecological footprint has a stationarity structure.

**Conclusion and Discussion:** Ecological footprint as a comprehensive environmental indicator is frequently used in environmental studies, especially in recent years. For example Ulucak and Lin (2017) stated that the ecological footprint is a composite indicator of humanity's demand for natural resources. This indicator carries useful information about the environment and is an important indicator for empirical analysis in explaining the relationships between global environmental degradation, local environmental pressure, and economic activities. The main purpose of this study is to test the stationarity properties of the ecological footprint series per capita in BRICS+T countries, taking into account the linear and non-linearity situations, and thus to make inferences about whether the shocks to this series in these countries are temporary or permanent. Accordingly, it can be put forward whether the environmental policies implemented in these countries are effectively increases in the ecological footprint. When the findings obtained from the study are considered it is seen that only Russia and Turkey, among the BRICS+T countries, have stasis properties in the ecological footprint series. Hence, the effects of shocks resulting from some environmental practices are not permanent in these countries. On the other hand, in Brazil, India, China, and South

Africa, the impact of shocks on the ecological footprint series is permanent. In other words, the ecological footprint series, which has an increasing trend, might be reduced with effective environmental policies and practices.