



Dergi ana sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/pausbed>

*Araştırma Makalesi*

Atıf Bilgisi: İmre Bıyıklı, S. (2026). N-11 ülkelerinde ekolojik ayak izi ve bileşenlerinde şokların kalıcılığının incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 73, 400-414. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1756203>

## N-11 ÜLKELERİNDE EKOLOJİK AYAK İZİ VE BİLEŞENLERİNDE ŞOKLARIN KALICILIĞININ İNCELENMESİ

Süreyya İMRE BİYIKLI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri, [simre@gelisim.edu.tr](mailto:simre@gelisim.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0001-8904-6635>

### Öz

Bu çalışmada, N-11 ülkelerinde ekolojik ayak izi ve alt bileşenleri olan yerleşim alanları ayak izi, karbon ayak izi, tarım alanı ayak izi, balıkçılık alanları ayak izi, orman alanları ayak izi, otlak alan ayak izi serilerinin durağanlık yapıları 1971–2022 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak araştırılmıştır. Öncelikle Harvey ve Leybourne (2007) ile Harvey, Leybourne ve Xiao (2008) testleri ile serilerin doğrusal olup olmadıkları tespit edilmiştir. Doğrusal seriler için Schmidt ve Phillips (1992) geleneksel LM testi, doğrusal olmayan seriler için ise Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) (2003) doğrusal olmayan birim kök testi kullanılarak şokların kalıcılığı araştırılmıştır. Schmidt ve Phillips (1992) LM birim kök testi sonuçlarına göre Endonezya için balıkçılık alanları ayak izi, Nijerya için otlak alan ayak izi, Filipinler ve Güney Kore için yerleşim alanları ayak izi, Türkiye için ise ekolojik ayak izi ve balıkçılık alanları ayak izi serilerinin durağan olduğu belirlenmiştir. KSS (2003) tarafından geliştirilen doğrusal olmayan birim kök testi sonuçlarına göre ise Pakistan, Filipinler ve Endonezya’da karbon ayak izi, Meksika’da ekolojik ayak izi ve yerleşim alanları ayak izi, karbon ayak izi, tarım alanı ayak izi serisi, Nijerya’da tarım alanı ayak izi, Güney Kore’de tarım alanı ayak izi ve otlak alan ayak izi, Vietnam’da ise ekolojik ayak izi ve balıkçılık alanları ayak izi, orman alanları ayak izi, otlak alan ayak izi serilerinin durağan bir süreç sergilediği saptanmıştır. Serilerin büyük kısmının birim köklü olması, çevresel bozulmaların kendiliğinden düzelmeyeceğini ve bu süreçlerin zaman içinde ortalamaya dönme eğiliminde olmayacağını işaret etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Ekolojik ayak izi, N-11 ülkeleri, KSS (2003) testi, Schmidt ve Phillips (1992) LM Testi.

## INVESTIGATION OF THE PERSISTENCE OF SHOCKS IN ECOLOGICAL FOOTPRINT AND ITS COMPONENTS IN N-11 COUNTRIES

### Abstract

In this study, the stationarity structures of the ecological footprint and its subcomponents, namely residential footprint, carbon footprint, agricultural footprint, fishing footprint, forest footprint and grassland footprint series in N-11 countries are investigated using annual data for the period 1971-2022. Firstly, Harvey and Leybourne (2007) and Harvey, Leybourne and Xiao (2008) tests are used to determine whether the series are linear or not. Schmidt and Phillips (1992) conventional LM test for linear series and KSS (2003) nonlinear unit root test for nonlinear series are used to investigate the persistence of shocks. According to the results of the Schmidt and Phillips (1992) LM unit root test, the fishing area footprint series for Indonesia, the grassland footprint series for Nigeria, the residential area footprint series for the Philippines and South Korea, and the ecological footprint and fishing area footprint series for Türkiye are stationary. According to the results of the non-linear unit root test developed by KSS (2003), the carbon footprint series in Pakistan, Philippines and Indonesia, the ecological footprint series in Mexico, and the residential footprint, carbon footprint and agricultural footprint series in Mexico, The series of agricultural land footprint in Nigeria, agricultural land footprint and grassland footprint in South Korea, ecological footprint and fishing land footprint, forest land footprint and grassland footprint in Vietnam were found to exhibit a stationary process. The fact that most of the series are unit-rooted indicates

that environmental disturbances will not correct themselves and that these processes do not tend to revert to the mean over time.

**Keywords:** Ecological footprint, N-11 Countries, KSS (2003) test, Schmidt and Phillips (1992) LM Test.

## 1. GİRİŞ

İnsan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkileri, sanayileşme ve nüfus artışıyla birlikte giderek artan bir şekilde araştırılmaktadır. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren, doğal kaynakların tükenmesi, biyolojik çeşitliliğin azalması ve iklim değişikliği gibi sorunlar küresel gündemin önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu bağlamda, çevresel sürdürülebilirliği ölçmek ve yönetmek için çeşitli göstergeler geliştirilmiştir. Bunlardan biri de William Rees tarafından geliştirilen ekolojik ayak izi kavramıdır (Rees, 1992). Rees, doğal kaynak arz ve talebini karşılaştıran niceliksel bir araç geliştirilmesiyle insanların doğanın sağladığından fazlasını tüketemeyeceğini göstermiştir (Wackernagel & Rees, 1996). Ekolojik ayak izleri, ülkelerin gelecek planlaması ve ekolojik kaynaklarını yönetmek için kullandığı kaynak muhasebesi araçlarıdır. Talep tarafında, insanların doğal kaynak tüketimini ve bu tüketim sonucu oluşan atık miktarını hesaplarken, arz tarafında ise doğanın insanların atıklarını ne hızla absorbe edebildiğini ve yeni kaynakları ne hızla üretebildiğini ölçer (Nathaniel, 2021). Bu sebeple ekolojik ayak izi, hükümetlerin, işletmelerin ve bireylerin kaynak taleplerini Dünya'nın yenileyebileceği miktarla karşılaştıran ve ülkelerin sahip oldukları kaynaklarla tükettikleri kaynakları ölçen tek göstergedir. Aynı zamanda bir ülkenin ekolojik kaynaklarını değerlendirmek için de kullanılabilir (Solarin vd., 2019).

Ekolojik ayak izi, çevresel kalite ve sürdürülebilirliğin bir göstergesidir (Rees, 1992). İnsan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerini değerlendirmede kullanılır. Bu sebeple Wackernagel vd. (2004), ekolojik ayak izi kavramını ekonomik sistemlerin sürdürülebilir şekilde işlemesi için gerekli biyokapasitenin ölçüsü olarak tanımlamıştır. İnsanın ekolojik varlıklara olan talebi, bu varlıkların üretim kapasitesini (biyokapasiteyi) aşmış durumdadır. Bu durum, aşırı tüketim anlamına gelmektedir ve doğanın kaynaklarını yenileme kapasitesinden daha fazla kullanıldığını göstermektedir. Ekolojik ayak izi ile biyokapasite arasındaki artan fark, dünyanın üretim kapasitesini zayıflatmakta ve bu durum iklim değişikliği, gıda kıtlığı ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi sonuçlara yol açmaktadır (Rashid vd., 2018). Arazi büyüklüğü, su gereksinimi, biyolojik olarak üretken alanlar ve doğal kaynakların tükenmesini dikkate alan bu gösterge, dünyanın taşıma kapasitesini artırmaya yönelik çevresel önlemleri araştıran yeni bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bununla birlikte insanların doğal kaynaklara olan talebini karşılamak ve insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atıkları doğanın emebilmesi için gerekli olan verimli kara ve deniz alanını ölçmektedir (Wackernagel, 2002). Bir ürün veya hizmetin yaşam döngüsünün her aşamasında — hammadde çıkarımı, işleme, üretim, tüketim ve atık bertarafı — gerçekleşen sürdürülemez tüketim ve üretim faaliyetleri, yalnızca doğal kaynakların tükenmesine değil, aynı zamanda ciddi çevresel etkilere de yol açmaktadır. Doğal kaynakların çıkarılması, araştırılması, madenciliği ve işlenmesi süreçleri; ekosistem tahribatı, flora ve faunanın yok olması, hava, su ve toprak kirliliği, peyzaj bozulması, çölleşme ve küresel ısınma gibi çevresel sorunları beraberinde getirmektedir.

Ekolojik ayak izinin daha kapsamlı anlaşılabilmesi için, insan faaliyetlerine dair etkileri alt bileşenler üzerinden incelenmektedir. Ewing vd. (2010), ekolojik ayak izini insan kaynaklı etkilerini altı göstergeyle ayırmıştır: tarım arazisi, balıkçılık alanları, otlak alanlar, ormanlar, karbon ayak izi ve yerleşim alanları (altyapı ayak izi). Tarım arazisi ayak izi, tüm tarımsal ürünlerin (hayvan yemi, balık unu, yağlar, mahsuller vb.) üretimi için gerekli araziye; otlak alanlar ayak izi, hayvan yemi üretimi için kullanılan mera alanını; balıkçılık alanı ayak izi, su türlerinin yıllık hasadını sürdürürebilmek için gerekli üretimi; orman alanları ayak izi, odun ve kereste yıllık hasadını; yerleşim ve altyapı alanı ayak izi, ulaşım, sanayi altyapısı ve konut gibi altyapının kapladığı alanı; karbon ayak izi ise insan kaynaklı karbon emisyonlarını emmek için gerekli orman alanını ifade etmektedir (Ewing vd., 2010).

Bu kapsamda, ekolojik ayak izi göstergelerinin küresel düzeyde farklı yeni sanayileşen ülkelerde nasıl seyrettiği önem kazanmaktadır. Bu çalışmada da N-11 ülkeleri olan Bangladeş, Mısır, Endonezya, Meksika, Nijerya, Pakistan, Filipinler, Güney Kore, Türkiye, Vietnam ülkeleri için ekolojik ayak izi ve alt

bileşenlerinde şokların kalıcılığı araştırılmıştır. İran için ekolojik ayak izinin alt bileşenlerine dair herhangi bir veri mevcut olmadığından İran çalışma dışında tutulmuştur.

Bu ülkeler hem hızla artan nüfusları hem de sanayileşme süreçleri nedeniyle çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir noktadadır. N-11 ülkeleri, küresel ekonomide gelişme potansiyeline sahip, nüfusları kalabalık ve ekonomik büyüme hedefleri yüksek ülkelerden oluşmaktadır. N-11 ülkelerinin çevresel performansları, yalnızca ekonomik büyüme değil, aynı zamanda doğal kaynakların sürdürülebilirliği açısından da değerlendirilmektedir. Ekolojik ayak izi, bu ülkelerin büyürken çevreyi nasıl tükettiklerini somut olarak ortaya koyar. Bu ülkeler, doğal kaynaklarının tükenmesi, biyoçeşitliliğin kaybı ve çevresel bozulma gibi risklerle karşı karşıyadır. Ekolojik ayak izi verileri, ülkelerin yenilenebilir kaynak kapasitesini aşan tüketimlerini ve bunun uzun vadeli sürdürülebilirlik risklerini ölçer. Ayrıca, bu ülkelerin uluslararası çevre sözleşmelerine taraf olmaları, karbon salımlarına dair hesap verebilirliklerini artırmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, N-11 ülkelerinde ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin (yerleşim alanları, karbon, tarım, balıkçılık, orman ve otlak ayak izleri) uzun dönemli davranışlarını inceleyerek çevresel bozulmaların kalıcılığını ortaya koymaktır. Çalışmada doğrusal ve doğrusal olmayan birim kök testleri birlikte ele alınarak, çevresel göstergelerdeki olası asimetric ve doğrusal olmayan dinamikler analiz edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, hem kullanılan yöntem çeşitliliği hem de N-11 ülkelere odaklanması bakımından literatürdeki benzer araştırmalardan ayrılmakta ve ekolojik sürdürülebilirlik tartışmalarına ampirik bir katkı sunmaktadır.

Çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan giriş kısmını takiben, ikinci bölümde, konuya ilişkin ulusal ve uluslararası literatür taranarak, önceki çalışmaların yöntemleri ve bulguları değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde doğrusallık testleri ve buna bağlı olarak çalışmada kullanılan birim kök testi teorik olarak tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde, N-11 ülkelerinin her birinde (İran hariç) ekolojik ayak izi ve altı bileşeni için doğrusallık testleri ve birim kök testleri ile durağanlık durumu detaylı olarak incelenmiştir. Beşinci ve son bölümde ise, elde edilen bulgular ışığında genel bir değerlendirme yapılmış, çalışmanın sonuçları özetlenmiş ve yatırımcılar ile politika yapıcılara yönelik öneriler sunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde ekolojik ayak izi üzerine yapılan mevcut çalışmalar incelendiğinde, araştırmaların genellikle zaman serisi ve panel veri analizleri çerçevesinde gruplandığı görülmektedir. Bu doğrultuda iki yöntem temel alınarak çalışmalar incelenmiştir.

Solarin ve Bello (2018), 1961-2013 dönemi için 128 ülkede ekolojik ayak izinin durağanlığını incelemeyi amaçlamışlardır. Serilerin doğrusal olma-olmama durumları belirlendikten sonra durağanlığını incelemek için Kruse (2011) doğrusal olmayan birim kök testi ile ve Narayan ve Popp (2010) doğrusal birim kök testi kullanılmıştır. Genel sonuçlar, 96 ülke veya örneklemin %81'i için serilerin ortalamadan uzak bir saçılım sergilediğini göstermektedir. Bu, ekolojik ayak izinin söz konusu ülkelerde durağan olmayan bir seri olduğunu ima etmektedir.

Bilgili ve Ulucak (2018), 1961 ile 2014 yılları arasındaki yıllık verileri kullanarak G20 ülkeleri arasında kişi başına ekolojik ayak izinde bir yakınsama olup olmadığını araştırmak amacıyla bootstrap tabanlı panel KPSS testi ve panel kulüp yakınsama testi (Panel Club Convergence Test) ile analizleri gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, stokastik ve deterministik yakınsamaları sergileyerek ve birleşen kulüplerin çıktısını türeterek çevresel yakınsamayı destekleyen doğrulayıcı sonuçlar elde edilmiştir.

Özcan vd. (2019) çalışmasında, 1961–2013 dönemi verileri kullanılarak, ülkeler gelir gruplarına göre sınıflandırılmış ve analizlerde panel KSS birim kök testi uygulanmıştır. Bulgular, ekolojik ayak izinin yüksek gelirli ülkelerde ve düşük ile üst orta gelirli ekonomilerin yaklaşık yarısında durağan bir yapıya sahip olduğunu, ancak alt orta gelirli ülkelerde durağanlık yapısı göstermediğini ortaya koymuştur.

Yurtkuran (2019), 1971–2016 döneminde N-11 (Yeni Endüstrileşen 11 Ülke) ülkelerinde kişi başına ekolojik ayak izinin yakınsamasını incelemiştir. Çalışmada, çevresel kirlilik göstergesi olarak ekolojik

ayak izi kullanılmış ve analizlerde Panel Fourier durağanlık testi uygulanmıştır. Bulgular, Endonezya, Pakistan ve Filipinler’de ekolojik ayak izinin durağan olduğunu, yani bu ülkelerde yakınsamanın gerçekleştiğini göstermektedir. Buna karşılık, Türkiye, Bangladeş, Mısır, İran, Meksika, Nijerya, Güney Kore ve Vietnam’da çevresel kirlilikte meydana gelen şokların kalıcı etkiler yarattığı belirlenmiştir.

Yılancı ve Pata (2020), 1961–2016 dönemine ait panel verilerle ASEAN-5 ülkeleri (Endonezya, Malezya, Filipinler, Tayland ve Vietnam) arasında kişi başına düşen ekolojik ayak izinin yakınsamasını incelemişlerdir. Analizde, doğrusal olmayan ilişkileri yakalamak amacıyla iki rejimli eşik otoregresif (TAR) panel birim kök testi kullanılmıştır. Bulgular, ASEAN-5 ülkelerinin ekolojik ayak izinin doğrusal bir yapıya sahip olmadığını ve genel olarak ASEAN-5 ülkelerinde kişi başına ekolojik ayak izinde mutlak yakınsamanın güçlü bir biçimde desteklendiğini ortaya koymaktadır.

Ulucak vd. (2020), Sahra Altı Afrika ülkelerinde 1961–2014 dönemine ait verilerle ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinde çevresel yakınsamayı incelemiştir. Çalışmada, farklı çevresel bileşenler arasındaki yakınsamayı test etmek için eğim heterojenliğini dikkate alan panel kulüp yakınsama yöntemi kullanılmıştır. Bulgular, genel olarak ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin yakınsamadığını, ancak orman alanı ve otlak alan ayak izleri dışında bazı bileşenlerde belirli ülke kümelerinin oluştuğunu göstermektedir.

Alper ve Alper (2021), Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye (MINT ülkeleri) bağlamında ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin kararlılığını test etmiştir. 1961–2016 dönemi verileri üzerinde, kırılmaların sayısı ve biçimi bilinmediğinde dahi güvenilir sonuç veren Fourier birim kök testi uygulanmıştır. Analizler sonucunda, Meksika için tarım arazisi ayak izi; Endonezya için toplam ekolojik ayak izi ve inşaat alanı ayak izi alt bileşeni; Nijerya için tarım ve otlak arazisi alt bileşenleri; Türkiye için ise balıkçılık ve ormancılık alt bileşenleri durağan olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, karbon ayak izi alt bileşeninin tüm MINT ülkelerinde durağan olmadığı ve karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik politikaların kalıcı etkiler yaratacağı ortaya konmuştur.

Işık vd. (2021), ABD, Kanada ve Meksika’dan oluşan USMCA ülkelerinde 1961–2016 dönemi için kişi başına ekolojik ayak izinin yakınsamasını incelemek amacıyla analizde eşik otoregresif (TAR) panel birim kök testi kullanmıştır. Bulgular, örneklemin %48,08’ini temsil eden ikinci rejimde ekolojik ayak izinde yakınsama, birinci rejimde ise iraksama olduğunu göstermektedir. Ayrıca Kanada, iki rejim arasındaki geçiş ülkesi olarak belirlenmiştir.

Erdoğan ve Okumuş (2021), çevresel kirliliğin yakınsamasını ele alarak 1961–2016 dönemi için farklı gelir gruplarındaki ülkeler arasında kişi başına ekolojik ayak izinin stokastik ve kulüp yakınsamasını yumuşak geçişli panel durağanlık testi kullanarak araştırmıştır. Bulgular, tüm gelir gruplarında yatay kesit bağımlılığının bulunduğunu, yumuşak geçişli panel durağanlık testi sonuçlarının iraksamayı desteklediğini ve farklı gelir grupları arasında birkaç yakınsama kulübü oluştuğunu göstermektedir.

Yıldırım vd. (2021), Avrupa Birliği (AB) ülkeleri ve aday ülkeler arasında ekolojik ayak izi yakınsamasını Fourier panel KSS testi ile incelemiştir. Ampirik sonuçlar, ekolojik ayak izinde yakınsama veya iraksamanın zaman içinde sürekli olarak ortaya çıkmadığını, alt bileşenler dikkate alındığında ise genel olarak iraksamanın hâkim olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, AB ülkelerinin uluslararası politikalarının ekolojik ayak izini azaltmada genel olarak başarılı olduğu, ancak yeterli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Arogundade vd. (2022), 1990–2017 dönemi için 189 ülke arasında ekolojik ayak izi yakınsamasını incelemek amacıyla panel kulüp yakınsama testi kullanmıştır. Bulgular, dünya genelinde ekolojik ayak izinin genel olarak iraksama eğiliminde olduğunu göstermektedir; benzer sonuçlar Sahra Altı Afrika (SSA), Avrupa ve Orta Asya (ECA), Doğu Asya ve Pasifik (EAP), Latin Amerika ve Karayipler (LAC) ile Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) bölgeleri için de elde edilmiştir. Bununla birlikte, dünya, SSA, ECA ve LAC için üç yakınsama kulübü, EAP ve MENA için ise iki yakınsama kulübü tespit edilmiştir.

Çelik vd. (2022), 1961–2017 dönemi için Orta Afrika Devletleri Ekonomik Topluluğu (ECCAS) ve Batı Afrika Devletleri Ekonomik Topluluğu (ECOWAS) ülkelerinde ekolojik ayak izinin yakınsamasını

incelemiştir. Analizde, keskin ve yumuşak kırılmaları dikkate alan Bahmani-Oskooee vd. panel birim kök testi kullanılmıştır. Bulgular, ECCAS ve ECOWAS ülkelerinde ekolojik ayak izinin durağan olduğunu ve dolayısıyla yakınsadığını göstermiştir.

Ergün Tatar (2022), 1973–2017 dönemi için ASEAN-5 ülkelerinde ekolojik ayak izi yakınsamasını SURADF ve SURKSS birim kök testleri ile incelemiş tüm ülkelerde ekolojik ayak izinin durağan olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, ASEAN-5 ülkelerinde ekolojik ayak izi yakınsamasının geçerli olduğunu ortaya koymakta ve çalışmanın literatüre önemli bir katkı sunduğunu göstermektedir.

Kapıkara Kaya ve Göv (2023), BRICS ülkeleri (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) ve Türkiye (BRICS+T) için kişi başına düşen ekolojik ayak izi serisinin durağanlığını incelemişlerdir. Çalışmada, her bir ülkeye ait seri, doğrusal ve doğrusal olmayan yapısına göre sınıflandırılmış ve uygun birim kök testleri uygulanmıştır. 1961–2017 dönemi verileri kullanılarak yapılan analizlerde, Sollis (2009) test sonuçlarına göre yalnızca Rusya’da, Harvey vd. (2013) test sonuçlarına göre ise Rusya ve Türkiye’de serinin durağan olduğu belirlenmiştir. Diğer ülkelerde ekolojik ayak izi serilerinin düzey değerlerinde durağan olmadığı ve dolayısıyla şokların kalıcı etkiler yaratabileceği tespit edilmiştir.

Bayraktar vd. (2023), 1992–2017 dönemi için BRICS-T ülkelerinde kişi başına ekolojik ayak izi (EF) yakınsamasını geleneksel ADF birim kök testi, Fourier ADF testi ve Kesirli Frekanslı Fourier ADF testi ile araştırmıştır. Bulgular, test yöntemine göre farklılık göstermektedir: klasik ADF testine göre Rusya ve Türkiye, Fourier ADF’ye göre Çin ve Rusya, Kesirli Frekanslı Fourier ADF testine göre ise Brezilya ve Çin ekolojik ayak izi açısından yakınsama göstermektedir.

Belloc ve Molina (2023), 1970–2018 dönemi için Afrika kıtasında ekolojik ayak izinin gelişimini Phillips ve Sul (2007, 2009) panel kulüp yakınsama yöntemi ile incelemiştir. Bulgular, Afrika ülkelerinin ekolojik ayak izi açısından tek bir dengeye yakınsamadığını, bunun yerine iki farklı yakınsama kulübünün varlığını ortaya koymaktadır.

Dürrü ve Konat (2023), 1961–2018 dönemi için CIVETS ülkelerinde kişi başı biyokapasite ile kişi başı ekolojik ayak izi farkı üzerinden stokastik yakınsama metodu uygulamıştır. Geleneksel ADF birim kök testine ek olarak, Fourier ADF, kantil ve Fourier kantil testleri kullanılarak sonuçların güvenilirliği artırılmıştır. Bulgular, özellikle Fourier QKS (Quantile Kolmogorov-Simirnov) ve Fourier kantil testleri ile incelenen tüm CIVETS ülkelerinde ekolojik dengede yakınsamanın gerçekleştiğini göstermektedir.

Akçayır ve Akın (2024), yakınsama ilişkisini analiz etmek amacıyla, 1961–2022 dönemi için Türkiye’nin de aralarında bulunduğu 6 ülke, 4 kıta, 13 bölge ve dünya ortalamasına ait kişi başına düşen ekolojik ayak izi verilerini incelemiştir. Analizde, Christopoulos ve León-Ledesma (2010) tarafından geliştirilen Fourier tabanlı FKSS birim kök testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, uzun dönemde dünya ortalamasının ve birçok ülke veya bölgenin ekolojik ayak izlerinin biyokapasitelerinin üzerinde seyrettiğini ve herhangi bir iyileşme eğilimi göstermediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, Türkiye’nin uzun vadede Çin, Doğu Asya, Afrika ve dünya ortalamasına yakınsadığı sonucuna ulaşılmıştır.

### 3. METODOLOJİ

#### 3.1. Harvey ve Leybourne (2007) ile Harvey, Leybourne ve Xiao (2008) Doğrusallık Testi

Harvey ve Leybourne (2007) ile Harvey, Leybourne ve Xiao (2008) doğrusallık testleri sonucunda herhangi bir zaman serisinin doğrusal olmayan bir özelliğe sahip olduğu belirlenirse doğrusal olmayan birim kök testleri kullanılmalıdır. Harvey ve Leybourne (2007) testi ile incelenen serinin doğrusallığını test edilebilmektedir.  $I(0)$  ve  $I(1)$  süreçlerin varlığına birlikte izin veren aşağıdaki denklemin kullanılmasını önermiştir. Aşağıdaki test regresyonunda serinin hem düzeyinin hem birinci farkının karesi ve küpü yer almaktadır (Harvey & Leybourne, 2007).

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-1}^2 + \beta_3 y_{t-1}^3 + \beta_4 \Delta y_{t-1} + \beta_5 (\Delta y_{t-1})^2 + \beta_6 (\Delta y_{t-1})^3 + \varepsilon_t$$

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = \beta_5 = \beta_6 = 0$$

Doğrusal dışılık, kareli ve küplü terimlerin birlikte istatistiksel olarak anlamlı olup olmamasına bağlıdır. Bu bağlamda, sıfır hipotez doğrusal ilişkiyi, alternatif hipotez ise doğrusal dışılığı temsil etmektedir. Harvey ile Leybourne ve Xiao (2008) testi, serilerin durağanlık düzeylerine  $I(0)$  veya  $I(1)$  göre farklı yaklaşımlar benimseyerek, serinin doğrusallığını test etmeye olanak tanır. Bu nedenle, serinin durağan ya da birim kök içerip içermediği durumları ayrı ayrı değerlendirerek test uygulanmaktadır. Birinci test regresyonu serinin düzeyde durağan olma durumu göz önüne alınarak kullanılmaktadır (Harvey vd., 2008).

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-1}^2 + \beta_3 y_{t-1}^3 + \sum_{j=1}^p \beta_{4,j} \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t$$

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = 0 \rightarrow W_0$$

İkinci test regresyonu, serinin birinci farkı alındığında durağanlaştığı varsayımına dayanan regresyon modelidir. Bu durumda, serinin  $I(1)$  olduğu kabul edilerek doğrusal dışılık testi uygulanmaktadır. Bu testler sonucu zaman serisi doğrusal dışı bulunursa LSTAR ya da ESTAR tipi doğrusal olmayan birim kök testlerinin kullanılması gerekmektedir.

$$\Delta y_t = \lambda_1 y_{t-1} + \lambda_2 (\Delta y_{t-1})^2 + \lambda_3 (\Delta y_{t-1})^3 + \sum_{j=1}^p \lambda_{4,j} \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t$$

$$H_0: \lambda_2 = \lambda_3 = 0 \rightarrow W_1$$

### 3.2. Kapetanios, Shin ve Snell (2003) Birim Kök Testi

Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) (2003) tarafından literatüre kazandırılan doğrusal olmayan birim kök testinin geliştirilmesindeki temel nokta, bir zaman serisinin veri yaratma sürecinin doğrusal dışı davranışlar izlemesi durumunda, doğrusal birim kök testleri olarak bilinen Dickey-Fuller tipi testlerin güçsüzlüğüdür (Hepsağ, 2022). Doğrusal birim kök testlerinin güçsüzlüğü, sıfır hipotezi olan birim kökün varlığının reddedilemeye eğiliminde olması ile tanımlanmaktadır. KSS (2003) tarafından geliştirilen testte zaman serisine ait stokastik sürecin birinci mertebeden üssel yumuşak geçişli otoregresif süreç (ESTAR) izlediği varsayılarak aşağıda gösterilen model önerilmiştir (Kapetanios vd., 2003):

$$y_t = \beta y_{t-1} + \gamma y_{t-1} [1 - \exp(-\theta (y_{t-1} - c)^2)] + \varepsilon_t$$

Burada  $y_{t-1}^2$  değişkeni geçiş değişkeni olarak tanımlanmaktadır.  $\gamma$  parametresi düzgülendirme parametresi olarak adlandırılmaktadır.  $\theta$  parametresi ise iki rejim arasındaki geçişin hızını belirleyen parametre olarak ifade edilmektedir (Kapetanios vd., 2003). Bu parametrenin teorik olarak pozitif bir işaret taşıması beklenmekte olup, değeri 0'a yaklaştıkça zaman serisinin daha fazla doğrusal dışı davrandığı, 1'e yaklaştıkça ise doğrusal yapıya yaklaştığı kabul edilmektedir.  $c$  parametresi ise lokasyon parametresi olarak adlandırılmaktadır. Birim kök hipotezinin doğrudan sınanmasına izin veren test regresyonu aşağıdaki gibi elde edilmektedir ve klasik en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmektedir.

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1}^3 + \sum_{i=1}^k \alpha_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Bu test regresyonuna deterministik trend ve/veya sabit terim gibi bileşenlerin dahil edilmesi uygun değildir. Bunun yerine zaman serisi ham veri (raw data) şeklinde, ortalamadan arındırılmış veri (demeaned data) şeklinde ve trendden arındırılmış veri (detrended data) şeklinde ele alınmaktadır. KSS (2003) birim kök testine ait hipotezler ise aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$H_0: \delta = 0$$

$$H_1: \delta < 0$$

Burada sıfır hipotezi birim kökün varlığını, alternatif hipotez ise doğrusal olmayan ESTAR durağanlığı göstermektedir. KSS (2003) birim kök testi için test istatistiği aşağıda gösterildiği gibi hesaplanabilmektedir:

$$t_{NL} = \frac{\hat{\delta}}{SE(\hat{\delta})}$$

Burada  $\hat{\delta}$ ,  $\delta$  parametresinin tahmini değerini,  $SE(\hat{\delta})$   $\hat{\delta}$ 'ya ait standart hatayı ifade etmektedir.  $t_{NL}$  test istatistiği, KSS (2003) tarafından elde edilen kritik değerden mutlak değerce daha büyükse sıfır hipotezi reddedilmektedir ve doğrusal olmayan ESTAR durağanlık hipotezi geçerli olmaktadır. Dolayısıyla, zaman serisine gelecek bir şoka simetrik olarak tepki verileceği, başka bir ifadeyle pozitif ya da negatif bir şokun etkisinin zaman serisinin ortalamaya dönme sürecinde aynı etkiye sahip olduğu varsayılmaktadır.

#### 4. ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmanın amacı N-11 ülkelerinde ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerine uygulanan şokların etkisini birim kök testleri ile incelemektir. Bu bağlamda Global Footprint Network (2024)'den temin edilen 1971-2022 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır. Değişkenler ve açıklamaları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Değişkenler ve Açıklaması.

Değişkenler	Açıklaması
Yerleşim	Yerleşim Alanları Ayak İzi
Karbon	Karbon Ayak İzi
Tarım	Tarım Alanı Ayak İzi
Balıkçılık	Balıkçılık Alanları Ayak İzi
Orman	Orman Ürünleri Ayak İzi
Otlak	Otlak Alan Ayak İzi
Toplam	Ekolojik Ayak İzi

Serilerin yapısına uygun testlerin seçilmemesi, tahmin sonuçlarının güvenilirliğini ve doğruluğunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu sebeple birim kök testlerine geçmeden önce serilerin doğrusallık durumlarını tespit edebilmek için Harvey ve Leybourne (2007) ve Harvey, Leybourne ve Xiao (2008) doğrusallık testleri ile analizler yapılmıştır.

**Tablo 2.** Harvey ve Leybourne (2007) ile Harvey, Leybourne ve Xiao (2008) Doğrusallık Testi.

Değişkenler	BANGLADEŞ			
	$W_\gamma$	10% ( $W^*$ )	5% ( $W^*$ )	1% ( $W^*$ )
Yerleşim***	4,40	0,93	0,93	0,94
Karbon	11,65	48,60	48,75	49,02
Tarım***	4,59	1,03	1,03	1,04
Balıkçılık	14,64	23,80	23,86	23,96
Orman***	4,13	0,92	0,93	0,93
Otlak	9,65	6,65	6,67	6,71
Toplam	11,00	17,69	17,75	17,85
MISIR				
Yerleşim	90,34	110,36	110,70	111,32
Karbon	54,85	58,59	58,77	59,09
Tarım***	5,05	2,78	2,79	2,80
Balıkçılık	31,43	30,40	30,47	30,59
Orman	23,51	50,91	51,06	51,34
Otlak*	8,62	5,70	5,71	5,74

Toplam	157,09	192,74	193,33	194,37
ENDONEZYA				
Yerleşim*	10,61	6,03	6,05	6,08
Karbon	71,79	125,19	125,56	126,21
Tarım	204,84	421,89	423,23	425,61
Balıkçılık*	13,83	7,32	7,34	7,38
Orman	11,43	29,42	29,51	29,66
Otlak	36,39	106,01	106,32	106,87
Toplam	114,75	232,46	233,14	234,34
MEKSİKA				
Yerleşim	6,07	11,05	11,08	11,14
Karbon	11,55	10,30	10,33	10,39
Tarım	12,32	10,60	10,63	10,69
Balıkçılık	202,19	234,67	235,44	236,82
Orman**	4,24	120,19	120,57	121,24
Otlak**	5,05	2,04	2,05	2,05
Toplam	10,30	25,52	25,60	25,74
NİJERYA				
Yerleşim	10,07	12,07	12,10	12,15
Karbon*	6,28	8,47	8,50	8,55
Tarım	87,51	100,43	100,74	101,28
Balıkçılık	7,69	22,98	23,05	23,18
Orman	12,80	17,63	17,68	17,78
Otlak*	6,75	8,53	8,56	8,61
Toplam	7,34	15,67	15,72	15,80
PAKİSTAN				
Yerleşim	15,67	14,56	14,60	14,69
Karbon	12,50	26,39	26,47	26,62
Tarım**	1,10	23,13	23,20	23,33
Balıkçılık**	1,98	23,16	23,23	23,36
Orman**	3,94	8,23	8,26	8,31
Otlak**	4,47	19,89	19,96	20,07
Toplam	9,66	35,46	35,57	35,77
FİLİPİNLER				
Yerleşim*	9,63	5,87	5,89	5,92
Karbon	21,78	20,65	20,72	20,83
Tarım	7,77	409,78	411,02	413,24
Balıkçılık	10,50	11,51	11,55	11,61
Orman*	8,90	6,68	6,70	6,73
Otlak	183,78	502,63	504,20	507,00
Toplam	20,59	24,00	24,07	24,20
TÜRKİYE				
Yerleşim*	6,37	4,09	4,10	4,13
Karbon**	5,40	22,24	22,31	22,43
Tarım***	4,87	3,37	3,37	3,39
Balıkçılık***	4,74	8,71	8,74	8,79
Orman	34,22	37,76	37,87	38,08
Otlak	9,48	39,27	39,38	39,60
Toplam***	4,83	23,19	23,26	23,38
GÜNEY KORE				
Yerleşim***	4,00	1,21	1,21	1,22
Karbon	12,28	25,24	25,31	25,45
Tarım	35,11	70,46	70,67	71,06
Balıkçılık	7,16	18,36	18,42	18,51
Orman	10,41	15,38	15,43	15,51
Otlak	13,27	211,27	211,94	213,13

Toplam	19,25	29,68	29,77	29,93
VIETNAM				
Yerleşim*	6,03	0,39	0,39	0,39
Karbon*	7,66	4,67	4,68	4,71
Tarım	15,41	29,80	29,89	30,06
Balıkçılık	10,02	13,36	13,40	13,48
Orman	15,44	43,35	43,49	43,72
Otlak	9,72	18,39	18,45	18,55
Toplam	10,66	14,49	14,54	14,61

$W_\gamma$ , Harvey(2008) Test İstatistiği

$W^*$ ,Harvey (2007) Test İstatistiği

Harvey (2007) testine göre doğrusal davranışlar sergileyen seriler \* simgesiyle, Harvey (2008) testine göre doğrusal davranışlar sergileyen seriler \*\* simgesiyle, her iki teste göre doğrusal davranışlar sergileyen seriler ise \*\*\* simgesiyle gösterilmiştir.

Harvey (2008) test istatistiği 2 serbestlik dereceli ki-kare değeri olan 5,99 ile Harvey (2007) test istatistikleri ise 4 serbestlik dereceli ki-kare değeri 9,48 ile karşılaştırılır. Buna göre hesaplanan değerler ki-kare değerinden büyük olduğunda sıfır hipotezi reddedilir. Söz konusu iki test arasında bir çelişki söz konusu olması halinde ise Harvey (2008) testi dikkate alınarak sonuçlar yorumlanmıştır.

Doğrusal davranışlar sergileyen seriler için Schmidt ve Phillips (1992) geleneksel LM testi kullanılarak analizler yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 3'de sunulmuştur. Doğrusal olmayan davranış sergileyen seriler için ise KSS (2003) birim kök testi kullanılmıştır ve sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Schmidt ve Phillips (1992) Geleneksel LM Birim Kök Testine Ait Sonuçlar.

BANGLADEŞ			
Değişkenler	$\tau_{LM}$	%1	%5
Yerleşim**	-1,1375	-3,5970	-3,0310
Tarım**	-1,0249	-3,5970	-3,0310
Orman**	2,0030	-3,5970	-3,0310
MISIR			
Tarım**	-1,0249	-3,5970	-3,0310
Otlak**	-0,9381	-3,5970	3,0310
ENDONEZYA			
Yerleşim**	-1,5655	-3,5970*	-3,0310*
Balıkçılık	-3,7727	-3,5970	-3,0310
MEKSİKA			
Orman**	-2,1273	-3,5970	-3,0310
Otlak**	-2,0697	-3,5970	-3,0310
NİJERYA			
Karbon**	-2,7233	-3,5970	-3,0310
Otlak	-3,6041	-3,5970	-3,0310
PAKİSTAN			
Tarım*	-3,4013	-3,5970*	-3,0310
Balıkçılık**	-2,0811	-3,5970*	-3,0310*
Orman**	-2,4942	-3,5970*	-3,0310*
Otlak*	-3,5129	-3,5970*	-3,0310
FİLİPİNLER			
Yerleşim	-3,8208	-3,5970	-3,0310
Orman**	-1,3071	-3,5970*	-3,0310*
TÜRKİYE			
Yerleşim**	-1,7131	-3,5970*	-3,0310*
Karbon**	-2,7662	-3,5970*	-3,0310*
Tarım**	-2,9913	-3,5970*	-3,0310*
Balıkçılık	-5,7037	-3,5970	-3,0310
Toplam	-4,7037	-3,5970	-3,0310

GÜNEY KORE			
Yerleşim	-4,0151	-3,5970	-3,0310
VİETNAM			
Yerleşim**	0,4086	-3,5970*	-3,0310*
Karbon**	-1,0415	-3,5970*	-3,0310*

%1 anlamlılık düzeyine göre birim kök süreci izlediği tespit edilen seriler \* simgesiyle, hem %1 hemde %5 anlamlılık düzeyine göre birim kök süreci izlediği belirlenen seriler ise \*\* simgesiyle gösterilmiştir.

Tablodan elde edilen sonuçlara göre, Bangladeş için yerleşim alanları ayak izine ait  $\tau_{LM}$  test istatistiği -1,1375 olarak elde bulunmuştur. Test istatistiğinin yanı sıra sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeylerine karşılık gelen kritik değerler de yer almaktadır. Buna göre hesaplanan  $\tau_{LM}$  test istatistiği mutlak değerce %1 ve %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değerlerden daha küçük olduğu için ilgili değişkenin düzeyde birim kök içerdiği tespit edilmiştir.

Endonezya için balıkçılık alanları ayak izine ait  $\tau_{LM}$  test istatistiği -3,7727 olarak elde edilmiştir. Buna göre hesaplanan  $\tau_{LM}$  test istatistiği mutlak değerce %1 ve %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değerlerden daha büyük olduğu için serinin düzeyde durağan olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Sonuç tablosunun geneli incelendiğinde Nijerya için otlak alan ayak izi, Filipinler ve Güney Kore için yerleşim alanları ayak izi, Türkiye için ise ekolojik ayak izi ve balıkçılık alanları ayak izi serilerinin durağan olduğu saptanmıştır.

Yapılan birim kök testleri sonucunda, ülkeler ve değişkenler bazında genel eğilim incelendiğinde, serilerin büyük bir kısmı birim kök içermektedir. Özellikle yerleşim alanları ayak izi, tarım ve orman alanları ayak izi serileri genel olarak durağan değildir. Çevresel göstergeler üzerinde yapılan analizlerde durağan olmama durumu, şokların uzun vadede kalıcı etkiler yarattığını ve ilgili göstergelerin kendiliğinden eski seviyelerine dönmediğini gösterir. Örneğin bir ülkede orman alanında yaşanan bir azalma, kendiliğinden toparlanmaz; bu, kalıcı bir çevresel bozulmaya işaret eder. Dolayısıyla durağan olmayan süreçlerde ortaya çıkan bozulmalar, yapısal ve uzun vadeli politika müdahaleleri gerektirir.

**Tablo 4.** Kapetanios, Shin ve Snell (2003) Birim Kök Testine Ait Sonuçları.

BANGLADEŞ		
Değişkenler	KSS Test İstatistiği	Optimal Gecikme Uzunluğu
Karbon*	-2,32872	0
Balıkçılık*	-2,29208	0
Otlak*	-0,88357	0
Toplam*	-2,28095	0
MISIR		
Yerleşim*	-1,85221	0
Karbon*	-2,32872	0
Balıkçılık*	-2,29208	0
Orman*	-2,33993	0
Toplam*	-2,28095	0
ENDONEZYA		
Karbon	-3,51114	0
Tarım*	-3,16778	0
Orman*	-1,94764	0
Otlak*	-2,60179	0
Toplam*	-2,63888	0
MEKSİKA		
Yerleşim	-3,48343	0
Karbon	-5,11193	0
Tarım	-5,11193	0
Balıkçılık*	-2,92032	0
Toplam	-4,38574	0
NİJERYA		

Yerleşim*	-2,86246	0
Tarım	-4,13946	0
Balıkçılık*	-3,10790	0
Orman*	-2,52886	0
Toplam*	-2,49723	0
PAKİSTAN		
Yerleşim*	-2,67961	0
Karbon	-3,42839	0
Toplam*	-3,17812	0
FİLİPİNLER		
Karbon	-3,57151	0
Tarım*	-3,25963	0
Balıkçılık*	-1,35467	0
Otlak*	-1,35467	0
Toplam*	-3,04741	0
TÜRKİYE		
Orman*	-2,16992	0
Otlak*	-3,29327	0
GÜNEY KORE		
Karbon*	-2,09273	1
Tarım	-4,53784	0
Balıkçılık*	-1,99627	0
Orman*	-2,45492	0
Otlak	-3,49452	0
Toplam*	-1,61824	1
VİETNAM		
Tarım*	-3,23615	0
Balıkçılık	-6,98942	0
Orman	-4,00154	0
Otlak	-6,35602	0
Toplam	-4,52065	0

KSS test istatistikleri için %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerindeki asimptotik kritik değerler, trendden arındırılmış verilerle yapılan test için -3.93, -3.40 ve -3.13'tür.

Elde edilen test istatistikleri %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değer olan -3,40 ile karşılaştırılmıştır. Hesaplanan test istatistiğinin mutlak değerce %5 anlamlılık düzeyindeki kritik olan -3,40'dan küçük olması durumunda sıfır hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla ilgili serinin birim kök içerdiği anlaşılmaktadır. Bu kapsamda birim köklü olduğu anlaşılan seriler tabloda \* simgesi ile gösterilmiştir.

Tablo genel olarak değerlendirildiğinde, birçok ülkenin çevresel göstergelerinde birim kök süreçlerinin varlığının devam ettiği görülmektedir. Özellikle Bangladeş, Mısır, Endonezya, Nijerya, Pakistan, Türkiye ve Güney Kore gibi ülkelerde ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinden yerleşim alanları ayak izi, karbon ayak izi, balıkçılık alanları ayak izi gibi çevresel değişkenlerin çoğu durağan değildir. Buna göre, ilgili serilerde geçmiş şokların etkilerinin uzun süre devam etmesi ve bu şokların zamanla kendiliğinden ortadan kalkmaması beklenmektedir.

Bangladeş ve Mısır gibi ülkelerde ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinden karbon ayak izi ve balıkçılık alanları ayak izi gibi çevresel göstergeler birim kök süreci izlemektedir. Benzer şekilde, Endonezya ve Nijerya ülkelerinde de tarım alanı ayak izi ve orman alanı ayak izi gibi doğal kaynak göstergeleri durağan değildir.

Pakistan, Filipinler ve Endonezya'da karbon ayak izi, Meksika'da ekolojik ayak izi ve yerleşim alanları ayak izi, karbon ayak izi, tarım alanı ayak izi serisi, Nijerya'da tarım alanı ayak izi, Güney Kore'de tarım alanı ayak izi ve otlak alan ayak izi, Vietnam'da ise ekolojik ayak izi ve balıkçılık alanları ayak izi, orman alanları ayak izi, otlak alan ayak izi serileri durağan olarak tespit edilmiştir.

Durağan seriler, zaman içinde ortalama ve varyanslarının sabit kaldığı ve geçmişte meydana gelen şokların etkilerinin zamanla sönümlendiği süreçlerdir. Bu bağlamda, kısa dönemli dalgalanmalar geçici olup, sistem kendiliğinden toparlanma eğilimi gösterir. Örneğin, ekolojik ayak izi ve alt bileşenleri gibi çevresel bozulmayı temsil eden değişkenlerde, yenilenebilir enerji yatırımları, çevre politikaları veya iklim hedefleri gibi politika müdahaleleri kısa vadede negatif şoklar yaratabilir; ancak durağanlık özelliği nedeniyle bu şokların etkisi zamanla azalır. Bu çalışma kapsamında, durağanlık gösteren serilerde politika müdahalelerinin kısa ve orta vadede ekolojik dengeyi etkileyebileceği öngörülmektedir. Çünkü bu göstergeler, dışsal şoklardan sonra kendi dengelerine dönme potansiyeline sahiptir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik ve doğal kaynak kullanımının ülkeler üzerindeki uzun dönemli etkilerini incelemek amacıyla ele alınmıştır. Günümüzde hızla artan nüfus ve sanayileşme, doğal kaynakların tükenmesi ve ekosistemlerin bozulması riskini artırmakta; bu nedenle ülkelerin ekolojik performanslarının izlenmesi ve değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ekolojik ayak izi, bu aşamada insan faaliyetlerinin doğa üzerindeki etkilerini ölçmek için en kapsamlı göstergelerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Bu bağlamda, N-11 ülkelerinde ekolojik ayak izi ve altı bileşeni olan yerleşim alanları ayak izi, karbon ayak izi, tarım alanı ayak izi, balıkçılık alanları ayak izi, orman alanları ayak izi ve otlak alan ayak izi serilerinin durağanlık yapıları bu çalışmada analiz edilmiştir. Analiz öncesinde, değişkenlerin doğrusal ya da doğrusal olmayan davranış gösterip göstermediği Harvey ve Leybourne (2007) ile Harvey, Leybourne ve Xiao (2008) testleriyle tespit edilmiş; buna göre uygun birim kök testleri seçilmiştir. Doğrusal seriler için Schmidt ve Phillips (1992) LM birim kök testi, doğrusal olmayan seriler için ise KSS (2003) tarafından geliştirilen ESTAR tipi doğrusal olmayan birim kök testi uygulanmıştır.

Schmidt ve Phillips (1992) LM birim kök testi sonuçlarına göre Endonezya için balıkçılık alanları ayak izi, Nijerya için otlak alan ayak izi, Filipinler ve Güney Kore için yerleşim alanları ayak izi, Türkiye için ise ekolojik ayak izi ve balıkçılık alanları ayak izi serilerinin durağan olduğu belirlenmiştir. KSS (2003) tarafından geliştirilen doğrusal olmayan birim kök testi sonuçlarına göre ise Pakistan, Filipinler ve Endonezya'da karbon ayak izi, Meksika'da ekolojik ayak izi ve yerleşim alanları ayak izi, karbon ayak izi, tarım alanı ayak izi serisi, Nijerya'da tarım alanı ayak izi, Güney Kore'de tarım alanı ayak izi ve otlak alan ayak izi, Vietnam'da ise ekolojik ayak izi ve balıkçılık alanları ayak izi, orman alanları ayak izi, otlak alan ayak izi serilerinin durağan bir süreç sergilediği saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, birçok ülkede ekolojik ayak izi ve alt bileşenleri birim köklü süreçte sahiptir. Bu serilere yönelik şoklar uzun vadede kalıcı etkiler yaratmaktadır ve doğal denge seviyelerine dönme eğilimi göstermemektedir. Bu bulgular, çevresel şokların etkilerinin kendiliğinden geçmeyeceğini ve doğa üzerindeki baskıların azaltılması için kararlı, planlı ve uzun vadeli çevre politikalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Orman alanları ayak izi serilerinin birçok ülkede durağan olmaması, orman kayıplarının kalıcı nitelikte olduğunu ve ekosistemlerin kendiliğinden toparlanma kapasitesinin zayıfladığını göstermektedir. Bu bulguya paralel olarak, karbon ayak izi serilerinin durağan olmaması da sera gazı emisyonlarının uzun vadeli etkilerine ve iklim değişikliğinin yoğunlaşma riskine işaret etmektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, literatürde ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin uzun dönemli davranışları üzerine yapılan önceki araştırmalarla tutarlılık göstermektedir. Örneğin, Solarin ve Bello (2018) ile Çağlar vd. (2021) gibi çalışmalar, birçok ülkede ekolojik ayak izi serilerinin durağan olmadığını ve şokların uzun vadede kalıcı etkiler yaratabileceğini ortaya koymuştur; bu bulgular, N-11 ülkelerinde tespit edilen birim köklü süreçlerle paralellik arz etmektedir. Benzer şekilde, Hassan vd. (2019), Danish vd. (2019) ve Sharif (2020) gibi çalışmalar, ekonomik büyüme ve kentleşmenin ekolojik ayak izi üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu ve bazı alt bileşenlerde uzun vadeli kalıcı değişimlere yol açtığını göstermektedir; çalışmada karbon ve orman alanları ayak izlerinin durağan olmaması, bu literatürle uyumludur. Ayrıca, Nathaniel (2021) ile Uzar ve Eyuboğlu (2023) gibi çalışmalar, ekonomik faaliyetler ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izi

üzerinde uzun vadeli etkiler yarattığını ve serilerin doğal denge seviyelerine dönme eğiliminin sınırlı olduğunu vurgulamaktadır; bu da N-11 ülkeleri için elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma hem literatürdeki benzer bulgularla doğrulayıcı bir nitelik taşımakta hem de N-11 ülkeleri özelinde ampirik bir katkı sunmaktadır.

Gelecekteki çalışmalar için birkaç öneri öne sürülebilir. Öncelikle, ekolojik ayak izinin alt bileşenlerinin ekonomik büyüme, enerji tüketimi, kentleşme ve teknoloji değişimi ile olan etkileşimleri daha ayrıntılı şekilde incelenebilir; özellikle doğrusal olmayan ve asimetrik ilişkilerin araştırılması, politika yapıcılar için kritik bilgiler sunabilir. Bunun yanında, mekânsal analizler ve ülke içi bölgesel verilerin kullanılması, ekolojik bozulmanın coğrafi dağılımını ve yerel düzeyde sürdürülebilirlik önlemlerinin etkilerini ortaya koyabilir. Son olarak, iklim değişikliği politikaları ve uluslararası çevresel anlaşmaların ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini dikkate alan çalışmalar, sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin etkinliğini değerlendirmek açısından önem arz etmektedir.

### Beyan ve Açıklamalar

1. Bu çalışmanın yazarı, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduğunu kabul etmektedir.
2. Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
3. Bu çalışma, intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir.

### KAYNAKÇA

- Alper, A. E., & Alper, F. Ö. (2021). Persistence of Policy Shocks to the Ecological Footprint of MINT Countries. *Ege Akademik Bakış*, 21(4), 427-440. <https://doi.org/10.21121/eab.1015635>
- Akçayır, Ö., & Akın, F. (2024). Sürdürülebilir Çevre Perspektifinde Türkiye'nin Ekolojik Açığı ve Yakınsama Analizi: Fourier KSS Birim Kök Testi. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(4), 1188 - 1202. <https://doi.org/10.30586/pek.1560723>
- Arogundade, S., Hassan, A., Akpa, E., & Mduduzi, B. (2022). Closer together or farther apart: are there club convergence in ecological footprint? *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 15293–15310. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23203-5>
- Bayraktar, Y., Koc, K., Toprak, M., Ozyılmaz, A., Olgun, M. F., Balsalobre-Lorente, D., & Soylu, O. B. (2023). Convergence of per capita ecological footprint among BRICS-T countries: evidence from Fourier unit root test. *Environmental Science and Pollution Research*, 63022–63035. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26532-1>
- Belloc, I., & Molina, J. A. (2023). The ecological footprint in Africa: identifying convergence clubs from 1970 to 2018. *Applied Economics Letters*, 19, 2808-2813. <https://doi.org/10.1080/13504851.2022.2107984>
- Bilgili, F., & Ulucak, R. (2018). Is there deterministic, stochastic, and/or club convergence in ecological footprint indicator among G20 countries? *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 35404–35419. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3457-1>
- Çelik, O., Adali, Z., & Bari, B. (2022). Does ecological footprint in ECCAS and ECOWAS converge? Empirical evidence from a panel unit root test with sharp and smooth breaks. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 16253–16265. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23178-3>
- Danish, Hassan, S. T., Baloch, M. A., Mahmood, N., & Zhang, J. (2019). Linking economic growth and ecological footprint through human capital and biocapacity. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101516. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101516>
- Dürrü, Z., & Konat, G. (2023). CIVETS Ülkelerinde Ekolojik Dengenin Stokastik Yakınsaması: Fourier Kantil Birim Kök Testi Yaklaşımı. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 8("Cumhuriyet'in 100. Yılında Türkiye'nin Sosyo-Ekonomisi" Özel Sayısı), 137 - 152. <https://doi.org/10.25204/iktisad.1149267>

- Erdogan, S., & Okumus, İ. (2021). Stochastic and club convergence of ecological footprint: An empirical analysis for different income group of countries. *Ecological Indicators*, 121, 107123. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107123>
- Ergün Tatar, H. (2022). ASEAN-5 Ülkelerinde Ekolojik Ayak İzi Yakınsaması: Suradf Ve Surkss Birim Kök Testi. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1018 - 1035. <https://doi.org/10.25295/fsecon.1071194>
- Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., & Wackernagel, M. (2010). ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS 2010. (G. F. Oakland, Dü.) [https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological\\_Footprint\\_Atlas\\_2010.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological_Footprint_Atlas_2010.pdf) adresinden alındı
- Gülmez, A., Altıntaş, N., & Kahraman, Ü. O. (2020). A puzzle over ecological footprint, energy consumption and economic growth: the case of Turkey. *Environmental and Ecological Statistics*, 27, 753–768. <https://doi.org/10.1007/s10651-020-00465-1>
- Harvey, D. I., & Leybourne, S. J. (2007). Testing for time series linearity. *The Econometrics Journal*, 10(1), 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.
- Hassan, S. T., Xia, E., Khan, N. H., & Shah, S. M. (2019). Economic growth, natural resources, and ecological footprints: evidence from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(3), 2929-2938. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3803-3>
- Hepsağ, A. (2022). *Ekonometrik zaman serisi analizlerinde güncel yöntemler (winRATS uygulamalı)*. Der Yayınları.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101460>
- 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, 32648–32659. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12993-9>
- Kapetanios, G., Shin, Y., & Snell, A. (2003). Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework. *Journal of Econometrics*, 112(2), 359-379.
- Kapkara Kaya, S., & Göv, A. (2023). BRICS Ülkeleri ve Türkiye Örneğinde Ekolojik Ayak İzine Yönelik Çevresel Politika Şokları Kalıcı mı? *Bingol University Journal of Economics and Administrative Sciences*, 7(1), 31-44. <https://doi.org/10.33399/biibfad.1192998>
- Nathaniel, S. P. (2021). Ecological footprint, energy use, trade, and urbanization linkage in Indonesia. *GeoJournal*, 86(5), 2057-2070. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10175-7>
- Özcan, B., Ulucak, R., & Doğan, E. (2019). Analyzing long lasting effects of environmental policies: Evidence from low, middle and high income economies. *Sustainable Cities and Society*, 44, 130-143. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.025>
- Rashid, A., Irum, A., Malik, I. A., Ashraf, A., Rongqiong, L., Liu, G., . . . Yousaf, B. (2018). Ecological footprint of Rawalpindi; Pakistan's first footprint analysis from urbanization perspective. *Journal of Cleaner Production*, 170, 362-368. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.186>
- Rees, W. E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment & Urbanization*, 4(2), 121-130. <https://doi.org/10.1177/095624789200400212>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.064>

- Solarin, S. A., Tiwari, A. K., & Bello, M. O. (2019). A multi-country convergence analysis of ecological footprint and its components. *Sustainable Cities and Society*, 46(January), 101422.
- Ulucak, R., Kassouri, Y., İlkay, S. Ç., Altıntaş, H., & Garang, A. P. (2020). Does convergence contribute to reshaping sustainable development policies? Insights from Sub-Saharan Africa. *Ecological Indicators*, 112, 106140. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106140>
- Uzar, U., & Eyuboğlu, K. (2023). Does income inequality increase the ecological footprint in the US: evidence from FARDL test? *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 9514–9529. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22844-w>
- Wackernagel, M., & Rees, W. E. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Philadelphia: New Society Publishers.
- Wackernagel, M., Monfreda, C., Schulz, N. B., Haberl, H., & Krausmann, F. (2004). Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. *Land Use Policy*, 21(3), 271-278. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.006>
- Wackernagel, M., Schulz, N. B., Deumling, D., Linares, A. C., Jenkins, M., Kapos, V., . . . Randers, J. (2002). *Tracking the ecological overshoot of the human economy human economy*. 99(14), 9266-9271. <https://doi.org/10.1073/pnas.142033699>
- Yılancı, V., & Pata, U. K. (2020). Convergence of per capita ecological footprint among the ASEAN-5 countries: Evidence from a non-linear panel unit root test. *Ecological Indicators*, 113, 106178. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106178>
- Yıldırım, D. Ç., Yıldırım, S., Erdoğan, S., Demirtaş, I., Couto, G., & Castanho, R. A. (2021). Time-Varying Convergences of Environmental Footprint Levels between European Countries. *Energies* 14(7), 1813. <https://doi.org/10.3390/en14071813>
- Yurtkuran, S. (2019). N11 Ülkelerinde Ekolojik Ayak İzi Yakınsaması: Fourier Durağanlık Testinden Yeni Kanıtlar. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(2), 191 - 210. <https://doi.org/10.20979/ueyd.681354>