

Makroekonomik Değişkenlerin Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Dinamik Etkisi: BRICS-T Ülkelerinden Kanıtlar

Dynamic Impact of Macroeconomic Variables on Ecological Footprint: Evidence from BRICS-T Countries

Dilek ATILGAN, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye, atlgndilek@hotmail.com

Orcid No: 0000-0002-3776-558X

Enver GÜNAY, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye, envergunay@hotmail.com

Orcid No: 0000-0002-8294-726X

Öz: Çevresel sürdürülebilirlik literatüründe son dönemde ekolojik ayak izi büyük ölçüde çevresel tahribatın en önemli göstergesi arasında görülmektedir. Ancak ekonomik büyüme, ekosistem hizmetleri, biyoçeşitlilik ve insan refahı ile ilişkisindeki netlik eksikliğinden dolayı çevresel sürdürülebilirliğe yönelik ciddi akademik ve politik ilgi, ekolojik ayak izine tam olarak yansımamıştır. Bu bakımdan çalışma, 1992-2022 dönemi için BRICS-T ülkelerinde makroekonomik değişkenlerin ekolojik ayak izi üzerindeki dinamik etkisini inceleyerek literatürü genişletmektedir. Eşbütünleşme testi sonucu, değişkenlerin uzun dönemli ilişkisini doğrulamaktadır. Eşbütünleşme panel geneli tahminci katsayı sonuçlarına göre ekonomik büyüme ve doğrudan yabancı sermaye yatırımdaki %1'lik artış ekolojik ayak izini sırasıyla % 0,197 ve % 0,046 oranında arttırmakta iken ticari açıklık ekolojik ayak izini % 0,240 oranında azaltmaktadır. Nedensellik test sonuçları, Rusya ve Güney Afrika ülkelerinde ekolojik ayak izinden gelire doğru Hindistan, Çin ve Türkiye'de ise gelirden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü; Çin'de ekolojik ayak izi ile ticari açıklık arasında çift yönlü, Rusya ve Türkiye'de ticari açıklık ile ekolojik ayak izi arasında tek yönlü; Hindistan, Çin ve Türkiye'de doğrudan yabancı sermaye yatırımlar ile ekolojik ayak izi arasında tek yönlü nedensellik ilişkileri mevcut olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik Ayak İzi, Çevre, Sürdürülebilirlik, Dinamik Panel Veri Analizi

JEL Sınıflandırması: F18, P18, C23

Abstract: In the environmental sustainability literature, ecological footprint has recently been seen as one of the most important indicators of environmental destruction. However, serious academic and policy attention to environmental sustainability has not been fully reflected in the ecological footprint due to a lack of clarity in its relationship with economic growth, ecosystem services, biodiversity and human well-being. In this regard, the study expands the literature by examining the dynamic impact of macroeconomic variables on the ecological pillar in BRICS-T countries for the period 1992-2022. The result of the cointegration test confirms the long-term relationship of the variables. According to the results of the cointegration panel-wide estimator coefficient, a 1% increase in economic growth and foreign direct investment increases the ecological footprint by 0.197% and 0.046%, respectively, while trade openness reduces the ecological footprint by 0.240%. The causality test results show that there is a one-way causality relationship from ecological footprint to income in Russia and South Africa, and from income to ecological footprint in India, China and Turkey; a two-way causality relationship between ecological footprint and trade openness in China, a one-way causality relationship between trade openness and ecological footprint in Russia and Turkey; and a one-way causality relationship between foreign direct investment and ecological footprint in India, China and Turkey.

Keywords: Ecological Footprint, Environment, Sustainability, Dynamic Panel Data Analysis

JEL Classification: F18, P18, C23

Makale Geçmişi / Article History

Başvuru Tarihi / Date of Application : 27 Mart / March 2024

Kabul Tarihi / Acceptance Date : 14 Ağustos / August 2024

© 2024 Journal of Yaşar University. Published by Yaşar University. Journal of Yaşar University is an open access journal.

1. Giriş

Ekonomik kalkınma, enerji, altyapı, temiz su, teknoloji ve çevresel koşullar üzerinde baskı yaratan diğer alanlardaki iyileşmeleri gerektirmektedir. Ancak bu alanları geliştirmek için ülkelerin politika yapıcıları, sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın sağlanması ve çevre kalitesinin korunması (Islam vd., 2022: 22261) kapsamında iki temel zorlukla karşı karşıyadır. Özellikle hızlı endüstriyel büyüme, enerji kaynaklarına olan talebin artmasına neden olarak ekonomik kalkınma ile çevresel etkiler arasındaki dengeyi giderek zorlaştırmıştır. Çünkü enerji kaynaklarına olan talep genellikle yenilenemez enerji kaynaklarından karşılanmakta ve bunun sonucu sera gazı emisyonları açığa çıkmaktadır. Artan sera gazı emisyonlarının olumsuz etkilerine rağmen, hızlı ekonomik kalkınmanın bir maliyeti olarak görülmektedir (Doğan vd., 2019: 1066). Çevre ekonomisi literatüründe, ekonomik büyüme ve çevre bağlantısını araştırmak için kullanılan ana çerçeve Çevresel Kuznets Eğrisidir. Grossman ve Krueger'in çalışmalarından bu yana dünya çapında farklı ülkelerde ekonomik büyüme ve çevre ilişkisini inceleyen ampirik çalışmaların çok sayıda olduğu söylenebilir (Grossman ve Krueger, 1995: 353-377; Canas vd., 2003: 218).

Çevresel tahribatın ekosistem üzerinde çok boyutlu etkisi bulunmakta ve literatürde çevre kalitesini ölçmek için farklı göstergeler kullanılmaktadır (Ansari vd., 2022: 251). Wackernagel ve Rees (1998) tarafından popüler hale getirilen ekolojik ayak izi çevresel problemleri araştırmak için daha uygun bir gösterge olarak tercih edilmektedir (Moore vd., 2013; Islam vd., 2022). Ekolojik ayak izi, dünyanın taşıma kapasitesini tanımlamak ile birlikte bitkilere, otlatmaya ve ormana yönelik arazileri, balıkçılık alanlarını, yerleşim alanlarını ve karbon ayak izini içermektedir. Ekolojik ayak izi, insan faaliyetlerinin dünyanın şu anda karşı karşıya olduğu çevre üzerindeki çok boyutlu etkilerini açıklamaktadır. Bu bakımdan en büyük avantajı, çevresel verileri üretken kapasiteyle kolayca karşılaştırılabilecek tek bir ölçümde birleştirmesidir (Uddin vd., 2017: 167). Ekolojik ayak izi, son on yılda insan kaynaklı eylemlerin doğal çevre üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılan kapsamlı bir ölçüm olarak benimsenmiştir (Kongbuamai vd. 2021 ; Pata ve Çağlar 2021; Islam vd., 2022).

Ekolojik ayak izi endeksinin, çevresel kalitenin bir ölçüsü olarak vurgulanmasının önemli nedenleri bulunmaktadır. İlk olarak ekolojik ayak izinin anlaşılması basit ve kolaydır. İkincisi, genel ekonominin üretimi ve desteklenmesi için gerekli olan çok sayıda doğal kaynağa ilişkin bilgilerle ilgilenmektedir. Üçüncüsü, ekolojik eksiklik ve fazlalık hakkındaki bilgileri takip etmektedir. Dördüncüsü, insan talebi ile doğal kaynakların yenilenmesi arasındaki açığa ilişkin bilgi sağlamaktadır (Majeed ve Mazhar, 2019: 489). Bu kapsamda ekolojik ayak izi endeksinin,

çevre kalitesindeki değişikliklere ilişkin kapsamlı bir bilgi seti sağlayarak kaynakların sürdürülebilir şekilde kullanılıp kullanılmadığını netleştirmektedir.

Bu çalışma, 1992-2022 dönemi için BRICS-T ülkelerinde ekolojik ayak izini etkileyen makroekonomik değişkenleri araştırmaktadır. Bu kapsamda ekonomik büyüme, ticari açıklık ve doğrudan yabancı sermaye yatırımı değişkenleri analize dâhil edilerek konu bakımından sınırlandırılmıştır. İlgili ekonomilerin seçilmesinin nedenleri arasında dünya nüfusunun önemli bir kısmını oluşturması, ticaretin %26'sını gerçekleştirmesi ve ekolojik ayak izi verileri ile dünya ortalamasının üzerinde olması yer almaktadır. Rusya için ekolojik ayak izi verisinin 1992 yılından başlaması ve seçilen örnekleme ait ekolojik ayak izi verisinin 2022 yılında son bulması çalışmanın ana sınırlılığını oluşturmaktadır. Analiz yönteminde eşbütünleşme testi (Lagrange çarpanı (LM)) ve eşbütünleşme katsayı tahminci (Ortak İlişkili Etkiler- Common Corelated Effect (CCE)) yöntemi ile Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) nedensellik testi kullanılmıştır.

Bu makalenin takip eden bölümünde, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının ekolojik ayak izi ile ilişkisi açıklanmıştır. Daha sonra literatür incelemesi, çalışmada kullanılan veriler, model oluşturma ve sonuçlar sunulmaktadır. Son olarak sonuç ve politika önerileri aktararak, gelecekteki çalışmalara değinilmiştir.

2. Ekonomik Büyüme, Ticari Açıklık ve Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımlarının Ekolojik Ayak İzi İlişkisi

Çalışmanın bu bölümünde, ampirik kısmında modele dahil edilen değişkenlerin ekolojik ayak izi endeksi ile ilişkileri incelenecektir. Bu bakımdan ilk olarak ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi değişkeni arasındaki ilişki ele alınacaktır. Ekonomik büyüme, sanayileşmeyi teşvik etmekte ve doğal kaynakların çıkarılması ile kullanılmasını hızlandırmaktadır. Bu durum enerji tüketimini artırmakta ve ekolojik ayak izinin genişlediğini ve arttığını göstermektedir (Danish vd., 2019: 633; Ahmad vd. 2020: 2). Ekolojik ayak izinin artması biokapasitenin azalmasına neden olarak çevresel bozulmalara yol açmaktadır (Nathaniel, 2020: 2). Ekonomik büyüme ile birlikte çevresel bozulmayı araştıran çok sayıda çalışma mevcuttur (Stern vd., 1996; Diao vd., 2009 ve Kong ve Han, 2019). Çalışmalar, çevre ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi ile incelemektedir.

Ticari açıklık değişkeni modele dâhil edilen ikinci bir değişkendir. Ticari açıklığın çeşitli kanallar aracılığıyla ekolojik ayak izi üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri olabilmektedir. Bu durum ülkelerin gelişmişlik ve sanayileşme düzeyi etkisini göstermektedir. Sanayileşmiş ve gelişmiş bir ülkede, gelişmiş teknolojilerin ve çevre dostu üretim süreçleri ithal edilebilmektedir. Dolayısıyla ticari açıklık, çevre kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Tam

tersine, gelişmekte olan ülkelerde politika yapımcıların temel kaygısı çevre pahasına da olsa ekonomik büyümeyi sağlamaktır. Dolayısıyla bu ülkelerde üretimi artırma çabası için ucuz ve kirletici teknolojiler ithal edilmekte ve ticari açıklık çevre kalitesini olumsuz etkilemektedir (Destek ve Sinha, 2020: 4).

Modelde yer alan son değişken ise doğrudan yabancı sermaye yatırımdır. Üretkenliği, sermaye birikimini ve teknolojinin yayılmasını artırarak bir ülkenin ekonomik büyümesine katkıda bulunan doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının çevre ile ilişkisi bulunmaktadır. Bunlardan ilki, yabancı şirketlerin faaliyetleri ev sahibi ülkedeki çevreyi olumsuz etkileyebilmektedir. Bu duruma “kirlilik sığınağı hipotezi” adı verilmekte (Sabir ve Gorus, 2019: 33387) ve gelişmiş ekonomilerin yatırımlarını çevre kuralları ve düzenlemeleri bakımından zayıf olan gelişmekte olan ülkelere kaydırıldığını ifade etmektedir. İkincisi, yabancı şirketlerin faaliyetleri ev sahibi ülkedeki çevre üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilmektedir. Bu duruma ise “kirlilik halesi hipotezi” adı verilmektedir. Hipotez yabancı şirketler, güçlü çevre yönetim sistemlerine sahip gelişmiş, enerji tasarruflu ve çevre açısından daha temiz teknolojileri ev sahibi ülkelere getirdiğini belirtmektedir (Udemba, 2020: 2). Dolayısıyla doğrudan yabancı sermaye yatırımının çevre üzerine etkisi belirsizdir.

3. Literatür Taraması

Literatürde çevresel bozulma ve bunun çeşitli bağlamlardaki belirleyicileri üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. İlgili çalışmalar genellikle çevresel bozulmaları karbon (CO₂) emisyonu ile ilişkilendirmektedir. Ancak son yıllarda çevresel problemlerin ekonomik olarak ölçülmesinde söz konusu değişkenden daha kapsayıcı olan ekolojik ayak izi çevre sorunlarının bir endeksi olarak benimsenmiştir. Ekolojik ayak izi endeksini makroekonomik değişkenler ile ilişkilendiren çalışmalar gruplandırıldığında; ekolojik ayak izinin, gelir, ticari açıklık, kentleşme, teknolojik yenilik, küreselleşme endeksi, doğal kaynaklar, demokrasi kalitesi ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlar ile ilişkilendirildiği görülmektedir (Caviglia-Harris vd. (2009); Mrabet vd. (2017); Rudolph ve Figge (2017); Zafar vd. (2019); Shahzad vd. (2020); Kızılgöl ve Öndes (2022); Ramezani vd. (2022); Chen vd. (2023) ve Duman (2023)). Bu kapsamda çalışma mevcut literatürden en az dört faktör ile tanımlanabilecek farklılığa sahiptir. Bunlar; kullanılan ekonometrik metodoloji, değişkenler, dönem aralığı ve ülkelere ait bireysel sonuçlar olarak sıralanabilir.

Literatürdeki ekolojik ayak izini ele alan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Caviglia-Harris vd. (2009) tarafından gelir ve ekolojik ayak izi değişkenlerinin kullanıldığı çalışmada, 146 ülke kapsamında 1961-2000 dönemi için statik panel veri analizi kullanılmıştır.

Bulgulara göre değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Aşıcı ve Acar (2015), 2004–2008 dönemi için 116 ülkede ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Uzun dönem tahmincilerinden olan dinamik en küçük kareler (DOLS) yöntemini kullanarak gelir artışının ekolojik ayak izini etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Chen ve Chang (2016) ekolojik ayak izini etkileyen faktörleri inceledikleri çalışmada, 1981’den 2006 dönemi için 99 ülkeyi araştırmışlardır. Çalışmada, ekolojik ayak izi, gelir, kentleşme, ihracat ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları değişken olarak kullanılmıştır. Panel veri sonuçlarına göre, gelirin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin farklı gelir düzeylerine göre değiştiği belirtilmiştir. Mrabet vd. (2017) gecikmesi dağıtılmış otoregresif sınır testi (ARDL) yönteminin kullandığı çalışmada, 1980-2011 döneminde Katar’da ticari açıklığın ekolojik ayak izi üzerinde olumsuz bir etkisinin olduğunu vurgulamışlardır. Charfeddine ve Mrabet (2017), 1975–2007 dönemi için 15 MENA ülkesindeki çevresel bozulmanın nedenlerini incelemiştir. Tam düzeltilmiş en küçük kareler yöntemi (FMOLS) ve DOLS sonuçları kentleşmenin ekolojik ayak izi üzerinde olumsuz etkisini ortaya koymaktadır. Uddin vd. (2017) 27 ülkeyi incelediği çalışmada, 1992-2012 dönemi için DOLS yöntemi bulguları, gelirin ekonomik büyümeyi olumlu etkilediğini göstermiştir. Ulucak ve Bilgili (2018), yüksek, orta ve yüksek seviyeler için CUP-FM ve CUP-BC yaklaşımı kullanarak ticari açıklığın ekolojik ayak izinde bir artışa yol açtığını doğrulamıştır. Rudolph ve Figge (2017) tarafından yapılan çalışmada, 146 ülke için ekolojik ayak izinin belirleyicilerini araştırmışlardır. 1981-2009 döneminin incelendiği çalışmada, sosyal küreselleşme ile ekolojik ayak izi arasında negatif ilişki bulunmak iken ithalat ve ihracatın ekolojik ayak izini arttırdığı sonuçları elde edilmiştir. Bagliani vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, en küçük kareler yöntemi (EKK) kullanılarak 144 ülke için 2001 döneminde gelir ve ekolojik ayak izi değişkenleri arasında herhangi bir ilişkinin mevcut olmadığı sonucuna ulaşılmışlardır. Alola vd. (2019), 1997-2014 dönemi seçilmiş 16 AB ülkesinde Panel ARDL yöntemi kullanarak ticari açıklığın ekolojik ayak izi üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Zafar vd. (2019), 1970–2015 dönemi için ABD’de doğal kaynakların, doğrudan yabancı yatırımların ve beşeri sermayenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. ARDL yönteminin kullanıldığı çalışmada, beşeri sermaye, doğrudan yabancı yatırım ve doğal kaynakların ekolojik ayak izini azalttığı bulgusu elde edilmiştir. 1990-2014 dönemi için 14 Sahra Altı Afrika eyaletinde ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi Wang ve Dong (2019) tarafından araştırılmıştır. Bulgular, ekonomik büyümenin ekolojik ayak izindeki artış yoluyla çevresel kaliteyi bozduğunu göstermektedir. 1961-2016 dönemi için Türkiye’de ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi Gülmez vd. (2020) tarafından araştırılmıştır. ARDL ve EMC testlerinin

uygulandığı çalışmada, gelir ve ekolojik ayak izi arasında ters U ilişkisi mevcuttur. Shahzad vd. (2020) ABD için 1965Q1-2017Q4 dönemi kapsamında ARDL ve Granger nedensellik testlerini kullanarak ekolojik ayak izini etkileyen değişkenleri araştırmışlardır. Ekonomik karmaşıklık endeksi ve enerji tüketimi değişkenlerinin ekolojik ayak izi üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Chowdhury vd. (2020), 2001-2016 yılları arasında 92 ülkenin doğrudan yabancı yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini incelemiştir. Panel kantil regresyon sonuçlarına göre, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ekolojik ayak izi üzerinde olumlu etkiye sahiptir. Gülmez vd. (2021), G7 ülkeleri için ekolojik ayak izine etki eden değişkenleri 1971-2015 dönemi çerçevesinde incelemiştir. Panel eşbütünleşme testi sonuçlarına göre, gelir, ticari açıklık ve enerji tüketimindeki artışın ekolojik ayak izini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bucak (2022) çalışmasında, E7 ülkeleri için ekonomik özgürlük endeksi ve insani gelişme endeksinin ekolojik ayak izini hangi yönde etkilediğini araştırmıştır. Eşbütünleşme tahminci katsayısı bulguları, insani gelişme endeksindeki artışın ekolojik izini arttırdığını, ekonomik özgürlük endeksinin ise ekolojik izini azalttığını ortaya koymaktadır. Kızılgöl ve Öndes (2022) çalışmalarında, 1995-2017 dönemine ait 31 OECD ülkesinin verileri ile ekolojik ayak izini etkileyen faktörleri incelemiştir. Panel veri sonuçlarına göre, gelir ve kentleşme oranı ekolojik ayak izini arttırmakta iken doğal kaynak, ticari açıklık, doğrudan yabancı yatırım ve yenilenebilir enerji tüketimi ekolojik ayak izini azaltmaktadır. Ramezani vd. (2022) çalışmalarında, MENA ülkelerinde ekolojik ayak izini etkileyen faktörleri araştırmışlardır. 2000-2016 yılı verileri kapsamında kişi başına düşen GSYİH, ticarete açıklık, finansal gelişme, yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme ve demokrasi kalitesi değişken olarak analize dâhil edilmiştir. Mekânsal ekonomik yaklaşım sonucunda, kişi başına düşen GSYİH, ticarete açıklık ve finansal gelişme gibi faktörlerin çevresel bozulmayı artırdığı, yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme ve demokrasi kalitesinin ise ekolojik ayak izini etkili bir şekilde azalttığı tespit edilmiştir. Duman (2023) tarafından yapılan çalışmada, 1992-2018 dönemine ait BRICS-T ülkesinin verileri ile ekolojik ayak izini etkileyen faktörleri araştırmıştır. FMOLS ve DOLS yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada, gelir, dışa açıklık ve doğrudan yabancı yatırımlar ekolojik ayak izini arttırmaktadır. Chen vd. (2023) çalışmalarında, 54 BRI ülkesinin 2000-2018 dönemi için ekolojik ayak izini etkileyen faktörleri araştırmışlardır. Mekânsal model kapsamında elde edilen bulgular, üretim kapasitelerinin iyileştirilmesi, yeşil yatırım ve demokratik kalitenin ekolojik ayak izini azalttığı, gelir, küreselleşme ve finans sektörü gelişiminin ise çevresel bozulmayı artırdığını göstermektedir.

4. Veriler, Model Oluşturma ve Sonuçlar

4.1. Veriler

Makroekonomik değişkenlerin ekolojik ayak izi üzerindeki dinamik etkisinin belirlenmesini amaçlayan çalışmada, BRICS-T ülkesi için 1992-2022 dönemi baz alınmıştır. Analiz değişkenlerinin oluşturulmasında Islam vd., (2022) ve Kızılgöl ve Öndes (2022) çalışmalarından yararlanılmıştır. Değişkenler incelendiğinde,¹ bağımlı değişken ekolojik ayak izi (LEK), (kişi başına kha) bağımsız değişkenler, kişi başı GSYİH (LGP), (ABD \$); ticari açıklık (LTA), (ihracat+ithalat)/GSYİH (cari)) ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları (LDY), (Giriş, ABD \$) kullanılmıştır. Rusya için ekolojik ayak izi verisinin 1992 yılından başlaması ve seçilen örnekleme ait ekolojik ayak izi verisinin 2022 yılında son bulması çalışmanın ana sınırlılığını oluşturmaktadır. Logaritmik dönüşümleri yapılan seriler Denklem 1’de sunulmaktadır.

$$LEK_{it} = \alpha_i + \beta_1 LGP_{it} + \beta_2 LTA_{it} + \beta_3 LDY_{it} + \varepsilon_{it} \quad ; \quad (i = \dots, 6) \text{ ve } (t = 1992, \dots, 2022) \quad (1)$$

Burada i ülke sayısını ($i = 1, 2, 3, \dots, 6$), t çalışmanın zaman çerçevesini ($t = 1, 2, 3, \dots, 31$) gösterir, “L” doğal logaritmasıdır. β_1, β_2 ve β_3 sırasıyla GP, TA ve DY’ye karşılık gelen katsayılarıdır.

4.2. Model Oluşturma ve Sonuçlar

Makroekonomik değişkenlerin ekolojik ayak izi üzerindeki dinamik etkisinin belirlenmesini amaçlayan çalışmada, ekonomik tahminleri için yatay kesit bağımlılığı, eğim katsayısı, birim kök testi, eşbütünleşme ve eşbütünleşme tahminci ve nedensellik testleri uygulanmıştır. Yatay kesit bağımlılığı testleri sırasıyla aşağıdaki gösterilmektedir. Her test için sıfır hipotez “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklindedir. Denklem 2’de Breusch ve Pagan, (1980) test istatistiği sunulmaktadır.

$$CD_{LM1} = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2, \quad \sim X^2 N(N-1)/2 \quad (2)$$

Denklem 3’te Pesaran (2004) CD_{LM2} test istatistiğine test istatistiği sunulmaktadır.

$$CD_{LM2} = \sqrt{\frac{1T}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T \hat{\rho}_{ij}^2 + 1) \quad (3)$$

Büyük T değerleri için CD_{LM2} test istatistiği normal dağılım gösterirken $T > N$ koşulu gerekmektedir. Pesaran (2004) bu gereksinimi ortadan kaldırmak için CD_{LM3} testini

¹ Ekolojik ayak izi endeksi verisi Global Footprint Network veri tabanından ekonomik büyüme, ticari açıklık ve doğrudan yabancı sermaye yatırımı verileri Dünya Bankasından elde edilmiştir.

oluşturmuştur. Böylece, T ve N sonsuza giderken, CD_{LM3} istatistiği hem $N > T$ hem de $T > N$ durumları için asimptotik standart normal dağılım gösterir. CD_{LM3} denklemi aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir.

$$CD_{LM3} = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{P}_{ij} \right) \quad (4)$$

Pesaran vd. (2008) faktör yükünün ortalaması sıfıra yaklaşırken $u_{it} = \lambda_i F_t + \varepsilon_i$ denkleminde faktör yapısındaki hata terimi için CD_{LM3} testinin sıfır hipotezini reddetme eğiliminde olmadığını belirlemiştir. Bu durum LM_{adj} testi ile düzeltilmiş ve test istatistiği $T > N$ olduğunda test istatistiği normal dağılım göstermektedir. LM_{adj} denklemi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\sqrt{v2_{Tij}}} \sim N(0,1) \quad (5)$$

Panel veri analizinde yapılacak model tahminlerine yönelik eğim katsayılarının homojenliği veya heterojenliği, uygulanacak durağanlık, eşbütünleşme ve nedensellik testlerinin geçerliliği açısından oldukça önemlidir. Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından ileri sürülen homojenlik testi ise büyük ve küçük örneklem için iki ayrı test istatistiği sunmaktadır (Türkmen vd., 2019: 95). Her iki test istatistiğinde de sıfır hipotezini ifade eden eğim katsayısının homojenliği test edilmektedir. Bunlardan ilki büyük numuneler için tavsiye edilmekte ve aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\hat{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\hat{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (6)$$

Küçük numuneler için ise ifade edilen test istatistiği aşağıda sunulmaktadır.

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\hat{S} - E(\hat{Z}_{iT})}{\sqrt{Var(\hat{Z}_{iT})}} \right) \quad (7)$$

Tablo 1’de yatay kesi bağımlılığı ve eğim homojenliği test bulguları sunulmaktadır.

Tablo 1. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Eğim Homojenliği Testi Bulguları

Testler	Yatay Kesit Bağımlılığı			
	LEK	LGP	LTA	LDY
	İst-Ols Değeri	İst-Ols Değeri	İst-Ols Değeri	İst-Ols Değeri
CD_{lm1}	25.317** (0.046)	40.523*** (0.000)	48.398*** (0.000)	33.708*** (0.004)
CD_{lm2}	1.884** (0.030)	4.660** (0.000)	6.098*** (0.000)	3.429*** (0.000)
CD_{lm3}	-2.935*** (0.002)	-3.301*** (0.033)	-4.026*** (0.000)	-3.065*** (0.000)
LM_{adj}	1.626* (0.052)	5.207*** (0.000)	4.855*** (0.000)	5.021*** (0.000)
Model				
	İstatistik Değeri		Olasılık Değeri	
CD_{lm1}	35.412***		0.002	
CD_{lm2}	3.727***		0.000	
CD_{lm3}	0.685		0.247	
LM_{adj}	35.752***		0.000	
Eğim Homojenliği				

<i>Delta Tilde</i>	19.353***	0.000
<i>Delta Tilde_{adj}</i>	20.329***	0.000
“***” %1, “**” %5 ve “*” %10 düzeyinde istatistiki anlamlılığını ifade etmekte iken olasılık değerleri parantez içerisinde gösterilmektedir.		

Tablo 1’de bulgular incelendiğinde, “değişkenler ve model açısından yatay kesit bağımlılığı yoktur” anlamına gelen sıfır hipotezi reddedilmektedir. Bu durum, BRICS-T ülkeleri için oluşturulan panelde, herhangi bir ülkede ortaya çıkabilecek bir krizin, ister zamansal ister mekânsal şoklardan kaynaklansın, diğer ülkeleri de etkilediğini göstermektedir. Aslında bu sonuç, küreselleşmenin yoğun olduğu günümüz dünyasında beklenen bir durumdur. Homojenlik testi bulgularına göre sıfır hipotezi reddedilmekte ve eğim katsayılarının heterojen olduğu belirlenmektedir.

Nazlıoğlu ve Karul (2017) Fourier LM birim kök testi panel birim kök literatürünü ani olmayan kırılmalar ile genişletmektedir (Nazlıoğlu ve Karul, 2017: 2-3). Testin boş hipotezi “Birim kök vardır” şeklinde ve test istatistiği Denklemlerde gösterilmektedir.

$$y_{it} = a_{i\lambda}(t) + r_{it} + \lambda_i F_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$r_{it} = R_{i,t-1} + \mu_{it} \quad (9)$$

Tablo 2’de değişkenlere ait birim kök sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 2. Birim Kök Test Sonuçları

LEK			
Ülkeler	<i>Fourier tau LM₁</i> <i>k=1</i>	<i>Fourier tau LM₂</i> <i>k=2</i>	<i>Fourier tau LM₃</i> <i>k=3</i>
<i>Brezilya</i>	-1.891	0.632	-1.506
<i>Rusya</i>	-0.616	0.098	0.292
<i>Hindistan</i>	-1.539	-0.963	-1.301
<i>Çin</i>	-1.895	-2.650	-1.986
<i>G. Afrika</i>	-1.554	-3.726	-2.802
<i>Türkiye</i>	-2.687	-2.200	-1.888
<i>Bulgular</i>			
<i>Z_{LM} (İst. Değ.)</i>	4.997	2.525	2.017
<i>Olasılık Değeri</i>	1.000	0.994	0.978
<i>LGP</i>			
<i>Brezilya</i>	-2.854	-0.869	-2.084
<i>Rusya</i>	-0.221	-0.487	0.590
<i>Hindistan</i>	-0.555	-0.249	0.258
<i>Çin</i>	-0.385	-1.554	-1.811
<i>G. Afrika</i>	-1.659	-0.357	0.221
<i>Türkiye</i>	-0.041	-0.725	-0.822
<i>Bulgular</i>			
<i>Z_{LM} (İst. Değ.)</i>	7.964	5.096	5.468
<i>Olasılık Değeri</i>	1.000	1.000	1.000
<i>LTA</i>			
<i>Brezilya</i>	-0.316	-1.479	-1.242
<i>Rusya</i>	-2.087	-0.026	-1.231
<i>Hindistan</i>	-0.919	0.584	0.806
<i>Çin</i>	-0.726	-1.284	-0.713

<i>G. Afrika</i>	-0.118	0.905	0.639
<i>Türkiye</i>	-1.994	-3.251	-3.087
<i>Bulgular</i>			
<i>Z_{LM} (İst.Değ.)</i>	7.699	4.922	4.734
<i>Olasılık Değeri</i>	1.000	1.000	1.000
<i>LDY</i>			
<i>Brezilya</i>	-0.598	-1.254	-1.034
<i>Rusya</i>	-2.316	-0.400	-0.500
<i>Hindistan</i>	-3.314	-2.687	-2.355
<i>Çin</i>	-1.080	-1.913	-1.823
<i>G. Afrika</i>	-0.813	-1.145	-0.820
<i>Türkiye</i>	-4.753	-0.098	0.067
<i>Bulgular</i>			
<i>Z_{LM} (İst.Değ.)</i>	3.210	3.263	3.713
<i>Olasılık Değeri</i>	0.999	0.999	0.999

Fourier LM birim kök test bulgularına göre, ekolojik ayak izi (LEK), ekonomik büyüme (LGP), ticari açıklık (LTA) ve doğrudan yabancı sermaye yatırımı (LDY) değişkenlerinin birim kök sürece sahip olduğunu göstermektedir.

Analize konu serilerin hem heterojen hem de yatay kesit bağımlılığı içermesi nedeniyle Westerlund ve Edgerton (2007) LM Bootstrap testi uygulanmıştır. Test, otokorelasyon ve değişen varyansa izin vermesi ve küçük bir örneklem için sonuç vermesi açısından avantajlıdır. Test, bootstrap kritik değerlerini ve panelin tamamı için eşbütünleşmenin olup olmadığını incelemektedir (Westerlund ve Edgerton, 2007: 188). Testin prosedürü aşağıda aktarılmıştır.

$$y_{it} = \alpha_i x'_{it} \beta_i + z_{it} \quad (10)$$

$$w_{it} = \sum_{j=0}^{\infty} \alpha_{ij} e_{it-j} \quad (11)$$

Testin sıfır hipotezi eşbütünleşme vardır şeklindedir ve test istatistiği Denklem 12'deki gibidir.

$$LM_N^+ = \frac{1}{NT^2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^t \bar{\omega}^{-2} s_{it}^2 \quad (12)$$

Eşitlikte S_{it}^2 terimi z_{it} hata teriminin kısmi toplamını temsil etmekte ve $\omega^{-2} \mu_{it}$ 'in uzun vadeli varyansını göstermektedir. Tablo 3'te LM eşbütünleşme testine ait bulgular verilmektedir.

Tablo 3. LM Eşbütünleşme Test Bulguları

	<i>LM İstatistiği</i>	<i>Asimtotik p-değeri</i>	<i>Bootstrap p-değeri</i>
<i>Sabitli</i>	4.212	0.416	0.986
<i>Sabitli ve Trendli</i>	6.174	0.413	0.978

Sabit ile sabit ve trendli modellere ait bulgulara göre, eşbütünleşmenin var olduğu hipotez reddedilemez. Böylece seriler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğu elde edilmiştir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki elde edildikten sonra Denklem 1'in eşbütünleşme tahminci katsayıları bulunmaktadır. Eşbütünleşme tahminci katsayıları Pesaran (2006) tarafından ileri sürülen CCE yöntemi ile araştırılmıştır. Sıfır hipotez katsayıların anlamsız olduğu varsayımına dayanmaktadır. Test istatistikleri aşağıda aktarılmıştır.

$$\hat{b}_{CCEMG} = (1/N) \sum_{i=1}^N \hat{b}_i \quad (13)$$

$$\hat{b}_{CCEMG} = (\sum_{i=1}^N \theta_i X_i' \bar{M}_w X_i)^{-1} \sum_{i=1}^N \theta_i X_i' \bar{M}_w y_i \quad (14)$$

Belirtilen teste ait bulgular Tablo 4'te raporlanmıştır.

Tablo 4. CCE Eşbütünleşme Tahminci Katsayı Bulguları

CCE	β_1			β_2			β_3		
	Katsayı	Std. Hata	p-değeri	Katsayı	Std. Hata	p-değeri	Katsayı	Std. Hata	p-değeri
	0.197***	0.024	0.000	-0.240***	0.053	0.000	0.046*	0.026	0.080
<i>Ülke Sonuçları</i>									
<i>Brezilya</i>	0.191***	0.026	0.000	-0.269***	0.056	0.000	0.060***	0.020	0.003
<i>Rusya</i>	0.235***	0.038	0.000	-0.258***	0.049	0.000	0.047***	0.016	0.005
<i>Hindistan</i>	0.243***	0.040	0.000	-0.313***	0.055	0.000	0.058**	0.023	0.014
<i>Çin</i>	0.155***	0.024	0.000	-0.222***	0.067	0.001	0.152***	0.057	0.008
<i>G. Afrika</i>	0.253***	0.072	0.000	-0.398***	0.134	0.000	0.031*	0.018	0.081
<i>Türkiye</i>	0.103**	0.052	0.048	0.022	0.059	0.709	0.010*	0.016	0.053
*p<0.10, **p<0.05, ***p<0.01. " β_1 " ekonomik büyüme katsayısını, " β_2 " ticari açıklık katsayısını, " β_3 " doğrudan yabancı sermaye katsayısını belirtmektedir.									

BRICS-T ülkesi için yapılan genel incelemede, ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi %1 düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre, ekonomik büyümedeki %1'lik artış ekolojik ayak izini %0,197 oranında arttırmaktadır. Bulgular, ekonomik büyümenin beraberinde temiz bir çevreye olan talebi artırarak bireylerin çevre kanunları, politikaları ve yönetmeliklerinde çevresel kaygılar konusunda daha bilinçli hale gelmesini sağlayacaktır. Ülke bazlı incelemelerde; Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye'de gelirdeki artış ekolojik ayak izini sırasıyla %0,191; %0,235; %0,243; %0,155; %0,253 ve %0,103 oranında arttırmaktadır. Bu sonuçlar, Caviglia-Harris vd. (2009); Aşıcı ve Acar (2015); Gülmez vd., (2021) ve Kızılgöl ve Öndes (2022) çalışmaları ile tutarlılık göstermektedir.

BRICS-T ülkesi için yapılan genel incelemede, ticari açıklığın ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi %1 düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre, ticari

açıklıktaki %1’lik artış ekolojik ayak izini %0,240 oranında azaltmaktadır. Bulgulara göre, uluslararası ticaret, sınır ötesi teknoloji transferine neden olmakta ve ülkeler daha ileri teknolojilere erişebilmektedir. Bu durum ekolojik ayak izi seviyesini azaltabilir ve çevre kalitesini iyileştirebilir. Ülke bazlı incelemelerde; Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika’da ticari açıklıktaki artış ekolojik ayak izini sırasıyla %0,056; %0,046; %0,055; %0,067 ve %0,134 oranında azaltmaktadır. Bu sonuçlar, Mrabet vd., (2017); Alola vd., (2019); Gülmez vd., (2021) ile Kızılgöl ve Öndes (2022)’in çalışmaları ile tutarlılık göstermektedir.

BRICS-T ülkesi için yapılan genel incelemede, doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi %10 düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre, doğrudan yabancı sermaye yatırımlarındaki %1’lik artış ekolojik ayak izini %0,046 oranında arttırmaktadır. Bulgular, doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının ekolojik ayak izi düzeyini artırarak çevreyi olumsuz etkilediğini göstermektedir. Ülke bazlı incelemelerde; Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye’de doğrudan yabancı sermaye yatırımlarındaki artış ekolojik ayak izini sırasıyla %0,020; %0,016; %0,023; %0,057; %0,018 ve %0,016 oranında arttırmaktadır. Bu sonuçlar, Zafar vd., (2019); Duman, (2023) ve Chowdhury vd., (2020) çalışmaları ile tutarlılık göstermektedir.

Analizin son aşamasında değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisine yer verilmiştir. Analizde “Emirmahmutoğlu ve Köse” (2011) panel nedensellik testi kullanılmıştır. Test, zaman serileri için uygulanan Toda Yamamoto (1995) yaklaşımının heterojen panel veri yöntemine genişletilmiş halidir. Bu yöntem, değişkenlerin durağan ya da entegre derecelerden olmasına bakılmaksızın ülkeler arasındaki bağımsızlığı açıklamaktadır. Panel istatistikleri için kritik değerlerde kesit bağımlılığı dikkate alınmaktadır. Yaklaşımında her kesit için aşağıdaki “VAR” modeli tahmin edilmektedir.

$$Y_{it}=u_i+A_{1i}y_i(t-1)+\dots+A_{pi}y_i(t-p_i)+\dots+A_{(p+d)_i}y_i(t-p_i-d_i)+\varepsilon_{it} \quad (15)$$

Tablo 5’te nedensellik testine ait bulgular sunulmuştur.

Tablo 5. Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) Nedensellik Test Bulguları

Bulgular	LEK→LGP		LGP→LEK	
	Wald İst.	Olasılık Değ.	Wald İst.	Olasılık Değ.
Brezilya	0.035	0.852	0.481	0.488
Rusya	5.097**	0.024	0.126	0.723
Hindistan	0.001	0.971	8.300***	0.004
Çin	1.749	0.417	23.219***	0.000
G. Afrika	2.800*	0.094	0.672	0.412
Türkiye	1.722	0.183	3.374*	0.066
	LEK→LTA		LTA→LEK	
Brezilya	7.585	0.006	0.186	0.666
Rusya	1.803	0.179	10.918***	0.001

<i>Hindistan</i>	1.740	0.187	0.447	0.504
<i>Çin</i>	6.877***	0.009	3.060*	0.080
<i>G. Afrika</i>	0.286	0.593	0.007	0.934
<i>Türkiye</i>	0.485	0.486	4.218**	0.040
	<i>LEK→LDY</i>		<i>LDY→LEK</i>	
<i>Brezilya</i>	0.170	0.680	0.569	0.451
<i>Rusya</i>	0.344	0.557	1.050	0.305
<i>Hindistan</i>	0.348	0.555	10.605***	0.001
<i>Çin</i>	0.187	0.911	27.096***	0.000
<i>G. Afrika</i>	0.044	0.833	2.153	0.142
<i>Türkiye</i>	1.645	0.200	4.433**	0.035
***, **, * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde istatistiki anlamlılığı göstermektedir.				

Nedensellik testi sonuçlarına göre, BRICS-T ülkelerinde 1992-2022 yılları arasında Rusya ve Güney Afrika ülkelerinde ekolojik ayak izinden gelire doğru Hindistan, Çin ve Türkiye’de ise gelirden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Ekolojik ayak izi ve ticari açıklık değişkenleri arasında Çin’de ekolojik ayak izinden ticari açıklık arasında çift yönlü, Rusya ve Türkiye’de ise ticari açıklık ile ekolojik ayak izi arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Ekolojik ayak izi ve doğrudan yabancı sermaye değişkenleri arasında ise Hindistan, Çin ve Türkiye’de doğrudan yabancı sermaye yatırımları ile ekolojik ayak izi arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur.

5. Sonuç ve Öneriler

Ekolojik ayak izinin dünya genelinde her geçen gün artması, oldukça endişe verici bir durum teşkil etmektedir. Bu çalışma, BRICS-T ülkelerinden oluşan bir panel yapısında ekolojik ayak izi ile ekonomik büyüme, ticari açıklık ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları arasındaki ilişkiyi analiz etmek için literatürdeki mevcut boşluğu doldurmaktadır. Çalışma, 1992-2022 yılları arasındaki BRICS-T ülkelerinin yer aldığı bir paneli kapsaması ve gerekli tahminleri yapmak için daha gelişmiş panel veri tekniklerini kullanması açısından diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir.

Eşbütünleşme testi sonucu, değişkenlerin uzun dönemli ilişkisini doğrulamaktadır. Eşbütünleşme panel geneli tahminci katsayı sonuçlarına göre ekonomik büyüme ve doğrudan yabancı sermaye yatırımındaki %1’lik artış ekolojik ayak izini sırasıyla % 0,197 ve % 0,046 oranında arttırmakta iken ticari açıklık ekolojik ayak izini % 0,240 oranında azaltmaktadır. Nedensellik test sonuçları, Rusya ve Güney Afrika ülkelerinde ekolojik ayak izinden gelire doğru Hindistan, Çin ve Türkiye’de ise gelirden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü; Çin’de ekolojik ayak izi ile ticari açıklık arasında çift yönlü, Rusya ve Türkiye’de ticari açıklık ile ekolojik ayak izi arasında tek yönlü; Hindistan, Çin ve Türkiye’de doğrudan yabancı sermaye

yatırımlar ile ekolojik ayak izi arasında tek yönlü nedensellik ilişkileri mevcut olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bulgular kapsamında politika çıkarımları şunlardır. Sonuçlar ekonomik büyümenin çevre kalitesini artıracığına dair olumlu izlenimler göstermektedir. Doğrudan yabancı yatırımların ekolojik ayak izi düzeyini artırarak çevreyi olumsuz etkilemesi nedeniyle hükümet tarafından yoğun bir şekilde izlenmesi gerektiği vurgulanmakta ve duruma ek önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu kapsamda, doğrudan yabancı yatırımlardan kaynaklanan ekolojik zararları azaltmak için verimli ve çevre dostu çevre yasalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca iyi ve bilinçli çevre düzenlemelerinin de yapılarak çevre dostu yabancı yatırımcıların ilgisi çekilebilir. Ev sahibi ülkelerin sadece ekonomiyi ve yaşam tarzını korumak için değil aynı zamanda çevreyi de korumak için katı yasalar çıkarması gerekmektedir. Bu bakımdan yabancı yatırımcıların ev sahibi ülkenin çevresel durumu hakkında bilgi sahibi olmaları ve kurumsal sosyal sorumlulukları gereği çevre kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olacak gerekli tüm teknolojileri dâhil etmeleri gerekmektedir. Bu yönde atılacak adımlar, çevresel sürdürülebilirliğin artırılmasına yardımcı olacak ve küresel iklim değişikliği sorununun çözümüne katkıda bulunacaktır.

Gelecekteki çalışmalarda kentleşme, okur-yazarlık oranı, doğuştan yaşam süresi veya Gini katsayısı gibi değişkenler de kaliteli yaşamın göstergesi olarak kullanılabilir. Ayrıca ekolojik ayak izini etkileyen faktörlerin incelemesinde gelişmiş ve gelişmekte olan ülke karşılaştırmasının yapılması literatürün gelişmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- Ahmad, M., Jiang, P., Majeed, A., Umar, M., Khan, Z., & Muhammad, S. (2020). The dynamic impact of natural resources, technological innovations and economic growth on ecological footprint: An advanced panel data estimation. *Resources Policy*, 69, 101817.
- Alola, A. A., Bekun, F.V., & Sarkodie, S. A. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *Sci Total Environ* 685, 702–709. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.139>
- Ansari, M. A., Haider, S., Kumar, P., Kumar, S., & Akram, V. (2022). Main determinants for ecological footprint: An econometric perspective from G20 countries. *Energy, Ecology and Environment*, 7(3), 250-267.
- Aşıcı, A. A., & Acar, S. (2016). Does income growth relocate ecological footprint?. *Ecological Indicators*, 61, 707-714.
- Bagliani, M., Bravo, G., & Dalmazzone, S. (2008). A consumption-based approach to environmental kuznets curves using the ecological footprint indicators. *Ecological Economics*, 65(3), 650-661.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The review of economic studies*, 47(1), 239-253.
- Bucak, Ç. (2022). Ekonomik özgürlük endeksi, insani gelişme endeksi ve ekolojik ayak izi: E7 ülkeleri için ampirik bir analiz. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(23), 141-158.
- Canas, A., Ferrao, P., & Conceicao, P. (2003). A new environmental Kuznets curve? Relationship between direct material input and income per capita: Evidence from industrialised countries. *Ecological Economics*, 46(2), 217-229.
- Caviglia-Harris, J.L., Chambers, D., & Kahn, J.R. (2009). Taking the ‘U’ out of Kuznets. A comprehensive analysis of the EKC and environmental degradation. *Ecological Economics*, 68(4),1149-1159.
- Charfeddine, L., & Mrabet, Z. (2017). The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 76, 138-154.
- Chen, Q., Madni, G. R., & Shahzad, A. A. (2023). The usage of spatial econometric approach to explore the determinants of ecological footprint in BRI countries. *Plos One*, 18(10), e0288683.
- Chen, S. T., & Chang, H. T. (2016). Factors that affect the ecological footprint depending on the different income levels. *Aims Energy*, 4(4), 557-573.
- Chowdhury, M. A. F., Shanto, P. A., Ahmed, A., & Rumana, R. H. (2021). Does foreign direct investments impair the ecological footprint? New evidence from the panel quantile regression. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 14372-14385.
- Danish, A., Baloch, M.A., Mahmood, N., & Zhang, J.W. (2019). Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO2 emissions in BRICS countries. *Science of the Total Environment* 678, 632–638.
- Destek, M. A., & Sinha, A. (2020). Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: Evidence from organisation for economic Co-operation and development countries. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118537.
- Diao, X., Zeng, S., Tam, C. M., & Tam, V. W. (2009). EKC analysis for studying economic growth and environmental quality: A case study in China. *Journal of Cleaner Production*, 17(5), 541-548.
- Doğan, E., Taspınar, N., & Gokmenoglu, K. K. (2019). Determinants of ecological footprint in MINT countries. *Energy & Environment*, 30(6), 1065-1086.
- Duman, E. (2023). Seçilmiş ekonomik değişkenlerin ekolojik ayak izine etkisinin analizi: BRICS-T ülkeleri örneği. *Sosyoekonomi*, 31(58), 277-288.
- Emirmahmutoglu, F., & Köse, N. (2011). Testing for granger causality in heterogeneous mixed panels. *Economic Modelling*, 28, 870-876.
- Global Footprint Network (2023). www.footprintnetwork.org/ Erişim Tarihi 20.11.2023.
- Grossman, G., & Krueger, A. (1995). Economic environment and the economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Gülmez, A., Altıntaş, N., & Kahraman, Ü.O. (2020). A puzzle over ecological footprint, energy consumption and economic growth: The case of Turkey. *Environmental Ecological Statistic* 27(4), 753–768. <https://doi.org/10.1007/s10651-020-00465-1>
- Gülmez, A., Özdilek, E., & Karakaş, D. N. (2021). Ekonomik büyüme, ticari açıklık ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izine etkileri: G7 ülkeleri için panel eşbütünleşme analizi. *Econder International Academic Journal*, 5(2), 329-342.
- Islam, M. S., Hossain, M. E., Khan, M. A., Rana, M. J., Ema, N. S., & Bekun, F. V. (2022). Heading towards sustainable environment: exploring the dynamic linkage among selected macroeconomic variables and ecological footprint using a novel dynamic ARDL simulations approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-20.

- Kızılgöl, Ö., & Öndes, H. (2022). Factors affecting the ecological footprint: A study on the OECD countries. *Science of the Total Environment*, 849, 157757.
- Kong, Y., & Khan, R. (2019). To examine environmental pollution by economic growth and their impact in an environmental Kuznets curve (EKC) among developed and developing countries. *PLoS one*, 14(3), e0209532.
- Kongbuamai, N., Bui, Q., & Nimsai, S. (2021). The effects of renewable and nonrenewable energy consumption on the ecological footprint: The role of environmental policy in BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 27885-27899.
- Majeed, M. T., & Mazhar, M. (2019). Financial development and ecological footprint: A global panel data analysis. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 13(2), 487-514.
- Moore, J., Kissinger, M., & Rees, W.E. (2013). An urban metabolism and ecological footprint assessment of Metro Vancouver. *J Environ Manage* 124, 51–61.
- Mrabet, Z., AlSamara, M., & Hezam Jarallah, S. (2017). The impact of economic development on environmental degradation in Qatar. *Environmental and Ecological Statistics*, 24, 7-38.
- Nathaniel, S., Nwodo, O., Adediran, A., Sharma, G., Shah, M., & Adeleye, N. (2019). Ecological footprint, urbanization, and energy consumption in South Africa: Including the Excluded, *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 27168–27179.
- Nazlıoğlu, S., & Karul, C. (2017, July). Panel LM Unit Root Test With Gradual Structural Shifts, 40th International Panel Data Conference, Thessaloniki-Greece.
- Pata, U. K., & Caglar, A. E. (2021). Investigating the EKC hypothesis with renewable energy consumption, human capital, globalization and trade openness for China: Evidence from augmented ARDL approach with a structural break. *Energy*, 216, 119220.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. Available at SSRN 572504.
- Pesaran, M. H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure, *Econometrica*, 74 (4), 967-1012.
- Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50-93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Ramezani, M., Abolhassani, L., Shahnoushi, F. N., Burgess, D., & Aminizadeh, M. (2022). Ecological footprint and its determinants in MENA countries: A spatial econometric approach. *Sustainability*, 14(18), 11708.
- Rudolph, A. ve Figge, L. (2017). Determinants of ecological footprints: What is the role of globalization?. *Ecological Indicators*, 81, 348-361.
- Sabir, S., & Gorus, M. S. (2019). The impact of globalization on ecological footprint: Empirical evidence from the South Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 33387-33398.
- Shahzad, U., Fareed, Z., Shadzad, F., & Shadzad, K. (2020). Investigating the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint for the United States: New insights from quantile methods, *Journal of Cleaner Production*, 279(2021), 123806.
- Stern, D. I., Common, M. S., & Barbier, E. B. (1996). Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets Curve and sustainable development. *World Development*, 24(7), 1151-1160.
- Türkmen, S., Ağır, H., & Günay, E. (2019). Seçilmiş OECD ülkelerinde ar-ge ve ekonomik büyüme: Panel eşbütünlük yaklaşımından yeni kanıtlar. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 14(2), 89-101.
- Uddin, G. A., Salahuddin, M., Alam, K., & Gow, J. (2017). Ecological footprint and real income: Panel data evidence from the 27 highest emitting countries. *Ecological Indicators*, 77, 166-175.
- Udemba, E. N. (2020). A sustainable study of economic growth and development amidst ecological footprint: New insight from Nigerian Perspective. *Science of the total environment*, 732, 139270.
- Ulucak, R., & Bilgili, F. (2018). A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries. *Journal of cleaner production*, 188, 144-157.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*. New Society Publishers.
- Wang, J., & Dong, K. (2019). What drives environmental degradation? Evidence from 14 Sub-Saharan African countries. *Science of the Total Environment*, 656, 165-173.
- Westerlund, J., & Edgerton, D. L. (2007). A panel bootstrap cointegration test. *Economics Letters*, 97,185–190.
- World Bank (2023). *World development indicators*, Erişim adresi: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> Erişim Tarihi: 09.12.2023.
- Zafar, M. W., Zaidi, S. A. H., Khan, N. R., Mirza, F. M., Hou, F., & Kirmani, S. A. A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: The Case of the United States. *Resources Policy*, 63, 101428.