

EKONOMİK BÜYÜME VE EKOLOJİK AYAK İZİ İLİŞKİSİ: E7 ÜLKELERİ ÖRNEĞİ**Esra CEBECİ MAZLUM*****ÖZET**

Bu çalışmada E7 ülkelerinde (Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye) 1992-2018 döneminde ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi ilişkisi panel veri yöntemi ile incelenmiştir. Ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başına düşen GSYH ve ekolojik ayak izi ölçütü olarak kişi başına küresel (ha) cinsinden ekolojik ayak izi değişkeni kullanılmış olup, kontrol değişkeni olarak birincil enerji tüketimi ele alınmıştır. Çalışmada eşbütünleşme ilişkisinin varlığı Gengenbach vd. (2016) ikinci nesil eşbütünleşme testi ile araştırılmış olup, eşbütünleşme katsayıları AMG tahmincisiyle hesaplanmıştır. Ayrıca, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespitinde Dumitrescu ve Hurlin (2012) nedensellik testinden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında, E7 ülkelerinde 1992-2018 döneminde değişkenler arasında eşbütünleşik ilişki olduğu tespit edilmiştir. E7 ülkelerinde enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi ile pozitif ve istatistiki olarak anlamlı ilişkiye sahiptir. Bu ülkelerde enerji tüketimindeki %1'lik artış, ekolojik ayak izini ortalama % 0.78 oranında arttırmaktadır ve ekonomik büyümede %1'lik artış ekolojik ayak izini ortalama 0.12 oranında arttırmaktadır. Ayrıca, ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi varken; ekolojik ayak izi ile enerji tüketimi arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik büyüme, ekolojik ayak izi, panel veri analizi.

ECONOMIC GROWTH AND ECOLOGICAL FOOTPRINT RELATIONSHIP: THE CASE OF E7 COUNTRIES**ABSTRACT**

In this study, the relationship between economic growth and ecological footprint in E7 countries (Brazil, China, Indonesia, India, Mexico, Russia, and Turkey) in the period 1992 and 2018 was examined by using the panel data method. GDP per capita as an indicator of economic growth and ecological footprint in terms of global (ha) per capita variable were used to measure ecological footprint, and primary energy consumption was considered as a control variable. The existence of a cointegration relationship in the study by Gengenbach et al. (2016) was investigated with the second-generation cointegration test and the cointegration coefficients were calculated with the AMG estimator Dumitrescu and Hurlin's (2012) causality test was also used to determine the causality relationship between the variables. In light of the findings, it has been determined that there is a cointegrated relationship between the variables in the E7 countries during the 1992-2018 period. There is also a positive and statistically significant relationship between the ecological footprint of energy consumption and economic growth in E7 countries. In these countries, a 1% increase in energy consumption increases the ecological footprint by 0.78% on average, and a 1% increase in economic growth increases the ecological footprint by an average of 0.12. In addition to that, while there is a one-way causality relationship from economic growth to ecological footprint; a mutual causality relationship has been determined between ecological footprint and energy consumption.

Keywords: Economic growth, ecological footprint, panel data analysis.

* Öğr. Gör. Dr., Selçuk Üniversitesi Silifke Taşucu Meslek Yüksekokulu, Dış Ticaret Bölümü, dresracebeci@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5563-0681

1. GİRİŞ

Ekolojik ayak izi 1990'ların başından itibaren önemli ölçüde akademik ve politik ilgi uyandırmıştır. Bu kavram Mathis Wackernagel ve William Rees tarafından ifade edilmiştir (Collins ve Flynn, 2015: 1). Ekolojik ayak izi, her bir insanın yaşam kalitesi ve tüketim alışkanlıkları ya da ekolojik topluluğun ihtiyaç duyduğu kaynakların üretildiği ve ortaya çıkan atıkların zararsız hale getirildiği, gezegenimizin üretken alanının ne kadarının kullanıldığı, ekolojik açıdan üretken alanı ve karbon dioksitin emildiği alanı şeklinde ifade edilebilmektedir (Marin, 2004; Wackernagel ve Beyers, 2019: 4). Ekolojik ayak izi bileşenleri; karbon ayak izi, orman ayak izi, tarım ayak izi, yapılaşma ayak izi, otlak ayak izi ve balıkçılık ayak izi olarak sınıflandırılmıştır (WWF, 2012: 9).

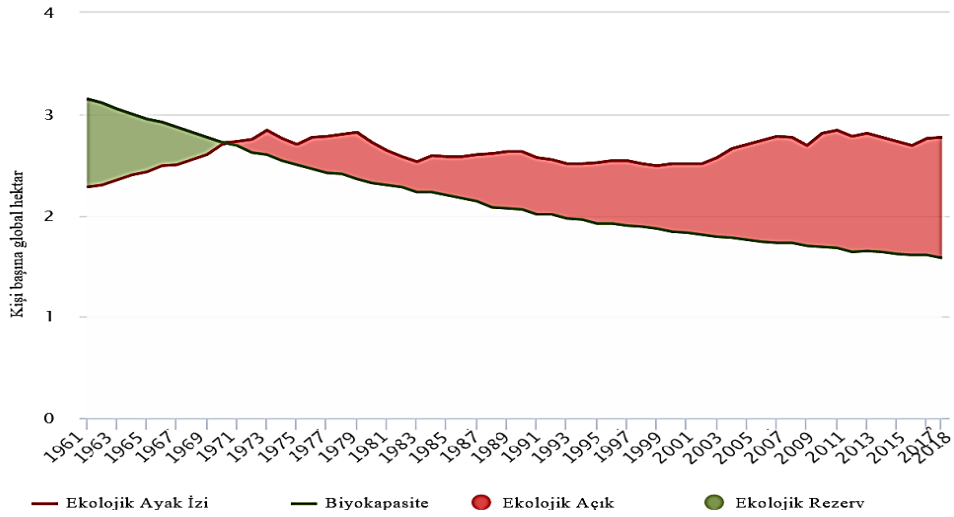
Ekolojik ayak izinin doğanın talebini ve arzını incelediği bilinmektedir. Tüketimin ekolojik ayak izi, birey veya topluluk tarafından tüketilen ürünlerin üretimi için kullanılan yenilenebilir doğal kaynakları anlatmaktadır. Üretimin ekolojik ayak izi, bir ülkeden veya coğrafi bölgeden sağlanan biyolojik kapasitenin kullanımını açıklamaktadır. Ekolojik varlıklar (tarım alanları, otlatma alanları, balıkçılık alanları ve yerleşim alanları) hasat edilmeden bırakılırsa atıkların ve karbon salınımlarının büyük ölçüde emilimi gerçekleşecektir. Üretimin ekolojik ayak izini aynı alandaki biyolojik kapasite ile kolayca karşılaştırılmasıyla yerel/ ulusal/ küresel sürdürülebilirlik ölçüde elde edilebilmektedir (Güner, 2020: 37-38; Global Footprint Network, 2022).

Ekolojik ayak izi kavramı, ürünün yaşam döngüsü analizini içermektedir. Bir ürünün kullanım ömrü boyunca çevre üzerindeki etkisini değerlendiren nicel bir yaklaşımdır (Ruževićus, 2010: 712). Ekolojik ayak izi, mevcut teknoloji ve kaynak yönetimi neticesinde tüketilen kaynakların üretimi ve bunun sonucu oluşan atığın ortadan kaldırılması için gereken biyolojik olarak verimli toprak ve su alanını küresel hektar (kha) cinsinden ifade etmektedir (Koru, 2012: 14). Diğer bir deyişle, ekolojik ayak izi tüm ihtiyaçların karşılanması için gerekli biyolojik alanı ölçmektedir (Borucke vd., 2013).

Ekolojik ayak izinin hesaplanmasında iki temel dayanak söz konusudur. Bunlardan ilki, tüketilen kaynakların ve üretilen atıkların izlenebilmesidir. İkincisi, gereksinimlerin üretimi ve atıkların ortadan kaldırılması için gerekli olan biyolojik üretken alanın ölçülebilmesidir. Bunların neticesinde elde edilen ekolojik ayak izleri, bireylerin üretim ve tüketim doğrultusunda ne kadar biyolojik üretken alan kullandığını göstermektedir (Akıllı, 2008: 6). Bir ülkede ekolojik ayak izi biyokapasiteden fazla ise, ekolojik rezerve sahip anlama gelmekte olup "çevresel kreditor" konumundadır; ekolojik ayak izi biyokapasiteden az ise ekolojik rezerv açığı ortaya çıkmakta olup "ekolojik borçlu" ülke biçiminde ifade edilmektedir (Ghita vd., 2018: 10).

Şekil 1'de Dünya'da 1961-2018 dönemi için ekolojik ayak izinin seyri yer almaktadır. Buna göre; 1961 yılında ekolojik ayak izi kişi başına global hektar (gha) olarak 2.28 büyüklüğünde tespit edilmiş olup, 2018 yılında 2.77 gha düzeyinde gerçekleşmiştir. Ayrıca, 1961 yılında biyokapasite kişi başına 3.15 gha olarak ölçülürken, 2018 yılında kişi başına 1.58 seviyesine düşmüştür. Dolayısıyla, 1971-2018 döneminde biyokapasitenin ekolojik ayak izinden az olduğu gözlemlenmiş olup, bahsedilen tarih aralığında ekolojik açıktan bahsedilebilmektedir. Küresel nüfusun hızla artması biyolojik kapasitenin kullanımını giderek arttırmaktadır ve ekolojik açıktan gün geçtikçe yükseliş görülmektedir. Böylece dünya nüfusu arttıkça doğadaki kaynaklar giderek azalmaktadır.

Şekil 1: Dünya Ekolojik Ayak İzi



Bahsedilen hususlar kapsamında çalışmanın temel amacı E7 ülkelerinde (Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye) ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Literatürde ekolojik ayak izi ve ekonomik büyüme arasında sınırlı çalışma bulunduğundan, literatüre katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde literatür sunulmuştur. Üçüncü bölümde model belirleme ve veri seti ele alınmıştır. Dördüncü bölümde ekonometrik yöntem ve analiz bulguları sunulmuş olup, beşinci ve son bölümde sonuç ve öneriler yer almıştır.

2. LİTERATÜR

Literatürde çevresel tahribatın ekonomik büyümeye etkisine dair öncü çalışmalar Grossman ve Krueger (1991)'in Çevresel Kuznets Eğrisini sınaması ile başlamıştır. Bu açıdan ekonomik büyüme ilişkisinde çevresel tahribat bakımından CO₂ emisyonunun analizlere sıklıkla dahil edildiği görülmektedir. Çevreye olan duyarlılığın artmasıyla birlikte, çevre ve ekonomik büyümeye dair araştırmalara olan ilgi artmıştır. Bu sebeple, karbon ayak izi, tarım ayak izi, yapılaşma ayak izi, otlak ayak izi ve balıkçılık ayak izi kavramlarını da içeren çevreye olan duyarlılığı ölçen değişkenlerden biri olan ve daha geniş bir tanım olan ekolojik ayak izi kavramı bu çalışmada dikkate alınmıştır.

Çevresel bozulmanın göstergesi olarak ekolojik ayak izini ele alan çalışmalarda; Acar ve Aşıcı (2015) 150 ülke için 2006 yılına ilişkin verilerini kullanarak ekolojik ayak izi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi yatay kesit analizi ile araştırmıştır. Benzer şekilde EKC hipotezini doğrulayan diğer çalışmalarda; Aşıcı ve Acar (2016) 116 ülke için 2004-2008 döneminde ekolojik ayak izi, biyokapasite, GSYH, ticari açıklık, nüfus yoğunluğu ve enerji tüketimi değişkenlerini kullanarak sabit etkiler yöntemi ile Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Charfeddine (2017) Katar ekonomisi için 1970-2015 yılları verilerini kullanarak QARDL, Granger nedensellik yöntemi ile ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkisini tespit etmiştir. Charfeddine ve Mrabet (2017) 15 MENA ülkesi için 1975-2007 dönemi için Panel Granger nedensellik, FMOLS ve panel DOLS tahmin yöntemleri ile ekolojik ayak izi ile GSYH arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Mrabet ve Alsamara (2017) Katar ekonomisi için 1980-2011 dönemi verilerini kullanarak ARDL yöntemi ile CO₂, ekolojik ayak izi, reel GSYH, enerji kullanımı, finansal gelişme

... (akademik, hakemli, indexli, uluslararası dergi)

ve ticaret açıklığı değişkenlerini analiz etmiştir. Sarkodie ve Strezov (2018) 1971-2013 dönemi verilerini kullanarak Avustralya, Çin, Gana ve ABD üzerine gerçekleştirdiği çalışmada PMG ve ARDL yöntemlerini kullanmıştır. Ulucak ve Bilgili (2018) yüksek gelir, orta gelir ve alt gelir grubuna ait 15'er ülkeyi CUP-FM ve CUP-BC yöntemi ile 1961-2013 döneminde araştırmıştır. Destek ve Sarkodie (2019) 11 yeni sanayileşen ülke için 1977-2013 dönemine ait verileri kullanarak ekolojik ayak izi, GSYH, enerji tüketimi ve finansal gelişme arasındaki ilişkiyi arttırılmış grup tahmincisi yöntemi ve panel nedensellik testi ile incelemiştir. Ahmad vd. (2021) G7 ülkeleri üzerine gerçekleştirdiği çalışmada 1980-2016 verileriyle finansal küreselleşme, kentleşme, inovasyon ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi ile ilişkisi panel veri yöntemi ile araştırılmıştır.

Bagliani vd. (2008) 144 ülkeyi ele alarak 2001 yılı verileriyle yatay kesit, EKK ve ağırlıklandırılmış EKK testleri ile ekolojik ayak izi ve ekonomik büyüme arasında bir ilişki tespit edememişlerdir. Wang vd. (2013) 2005 yılı için 150 ülkeyi ele aldığı çalışmasında GSYH, ekolojik ayak izi ve biyokapaste arasındaki ilişki mekânsal ekonometri ile araştırılmıştır ve Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde, Ulucak ve Koçak (2018) OECD ülkeleri için 1970-2014 dönemi için kişi başına gelir ile ekolojik ayak izine ilişkin eşbütünleşme katsayıları CUP-FM ve CUP-BC tahmincileri elde edilmiştir ve ekonomik büyümenin belli bir noktaya kadar kirliliği arttırdığı, teknolojik gelişmeyle kirliliğin azaldığı bulgusu elde edilmiştir. Bu çalışmada da Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi reddedilmiştir.

Caviglia-Harris vd. (2009) 146 ülke verisini kullanarak 1961-2000 döneminde panel sabit etkiler, 2 aşamalı EKK ve genelleştirilmiş momentler yöntemini kullanmış olup, değişkenler arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Al-Mulali vd. (2015) 93 ülke verisini kullanarak ekolojik ayak izi, büyüme, enerji tüketimi, kentleşme ve ticari açıklık arasındaki ilişkiyi GMM ve panel regresyon yöntemi ile araştırmıştır. Bu çalışmada Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi üst orta ve yüksek gelirli ülkelerde geçerli iken, düşük orta ve düşük gelirli ülkelerde geçersiz bulunmuştur. Uddin vd. (2017) 1991-2012 verileriyle en çok emisyon açan 27 ülkeyi analiz etmiştir. Ekolojik ayak izi, reel gelir, finansal gelişme ve ticari açıklık verilerinin kullanıldığı çalışmada DOLS yöntemi ile ekolojik ayak izi ile reel gelir arasında olumlu ve önemli ilişki olduğu tespit edilmiştir. Chowdhury vd. (2021) 2001-2016 dönemi için 92 ülkeyi kapsayan analizinde panel kantil regresyon yöntemini kullanmıştır ve ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izinin negatif ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Gülmez vd. (2021) 1971-2015 dönemi verilerini kullanmış olup, G7 ülkeleri için GSYH, ticari açıklık, enerji tüketimi ve ekolojik ayak izi değişkenleri için Pedroni FMOLS ve DOLS yöntemini kullanmıştır. Elde edilen bulgular neticesinde G7 ülkelerinde GSYH'de %1'lik artışın ekolojik ayak izini %0.24 arttırdığı görülmüştür. Ikram vd. (2021) Japonya ekonomisi için 1965-2017 verileri için kantil ARDL, kantil Granger nedensellik yöntemlerini kullanmıştır ve neticesinde ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Özkan ve Çoban (2022) 1970-2018 yılları için KLRS yaklaşımı ile Türkiye için gerçekleştirdiği analizinde ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

3. MODEL BELİRLEME VE VERİ SETİ

Bu çalışmada, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi ilişkisi E7 ülkeleri (Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye) çerçevesinde incelenmiştir. Veri seti 1992-2018 dönemi yıllık verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Tablo 1'de de ifade edildiği gibi, ekonomik

... (akademik, hakemli, indexli, uluslararası dergi)

büyüme yi temsil eden de ğ işken olarak kişi başına d uşen reel GSYH kullanılmıştır ve bu de ğ işken World Bank veri tabanından elde edilmiştir. Ekolojik ayak izi verisi Global Footprint Network veri tabanından elde edilmiştir. Kişi başına d uşen birincil enerji t uketimi veri seti ise BP Statistical Review of World Energy veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmada veri setinin 2018 yılında sınırlandırılmasının sebebi ekolojik ayak izi verisinin 2018 yılına kadar olmasından kaynaklanmıştır. Analizlerde kullanılan modellerin tahmin edilmesinde Stata paket programından yararlanılmıştır.

Tablo 1. De ğ işkenler ve Veri Kaynakları

De ğ işkenler	Sembol	Veri Kayna ğ ı
Kişi başına d uşen reel GSYH (2015 ABD \$, sabit fiyatlar)	GDP	World Bank
Ekolojik ayak izi (Kişi başına küresel hektar)	EF	Global Footprint Network
Kişi başına d uşen birincil enerji t uketimi (Gigajoule)	ENERGY	BP Statistical Review of World Energy

Çalışmada kullanılan model (1) nolu eşitlikteki gibidir:

$$\ln EF_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln ENERGY_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Denklem 1’de α sabit de ğ eri, β e ğ im parametresini, i panelin birim boyutunu, t panelin zaman boyutunu ve u ise hata terimini ifade etmektedir. Ele alınan modelde GSYH ölçütü olarak, kişi başına d uşen GSYH (GDP); enerji t uketimi ölçütü olarak kişi başına birincil enerji t uketimi (ENERGY) ve ekolojik ayak izi ölçütü olarak ise kişi başına küresel (ha) cinsinden ekolojik ayak izi de ğ işkeni (EF) kullanılmıştır. Çalışmada birincil enerji t uketimi kontrol de ğ işkeni olarak analize dahil edilmiştir. De ğ işkenler do ğ al logaritmaları alınarak modelde yer almaktadır.

Çalışmada 1992-2018 döneminde E7 (Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye) ölkelerinde de ğ işkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiki bilgileri içeren gözlem sayısı, ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum de ğ erler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

De ğ işken Adı	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
GDP	189	8.0709	1.0587	5.7076	9.6787
EF	189	.8498	.5365	-.2484	1.9169
ENERGY	189	3.8644	.7938	2.3131	5.4479

Tablo 3’te de ğ işkenlere ilişkin korelasyon testi sonuçları yer almaktadır. Korelasyon katsayıları de ğ işkenler arasındaki ilişkinin yönü ile ilgili bilgi sunmaktadır. Korelasyon testi sonuçlarına göre de ğ işkenler arasında pozitif yönlü bir ilişkinin olması beklenmektedir.

Tablo 3. Korelasyon Testi Sonuçları

De ğ işkenler	EF	GDP	ENERGY
EF	1.0000		
GDP	0.7660	1.0000	
ENERGY	0.9678	0.7171	1.0000

4. EKONOMETRİK YÖNTEM VE ANALİZ BULGULARI**4.1. Yatay Kesit Bağımsızlığının ve Homojenliğin Test Edilmesi**

Yatay kesit bağımlılığının test edilmesi amacıyla literatürde Breusch-Pagan (1980) $CDLM_1$ testi, Pesaran (2004) $CDLM_2$ testi, Pesaran (2004) $CDLM$ testi ve Pesaran vd. (2008) $CDLM_{adj}$ testleri yer almaktadır.

$CDLM_1$ ve $CDLM_2$ testleri $T > N$ olduğunda ve $CDLM$ testi $N > T$ durumunda ve $CDLM_{adj}$ testi ise $T > N$ ve $N > T$ olduğunda yatay kesit bağımlılığının varlığını test edebilmektedir.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \bar{\rho}_{ij} \right)} \quad (2)$$

Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından delta testi ile eğim katsayılarının yatay kesitler arasında farklı olup olmadığı test edilmektedir. Serilerde yatay kesitler arasında bağımlılığa ilişkin kurulan hipotezler şu şekilde ifade edilebilir:

H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H_a : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Tablo 4. Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

CD Test	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
LM_1 (Breusch Pagan 1980)	41.1	0.0055
LM_2 (Pesaran 2004)	7.753	0.0000
LM Bias Adj.	2.8	0.0051

Yatay kesit bağımlılığına ilişkin test sonuçları Tablo 4’te sunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre olasılık değeri 0.05’ten küçük olduğu için H_0 : “Yatay kesit bağımsızlığı yoktur” şeklinde kurulan temel hipotez reddedilmiştir. Yatay kesit bağımlılığının olduğuna karar verilmiştir. Analizin sonraki aşamalarında birim kök testi yapılırken yatay kesit bağımlılığını dikkate alan testler kullanılmalıdır.

Tablo 5’te delta testi, değişkenlerin homojenlik sonuçlarını göstermektedir. Olasılık değerleri incelendiğinde 0.05’ten küçük olduğu için H_0 : “Eğim katsayıları homojendir” şeklindeki temel hipotez reddedilmiştir. Tablo 5’te yer alan sonuçlara göre modelde yer alan değişkenler heterojendir.

Tablo 5. Modele Ait Homojenlik Testi Sonuçları

	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
Delta_tilde	13.286	0.000
Delta_tilde adj	14.395	0.000

4.2. Değişkenlerin Durağanlıklarının İncelenmesi

Çalışmamızda serilerin durağanlığını test etmek için yatay kesit bağımlılığını dikkate alan 2. nesil panel birim kök testlerinden Pesaran (2007) CADF (Crosssectional Augmented Dickey Fuller) testi ele alınmıştır.

... (akademik, hakemli, indexli, uluslararası dergi)

Pesaran (2007) CADF testinde panel içerisinde yer alan birimlerin tamamı CADF test istatistiği ile hesaplanmaktadır. Hesaplanan CADF testlerinin aritmetik ortalamasıyla panel için CIPS (Cross Sectionally Augmented IPS) test istatistiğinin hesaplanması söz konusudur (Pesaran, 2007: 269-271). Pesaran (2007) tarafından önerilen CADF (Cross-sectional Augmented Dickey Fuller) testi için temel eşitliği ve hata terimini denklem X ve Y yardımıyla gösterebiliriz ve u_{it} tek faktörlü bir yapıdadır:

$$y_{it} = (1 - \phi_i)\mu_i + \phi_i y_{i,t-1} + u_{it}, i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$$u_{it} = \gamma_i f_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Hata teriminde yer alan f_t gözlenemeyen ortak faktör (etki) ve ε_{it} , bireysel hatayı göstermektedir. Böylece Denklem x ve y yi aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz ve $\alpha_i = (1 - \phi_i)\mu_i$, $\beta_i = -(1 - \phi_i)$ ve $\Delta y_{it} = y_{it} - y_{i,t-1}$ biçiminde ifade edilmektedir:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \gamma_i f_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Pesaran (2007) CADF testinde H_0 hipotezi “her bir birim birim köke sahiptir” ve H_a hipotezi “yatay kesit birimlerinin bir kısmı birim köke sahip değildir”, şeklinde ifade edilmiştir ve bahsedilen hipotezleri aşağıdaki şekilde gösterebiliriz:

$$H_0: \beta_i = 0 \text{ (tüm } i\text{'ler için)} \quad (6)$$

$$H_a: \beta_i < 0, i=1,2, \dots, N_1, \beta_i = 0, i=N_1+1, N_1+2, \dots, N \quad (7)$$

CADF test istatistiklerinin aritmetik ortalamasının alınmasıyla tüm panele ait istatistik (CIPS) hesaplanmaktadır. CADF veya CIPS istatistikleri mutlak değer olarak kritik tablo değerlerinden büyük olduğunda paneli oluşturan yatay kesit birimlerinin ya da tüm panelin durağan bir yapıya sahip olduğu bulgusu elde edilmektedir (Pesaran, 2007: 265-303).

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i \quad (8)$$

Tablo 6. CADF Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Düzyey Değeri Test İstatistikleri	1. Farkında Test İstatistikleri
GDP	-2.706***	-3.876***
ENERGY	-1.647	-2.457**
EF	-2.455**	-3.468***

Not: *, **, *** sırasıyla yüzde 10, yüzde 5 ve yüzde 1 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Kritik değerler şunlardır: Yüzde 1; -2.570, yüzde 5; -2.330, yüzde 10; -2.210.

4.3. Eşbütünlüşme Testi ve Eşbütünlüşme Katsayısı Tahmini

Birimler arası korelasyon ve heterojenliğin olması durumunda ikinci nesil panel eşbütünlüşme testleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada Gengenbach vd. (2016) tarafından literatüre kazandırılan ikinci nesil eş bütünlüşme testi kullanılmıştır.

... (akademik, hakemli, indexli, uluslararası dergi)

Gengenbach vd. (2016) eş bütünlük testi için Denklemler 9'daki gibidir:

$$\Delta y_{i,t} = \delta'_{y,x} d_t + a_{y_i} y_{i,t-1} + y'_i w_{i,t-1} + B_{y,y_i}(L) \Delta y_{i,t-1} + A_{y,x,x_i}(L) \Delta x_{i,t} + A_{y,F,x_i}(L) \Delta F_t + \eta'_{y,x_i} f_{it} + \varepsilon_{y,x_i,t} \quad (9)$$

Her bir birim için hesaplanacak test istatistiği Denklem 10'daki gibidir:

$$\Delta y_i = d \delta_{y,x_i} + a_{y_i} y_{i,-1} + w_{i,-1} \gamma_i + v_i \pi_i + \varepsilon_{y,x_i} = a_{y_i} y_{i,-1} + g_i^d \lambda_i + \varepsilon_{y,x_i} \quad (10)$$

Gengenbach vd. (2016) eşbütünlük testinin temel hipotezi aşağıdaki gibidir:

H₀: p > 0.01 (Eşbütünlük ilişkisi yoktur)

H₁: p ≤ 0.01 (Eşbütünlük ilişkisi vardır)

Tablo 7. Gengenbach, Urbain ve Westerlund Testi Sonuçları

d.y	Katsayı	T-bar	P-Val*
y(t-1)	-0.815	-3.508	≤ 0.01

Tablo 7'de Gengenbach, Urbain ve Westerlund test sonuçları yer almaktadır. Analiz bulgularına göre p-val* ≤ 0.01 olduğundan H₀ hipotezi reddedilmiştir, alternatif hipotez olan H₁ hipotezi kabul edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada yer alan modelde yatay kesit bağımlılığı olduğundan ve değişkenler heterojen olduğundan; bunları dikkate alan genişletilmiş ortalama grup (AMG) tahmincisi kullanılmıştır. Bond ve Eberhardt (2009) ile Eberhardt ve Teal (2010) tarafından türetilen genişletilmiş ortalama grup (AMG) tahmincisinde ilk aşamada hata düzeltme modeli T-1 adet zaman gölge değişkeni ilavesi ile birinci farklar yöntemi ile tahmin edilmekte olup, sonraki aşamada her bir birim için kurulan hata düzeltme modeline eklenmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 303).

Tablo 8'de panelin geneline ait ve paneli oluşturan ülkelere ilişkin eşbütünlük katsayıları sunulmuştur. Panel geneline ait tahmin sonuçları şu şekildedir: E7 ülkelerinde enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi ile pozitif ve istatistiki olarak anlamlı ilişkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu ülkelerde enerji tüketimindeki %1'lik değişim, ekolojik ayak izini ortalama % 0.78 oranında arttırmaktadır. Ayrıca, bu ülkelerde ekonomik büyümede %1'lik değişim ekolojik ayak izini ortalama 0.12 oranında arttırmaktadır.

Tablo 8. Eşbütünlük Katsayılarının Tahmini (AMG Yöntemi)

Ülkeler	ENERGY		GDP	
	Katsayı	Olasılık Değeri	Katsayı	Olasılık Değeri
PANEL	.7802807	0.000***	.1290549	0.000***
Çin	.5883392	0.000***	.1192749	0.000***
Hindistan	.5102175	0.000***	.1724215	0.000***
Rusya	.9964097	0.000***	.0830018	0.000***
Brezilya	.6381959	0.000***	.0394642	0.162
Endonezya	.2017925	0.028**	.0959229	0.000***
Türkiye	.7104879	0.000***	.1288083	0.000***
Meksika	1.816522	0.033**	.2644905	0.098*

***, **, * sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde durağanlığı ifade etmektedirler.

... (akademik, hakemli, indexli, uluslararası dergi)

Tahmin sonuçları ülkeler açısından değerlendirildiğinde; Çin, Hindistan, Rusya, Brezilya ve Türkiye’de enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerinde % 1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiye sahip olduğu görülmüştür. Endonezya ve Meksika’da ise enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerinde % 5 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi bulunmaktadır. Ayrıca, Çin, Hindistan, Rusya, Endonezya ve Türkiye’de ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerinde % 1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiye sahip olduğu görülmüştür. Meksika’da ise ekonomik büyüme ekolojik ayak izi üzerinde % 10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiye sahiptir. Buna karşılık Brezilya’da ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişkiye rastlanılmamıştır.

4.4. Panel Nedensellik Testi

E7 ülkelerinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığı heterojen paneller için geliştirilmiş olan Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi ile araştırılmıştır. Dumitrescu ve Hurlin (2012) yönteminde aşağıdaki hipotezler sınanmaktadır:

H₀: Tüm birimler için y değişkeni, x değişkeninin nedenseli değildir.

H₁: Bazı birimler için y değişkeni, x değişkeninin nedenselidir.

Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından geliştirilen bu test paneli oluşturan ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığını göz önünde bulundurmaktadır. Zaman boyutu ile kesit boyutu arasındaki büyüklük farkına karşı duyarsız olup, zaman boyutu kesit boyutundan büyük ya da küçük olduğunda etkin sonuçlar sunmaktadır (Dumitrescu ve Hurlin, 2012:1457):

$$\begin{aligned} x_{i,t} &= \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^{(k)} x_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^{(k)} y_{i,t-k} + e_{i,t} \\ y_{i,t} &= \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^{(k)} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^{(k)} x_{i,t-k} + e_{i,t} \end{aligned} \quad (11)$$

Tablo 9. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi Sonuçları

Değişkenler	W istatistiği	Z İstatistiği	Olasılık Değeri	Nedenselliğin Yönü
ef → gdp	9.2381	1.5826	0.1135	Ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır.
gdp → ef	11.2880	3.0321	0.0024***	
ef → energy	13.5225	4.6121	0.0000***	Ekolojik ayak izi ile enerji tüketimi arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi vardır.
energy → ef	20.1695	9.3122	0.0000***	

Not: ***, %1 anlamlılık düzeyinde değişkenler arasında Granger nedenselliğinin olduğunu göstermektedir. → simgesi nedenselliğin yönünü göstermektedir.

... (akademik, hakemli, indexli, uluslararası dergi)

Tablo 9’da değişkenler arasında nedensellik ilişkisini inceleyen Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik sonuçları incelendiğinde E7 ülkelerinde ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi varken; ekolojik ayak izi ile enerji tüketimi arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki 1992-2018 yılları arasında E7 ülkeleri şeklinde ifade edilen Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye için araştırılmıştır. Çalışmada öncelikle ele alınan dönem ve verilerle paneli oluşturan kesitler arasında yatay kesit bağımlılığının olup olmadığı araştırılmıştır. Yatay kesit bağımlılığı sonucuna göre seriler arasında birim kök sınaması yapılmıştır. Bunun için ikinci kuşak birim kök testlerinden Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF (Cross-Sectionally Augmented Dickey Fuller) testi kullanılmıştır. Gengenbach vd. (2016) tarafından literatüre kazandırılan ikinci nesil eş bütünleşme testi kullanılmıştır. Bununla birlikte panelin geneline ait ve ülkeler özelinde eşbütünleşme katsayıları AMG tahmincisiyle hesaplanmıştır. Çalışmada yer alan modelde yatay kesit bağımlılığı olduğundan ve değişkenler heterojen olduğundan; bunları dikkate alan nedensellik testlerinden, nedensellik ilişkisinin varlığı Dumitrescu ve Hurlin (2012) nedensellik testi ile analiz edilmiştir.

Elde edilen bulgular ışığında; E7 ülkelerinde 1992-2018 döneminde değişkenler arasında eşbütünleşik ilişki olduğu tespit edilmiştir. E7 ülkelerinde enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi ile pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkiye sahiptir. Bu ülkelerde enerji tüketimindeki %1’lik artış, ekolojik ayak izini ortalama % 0.78 oranında arttırmaktadır ve ekonomik büyümede %1’lik artış ekolojik ayak izini ortalama 0.12 oranında arttırmaktadır. Çalışmanın sonuçları Gülmez vd. (2021) sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Çin, Hindistan, Rusya, Brezilya ve Türkiye’de enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerinde % 1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Endonezya ve Meksika’da ise enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerinde % 5 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi bulunmaktadır. Ayrıca, Çin, Hindistan, Rusya, Endonezya ve Türkiye’de ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerinde % 1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi vardır. Meksika’da ise ekonomik büyüme ekolojik ayak izi üzerinde % 10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiye sahiptir. Buna karşılık Brezilya’da ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye rastlanılmamıştır. E7 ülkelerinde nedensellik analizi sonucunda ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi varken; ekolojik ayak izi ile enerji tüketimi arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Bu çalışma çevresel bozulmanın göstergelerinden olan CO₂ değişkeninden daha kapsamlı olan ekolojik ayak izi değişkenini ele almıştır. Ekolojik ayak izi değişkeni ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkisinin analizinde farklı ülke grupları ve açıklayıcı değişkenler kullanılması literatüre katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Acar, S., and Aşıcı, A. A. (2015). Does income growth relocate ecological footprint. In *Economic Research Forum Working Papers* (No. 938).
- Ahmad, M., Jiang, P., Murshed, M., Shehzad, K., Akram, R., Cui, L., and Khan, Z. (2021). Modelling the dynamic linkages between eco-innovation, urbanization, economic growth and ecological footprints for G7 countries: does financial globalization matter?. *Sustainable Cities and Society*, 70, 102881.
- Akıllı, H., Kemahlı, F., Okudan, F. ve Polat, F. (2008). Ekolojik Ayak İzinin Kavramsal İçeriği ve Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde Bireysel Ekolojik Ayak İzi Hesaplaması. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 15, 1-25.
- Al-Mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., and Mohammed, A. H. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological indicators*, 48, 315-323.
- Aşıcı, A. A., and Acar, S. (2016). Does income growth relocate ecological footprint?. *Ecological Indicators*, 61, 707-714.
- Bagliani, M., Bravo, G., and Dalmazzone, S. (2008). A consumption-based approach to environmental Kuznets curves using the ecological footprint indicator. *Ecological Economics*, 65(3), 650-661.
- Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K. and Larson, J. E. (2013). Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The national footprint accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators*, 24, 518-533. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.005>
- 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. (2017). The impact of energy consumption and economic development on ecological footprint and CO2 emissions: evidence from a Markov switching equilibrium correction model. *Energy Economics*, 65, 355-374.
- Charfeddine, L., and 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.
- Chowdhury, M. A. F., Shanto, P. A., Ahmed, A., and 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(12), 14372-14385.
- Collins, A., and Flynn, A. (2015). *The ecological footprint: New developments in policy and practice*. Edward Elgar Publishing.
- Destek, M. A., and Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: the role of energy and financial development. *Science of the Total Environment*, 650, 2483-2489.
- Dumitrescu, E., Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460.
- Emirmahmutoglu, F. and Köse, N. (2011). Testing for Granger causality in heterogeneous mixed panels, *Economic Modelling*, 28, 870-876.

- ... (akademik, hakemli, indexli, uluslararası dergi)
- Gengenbach, C., Urbain, J-P. & Westerlund, J. (2016). Error Correction Testing in Panels with Common Stochastic Trends. *Journal of Applied Econometrics*, 31 (6): 982-1004.
- Ghita, S. I., Saseanu, A. S., Gogonea, R. M., and Huidumac-Petrescu, C. E. (2018). Perspectives of ecological footprint in European context under the impact of information society and sustainable development. *Sustainability*, 10(9), 3224.
- Grossman, G. M. and Krueger, A.B (1991). Environmental impacts of North American free trade agreement, NBER Working Paper Series, No: 3914.
- Gülmez, A., Özdilek, E., ve Türkseven, D. N. (2021). Ekonomik Büyüme, Ticari Açıklık ve Enerji Tüketiminin Ekolojik Ayak İzine Etkileri: G7 Ülkeleri İçin Panel Eşbütünlük Analizi. *Econder International Academic Journal*, 5(2), 329-342.
- Güner, U. (2020). Çevresel Sürdürülebilirlik, https://books.google.com.tr/books?id=g9rNDwAAQBAJ&dq=%C3%87evresel+S%C3%BCr%C3%BCr%C3%BClebilirlik&hl=tr&source=gbs_navlinks_s
- Ikram, M., Xia, W., Fareed, Z., Shahzad, U., and 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.
- Koru, A. T., (2012). Tüketimin Ayak İzleri: Dünyaya Bakış. *İktisat ve Toplum*, 24, 13-19.
- Marin, M. C. (2004). Sistem yaklaşımıyla ekosistemde enerji ve maddenin dönüşümü ve ekolojik sorunlar. Çevre sorunlarına çağdaş yaklaşımlar-Ekolojik, ekonomik, politik ve yönetsel perspektifler. Marin, M. C. & Yıldırım, U. (Ed). İstanbul: Beta Basım A.Ş.
- Mrabet, Z., and Alsamara, M. (2017). Testing the Kuznets Curve hypothesis for Qatar: A comparison between carbon dioxide and ecological footprint. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1366-1375.
- Özkan, O. ve Çoban, M. N. (2022). Türkiye’de Kirlilik hale hipotezi ve ekonomik büyüme, ekonomik küreselleşme ve ekolojik ayak izi bağlantısı: KRLS’den kanıtlar. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 18(4), 1049-1068.
- Pesaran, Hashem M. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence, *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312.
- Ruževićius, J. (2010). Ecological footprint as an indicator of sustainable development. *Economics and Management*, 15(3), 711-718.
- Sarkodie, S. A., and Strezov, V. (2018). Empirical study of the environmental Kuznets curve and environmental sustainability curve hypothesis for Australia, China, Ghana and USA. *Journal of cleaner production*, 201, 98-110.
- Uddin, G.A., Salahuddin, M., Alam, K., and Gow, J. (2017). Ecological footprint and real income: Panel data evidence from the 27 highest emitting countries. *Ecological Indicators*, (77), 166-175.
- Ulucak, R., and 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.
- Ulucak, R. ve Koçak, E. (2018). Economic growth and environment: Econometric analysis for OECD countries. Dünya Enerji Kongresi 2018. Amsterdam, Hollanda.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2020). Panel Zaman Serileri Analizi (3. Baskı). İstanbul: Beta Yayınları.
- Wackernagel, M. and Beyers, B. (2019). Ecological Footprint Managing Our Biocapacity Budget, New Society Publishers.

...

(akademik, hakemli, indexli, uluslararası dergi)

Wang, Y., Kang, L., Wu, X., and Xiao, Y. (2013). Estimating the environmental Kuznets curve for ecological footprint at the global level: A spatial econometric approach. *Ecological Indicators*, 34, 15-21.

<https://www.footprintnetwork.org/>

Çatışma Beyanı: Bu çalışma ile ilgili taraf olabilecek herhangi bir kişi ya da finansal ilişki ve dolayısıyla herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Destek ve Teşekkür: Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

Etik Kurul Kararı: Bu araştırma, Etik Kurul Kararı gerektiren makaleler arasında yer almamaktadır.