

ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN BİR GÖSTERGESİ OLARAK MALZEME AYAK İZİ İÇİN PANEL VERİ ANALİZİ

Ecem TURGUT¹, Yeliz SARIÖZ GÖKTEN²

Makale Bilgisi

DOI: 10.35379/cusosbil.1102966

Makale Geçmişi:

Geliş 13.04.2022

Kabul 03.11.2022

Anahtar Kelimeler:

Malzeme Ayak İzi,

Çevresel Kirlenme,

Çevre Ekonomisi.

ÖZ

Dünya üzerinde gerek ekonomik gerekse de sosyal gelişmeler yaşandıkça malzeme tüketiminde birtakım artışlar kendini göstermektedir. Dolayısıyla bu malzeme kullanımının çevre kirliliği üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Bunun tespit edilebilmesi için de malzeme ayak izi önemli bir belirleyici olarak kendini göstermektedir. Bu doğrultuda bu çalışmada malzeme ayak izi üzerinde etkili olabilecek değişkenlerin belirlenmesi, böylece çevresel kirlenmeye neden olabilecek unsurların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada malzeme ayak izi bağımlı değişken olarak ele alınırken; malzeme ayak izi üzerinde etkili olabileceği düşünülen malzeme tüketimi, malzeme verimliliği, nüfus, enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve küreselleşme değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Bu amaçla dünyada en çok malzeme tüketen ilk beş ülkenin (Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Brezilya, Japonya) 1990-2016 dönemi verilerinden yararlanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkinin analiz edilmesinde ise Panel ARDL MG yöntemi kullanılmıştır. Sonuçta söz konusu ülkelerde malzeme tüketimi, ekonomik büyüme ve nüfus ile malzeme ayak izi arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir.

PANEL DATA ANALYSIS FOR MATERIAL FOOTPRINT AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

Article Info

DOI: 10.35379/cusosbil.1102966

Article History:

Received 13.04.2022

Accepted 03.11.2022

Keywords:

Material Footprint,

Environmental Pollution,

Environmental Economics.

ABSTRACT

As both economic and social developments take place in the world, some increases in material consumption show themselves. Therefore, the use of such materials has significant effects on environmental pollution. In order to determine this, the material footprint is an important determinant. Accordingly, in this study, it is aimed to determine the variables that may affect the material footprint and thus to determine the factors that may cause environmental pollution. While the material footprint is considered as the dependent variable in the study, the material consumption, material efficiency, population, energy consumption, economic growth, trade openness and globalization variables, which are thought to be effective on the material footprint, are considered as independent variables. For this purpose, the 1990-2016 period data of the top five countries that consume the most materials in the world (China, United States of America, India, Brazil, Japan) are used. Panel ARDL MG method is used to analyze the relationship between variables. As a result, a positive relationship was found between material consumption, economic growth, population and material footprint in these countries.

¹ Doktora Öğrencisi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisat Bölümü, ecemtrgtt@gmail.com, ORCID:0000-0003-2385-1580.

² Doç. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisat Bölümü, yezsarioz@hotmail.com, ORCID:0000-0002-6900-9017.

Alıntılanak için/Cite as: Turgut, E. ve Gökten, Y.S. (2023), Çevre kirliliğinin bir göstergesi olarak malzeme ayak izi için panel veri analizi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 32 (1), 20-29.

GİRİŞ

Dünyada daha önce benzeri görülmemiş bir hızla değişen iklim; insanlık, doğal yaşam ve küresel sürdürülebilir bir çevre için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin en önemli nedeni de kuşkusuz atmosfere salınan sera gazlarındaki artıştır. Yenilenemeyen enerjinin üretimi ve tüketimi, ormanların yok edilmesi gibi insan eliyle gerçekleşen faaliyetler, küresel ısınmaya yol açan sera gazlarının da temel sorumlusudur. Küresel ısınmanın yansımaları hem çevre hem de insanlık için (şimdi ve gelecekteki) büyük bir tehlike haline gelmiş durumdadır. Günümüzde her gün bir yenisini duyulan deniz seviyesindeki yükselme, seller, kuraklık, buzulların erimesi, hayvan ve bitki türlerinde yaşanan kayıplar küresel ısınmanın dünyaya yansımalarıdır (Sahoo ve diğ., 2021, s. 37689).

Yakın zamana kadar ekonomik büyüme, bir ülkenin gelişmişlik göstergesi olarak kabul edilmiştir. 2008 krizine kadar ülkelerin büyüme performansları gözler önüne serilmiş ve küresel ölçekte gelişme olarak kabul edilmiştir. Bu büyüme rakamlarına ulaşmak adına da özellikle Çin ve Hindistan başta olmak üzere ülkeler yüksek düzeylerde doğal kaynak kullanımına başvurular. 2008 krizi ve 2020’de başlayan Covid pandemisiyle birlikte de artık durma zamanının geldiğine yönelik tartışmalar alevlenmiştir. Sürdürülebilir bir dünyanın gerekliliği yeniden gözler önüne serilmiştir.

Aslında tam 1987’de Bruntland Komisyonu tarafından ekonomik kalkınma ve çevresel istikrarı birbirine bağlamak amacıyla yayınlanan “Ortak Geleceğimiz” raporunda, sürdürülebilir kalkınmanın “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden karşılayan kalkınma” olduğuna vurgu yapılmıştır (United Nations General Assembly, 1987, s. 43). Ancak sürdürülebilir kalkınma, ne yazık ki büyüme için feda edilmiş; büyümenin neye rağmen gerçekleştiği üzerinde de çok fazla durulmamıştır.

Bir ekonominin en önemli göstergesi olarak kabul gören büyümenin çevre ile ilişkisine dair literatürde oldukça kapsamlı bir yazın bulunmaktadır. Anaakım iktisatçılar büyümenin uzun dönemde çevre kirliliğini azaltıcı etkisi olduğuna vurgu yaparken, alternatif bazı ekoller büyümenin çevre üzerindeki tahribatına dikkat çekmektedir. Özellikle multidisipliner ekoller, iktisat literatüründe oldukça fazla yer bulan karbon emisyonlarının (CO₂) ve çevresel baskılara ilişkin göstergelerin (1) tedarik zincirlerinin farklı aşamalarında gerçekleşen veya (2) gecikmeye bağlı olarak ortaya çıkan baskılardan dolayı büyümenin çevreye etkilerini kapsamlı bir biçimde ortaya koymadıklarını savunur. Bu bilim insanları, çevresel baskıların analizinde malzeme ayak izinin (material footprint) daha anlamlı bir gösterge olduğuna vurgu yapmaktadırlar (Agnoluccia ve diğ., 2017, s. 415).

Çevreye ilişkin göstergeler genellikle çevrenin durumunu ve gelişimini veya çevreyi etkileyen koşulları gösteren bir sayıdan ibarettir. Tıpkı bir ülkenin genel görünümünü analiz edilirken kullanılan Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH), Net Milli Gelir, sanayi üretimi, işsizlik oranları ve cari işlemler dengesi gibi. Benzer şekilde, bir dizi çevresel gösterge, deyim yerindeyse adeta çevrenin durumunun bir fotoğrafını çekmek içindir. Hem ekonomi hem de çevre söz konusu olduğunda, göstergeler daha çok istatistiki bilgi vermektense öteye geçememektedir. Örneğin bu veriler, ortaya çıkan hava kirliliğinin insan üzerindeki etkilerini ortaya koymada yetersiz kalmaktadır (Alfsen ve Sæbø, 1993, s. 416; 418).

Hammadde elde etmede uluslararası ticarete bağımlılığın ve rekabetin giderek artması, belli kilit kaynakların kıtlığının her geçen gün çoğalması ve buna bağlı olarak yaşanan fiyat artışları doğal kaynak güvenliğini dünya çapında önemli hale getirmiştir. Kaynak kullanımının sürdürülebilirliğini ölçmek ve karar süreçlerini desteklemek adına, yerel malzeme tüketimi (Domestic Material Consumption) (DMC) gibi malzeme akışı hesaplama ölçütleri, hükümetler ve yetkililer tarafından sürdürülebilirlik göstergeleri olarak benimsenmiştir. Örneğin, Avrupa Komisyonu, Avrupa’nın kaynak verimliliği ana göstergesi olarak GSYH/DMC şeklinde tanımlanan “kaynak üretkenliği”ni önermektedir. Benzer bir biçimde Avrupa İstatistik Ofisin (EUORSTAT) de kalkınma stratejisinin ana göstergelerinden biri olarak GSYH/DMC’yi kullanmaya başlamıştır. Yine Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) de yeşil büyüme stratejilerinin bir göstergesi olarak GSYH/DMC’yi benimsemiştir. Bununla birlikte, DMC’nin kapsamı, bir ekonomide kullanılan malzeme miktarı ile sınırlıdır. Ülke içerisinde kullanılan malzeme miktarı doğal olarak ülke dışında gerçekleşen ithalat ve ihracatla ilgili hammaddeleri içermemektedir (Wiedmann ve diğ., 2015, s. 6271).

Özellikle son zamanlarda yukarıda da belirtilen yetersizliklerin bir sonucu olarak malzeme ayak izi ülkelerin çevreye verdikleri tahribatın boyutlarını analiz etmede önemli bir değişken olarak kullanılmaya başlanmıştır. Malzeme ayak izi, küresel malzeme çıkarımının bir ülkenin yerel nihai talebine atfedilmesidir. Toplam malzeme ayak izi; biyokütle, fosil yakıtlar, metal cevherleri ve metal olmayan cevherlerin malzeme ayak izi toplamından

oluşmaktadır. Yerli Malzeme Tüketimi (DMC) ve Malzeme Ayak İzi (MFP) bir ekonomide hem üretimi hem de tüketimi kapsadıkları için birlikte ele alınmaktadır (UNSTAT, 2021).

Çevreye ilişkin yapılan çalışmalar daha çok karbon salınımı üzerinedir. Bu çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılan literatürde çok fazla yer almayan malzeme ayak izinin bağımlı değişken olarak analize dahil edilmiş olmasıdır. Çalışmada MFP'nin belirleyicilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ilk olarak konuya ilişkin literatür ayrıntılı bir şekilde açıklandıktan sonra ampirik kısma geçilmiş ve analize yatay kesit bağımlılığı test edilerek başlanmıştır. Daha sonra Delta homojenlik testi yapılmış ve bu iki testten elde edilen sonuçlar doğrultusunda Im, Pesaran ve Shin (2003) birim kök testi yapılmıştır. Son olarak ise değişkenler arasındaki ilişkinin tespit edilmesi için gecikmesi dağıtılmış otoregresif test ortalama grup tahmincisine (ARDL MG) başvurulmuştur. Yapılan çalışma neticesinde söz konusu değişkenlerden malzeme tüketimi, ekonomik büyüme ve nüfus'un malzeme ayak izini pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir.

LİTERATÜR

Sanayileşmedeki artışla birlikte birçok teknolojik gelişme ortaya çıkmış, bu da çevre kirliliğine yönelik önlemlerin önemini arttırmıştır. Özellikle malzeme kullanımının çevre üzerinde öngörülemez derecede önemli bir payı bulunmaktadır. Bu sebepten yakın dönemde gündeme gelen malzeme ayak izi literatürde önemli yer tutmaya başlamış ve bu konuda çalışmalar ağırlık kazanmıştır. Çalışmanın bu kısmında özellikle malzeme ayak izi veya malzeme tüketimi ile ilgili literatürde gerçekleştirilmiş çalışmalara yer verilmiş ve bu çalışmalar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.Malzeme Ayak İzi İle İlgili Literatür İncelemesi

Yazar	Ülke	Yıl	Sonuç
Alola, Akadiri ve Usman (2021)	28 AB ülkesi	2000-2017	Yerel malzeme tüketimi çevre kalitesini kötüleştirirken, kişi başına gelir uzun vadede çevresel sürdürülebilirliğe yardımcı olmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji çevresel sürdürülebilirliği iyileştirmektedir.
Kassouri vd. (2021)	12 yükselen ekonomi ülkeleri	1970-2017	Ekonomik büyüme malzeme tüketimini artırırken, malzeme verimliliği malzeme tüketimi üzerinde düzenleyici bir etkiye sahiptir ve bu etki azaltıcı yöndedir.
Razzaq vd. (2021)	En çok malzeme tüketen 11 ülke	1990-2017	Altyapı geliştirme ve ekonomik büyüme malzeme ayak izini artırmaktadır. Buna karşın yeşil inovasyon malzeme ayak izini azaltmaktadır.
Sahoo, Saini ve Villanthenkodath (2021)	BRICS ülkeleri	1990-2016	Ekonomik büyüme, doğal kaynaklar, yenilenebilir enerji ve kentleşme çevresel kaliteyi düşürürken dış ticaret ve insan sermayesi çevresel kaliteyi artırmaktadır.
Ansari, Haider ve Khan (2020)	37 Asya ülkesi	1991-2017	Enerji tüketimi, küreselleşme ve kentleşme hem ekolojik ayak izi hem de malzeme ayak izi üzerinde geliştirerek artırıcı bir etkiye sahiptir.
Charlier ve Fizaine (2020)	Çoklu ülke örnekleme	1990-2015	Ekonomik büyüme, kalkınma ve hammadde tüketimi arasında hem güçlü he de kalıcı bir bağlantı bulunmaktadır.
Ibrahim ve Alola (2020)	MENA ülkeleri	1990-2014	Enerji verimliliği çevresel kaliteyi kötüleştirmekte ve dolayısıyla uzun vadede çevresel sürdürülebilirliği artırmamaktadır. Ayrıca ekonomik büyüme bölgenin çevresel sürdürülebilirliği için zararlı olmaktadır.
Ulucak vd. (2020)	28 AB ülkesi	2000-2017	Ekonomik büyüme, toplam faktör verimliliği ve nüfus malzeme tüketimini artırırken, insan sermayesi ve küreselleşme malzeme tüketimini azaltmaktadır.
Usman vd. (2020)	Amerika Birleşik Devletleri	1985-2014	Ekonomik büyüme ve biyolojik kapasite, ekolojik ayak izi üzerinde artış yönünde etkide bulunmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketimi ve ticaret politikası çevre üzerinde bozulmaya neden olmaktadır.
Fernández-Herrero ve Doru (2019)	94 seçilmiş ülke	1990-2010	Tarım (%GSYİH), malzeme verimliliği üzerinde en uygun açıklayıcı değişken olurken bunu refah takip etmektedir. Nüfus yoğunluğu ve ticari açıklığın ise malzeme verimliliği üzerinde bu değişkenlerden daha düşük bir etkiye sahiptir.
Grabarczyk vd. (2018)	8 OECD ülkesi	1990-2006	Ekonomik gelişme ile malzeme kullanımı arasındaki ilişkiyi analiz ederek U şeklinde bir malzeme Kuznets eğrisi hipotezinin geçeli olup olmadığını inceleyen çalışmada ikinci dereceden eşbütünleşik bir ilişki tespit edilerek malzeme Kuznets eğrisi'nin yaygınlığına ilişkin kanıtlar vardır.
Agnolucci vd. (2017)	32 Avrupa Ülkesi	2000-2014	Gayri safi yurtiçi hâsıla (GSYH) büyüme oranını artırmanın Batı Avrupa için malzeme tüketimi büyüme oranının artmasına neden olurken, etki Doğu Avrupa ekonomileri ve bir bütün olarak Avrupa için önemsizdir.

Steger ve Bleischwitz (2011)	AB-15 AB-27	1980-2000 1992-2000	AB-15 ülkeleri için ithalatın GSYH içindeki payı ve kişi başına enerji tüketimi kişi başına malzeme yoğunluğunu artırmaktadır. AB-27 ülkeleri içinde nüfus yoğunluğu, malzeme yoğunluğu üzerinde en güçlü etkiye sahip olup azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca İnşaat sektöründe çalışanların toplam istihdam içindeki payı, sanayi sektörünün brüt katma değerinin GSYH içindeki payı ve inşaat sektöründeki işgücü verimliliği de malzeme yoğunluğu ile pozitif bir korelasyon sergilemektedir.
------------------------------	----------------	------------------------	--

Yapılan literatür incelemesi sonucunda özellikle bu konuda yapılan çalışmaların büyük bir kısmının teorik olduğu ve ampirik çalışmaların yetersiz olduğu görülmüştür. Uygulanan ampirik çalışmalar incelendiğinde de çalışmaların neredeyse hepsinde çoklu ülke örneklemeden yararlanıldığı saptanmıştır. Bu ülke gruplarının ise birbirinden çok farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan ampirik çalışmalarda malzeme ayak izi ve malzeme tüketiminin yanı sıra en çok kullanılan değişkenlerin ekonomik büyüme, enerji tüketimi, nüfus, kentleşme, ticaret ve altyapı olduğu saptanmıştır.

METODOLOJİ VE VERİ SETİ

Çevresel kirlenmenin gün geçtikçe daha fazla önem arz etmeye başlaması çevresel kirlenmeye neden olan unsurların incelenmesinin önemini ortaya koymuştur. Özellikle gelişen dünya ile birlikte dünya nüfusunun da sürekli artması dünya çapında malzeme kullanımının artmasına neden olmuş ve böylelikle malzeme ayak izinin belirlenmesi daha da önem kazanmıştır. Bu amaçla bu çalışmada malzeme ayak izinin belirleyicilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda dünya da en çok malzeme tüketen ilk beş ülkenin (*Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Brezilya, Japonya*) 1990-2016 dönemi verilerinden yararlanılmıştır. Veri döneminin 1990-2016 dönemini kapsamasının nedeni söz konusu değişkenlerin genelinin bu yıllar arasında ortak bir yılda birleşmesidir. Bu kapsamda oluşturulan sekiz değişkenli model Denklem (1)'de verilmiştir.

$$MFP_{it} = b_0 + b_1MC_{it} + b_2MP_{it} + b_3POP_{it} + b_4EC_{it} + b_5GDP_{it} + b_6TRD_{it} + b_7GLB_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Denklem (1)'de *i* ve *t* sırasıyla yatay kesit ve zaman boyutlarını göstermektedir. u_{it} ise hata terimini ifade etmektedir. Modelde kullanılan değişkenlere ilişkin açıklamalar Tablo 2'de yapılmıştır.

Tablo 2. Modelde Kullanılan Değişkenlere İlişkin Açıklamalar

Değişken	Açılımı	Temsili	Kaynak
MFP	Malzeme Ayak İzi	Toplam Kişi Başına Malzeme Ayak İzi	Global Material Flows Database
MC	Malzeme Tüketimi	Malzeme Tüketimi	OECD
MP	Malzeme Verimliliği	Malzeme Verimliliği	OECD
POP	Nüfus	Toplam Nüfus	World Bank
EC	Enerji Tüketimi	Yenilenebilir Enerji Tüketimi	World Bank
GDP	Ekonomik Büyüme	Toplam GDP (US \$ Para Birimi)	World Bank
TRD	Ticari Açıklık	Ticaret (%GDP)	World Bank
GLB	Küreselleşme	Küreselleşme İndeksi	KOF Swiss Economic Institute

Tablo 2'de verilen değişkenlerin belirlenmesinde literatür ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve malzeme ayak izi üzerinde etkili olabileceği düşünülen değişkenler modele eklenmiştir. Bu değişkenler kapsamında oluşturulan panel veri analizi bağlamında öncelikle yatay kesit bağımlılığı testi yapılmış ve akabinde homojenlik testiyle birlikte Im, Pesaran ve Shin (2003) birim kök testi yapılmıştır. Son olarak ise ARDL MG tahmincisi ile değişkenler arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu doğrultuda gerçekleştirilen analize ilişkin metodoloji ve sonuçlar çalışmanın bundan sonraki kısmında verilmiştir.

Yatay Kesit Bağımlılığı

Panellerde yatay kesit bağımlılığını test etmede iki alternatif yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar Moran (1948) tarafından öncülük edilen uzamsal korelasyon (spatial correlation) testi ve Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen Lagrange çarpanı (Lagrange multiplier) yaklaşımıdır. *N* sabit ve $T \rightarrow \infty$ olduğu durumlar için Breusch ve Pagan (1980) özellikle hesaplanması basit ve sistem tahmini gerektirmeyen bir Lagrange çarpanı (LM) istatistiği önermiştir. Bu LM test istatistiği aşağıda gösterilmiştir. (Pesaran, 2004, s. 3-4):

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

burada $\hat{\rho}_{ij}$ kalıntıların ikili korelasyonunun örnek tahminidir. Denklem (3) aşağıda verilmiştir.

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T e_{it} e_{jt}}{(\sum_{t=1}^T e_{it}^2)^{1/2} (\sum_{t=1}^T e_{jt}^2)^{1/2}} \quad (3)$$

Denklem (3)'de e_{it} , u_{it} tarafından tanımlanan sıradan en küçük kareler (OLS) tahmincisidir. Bu testlere ilaveten son zamanlarda Pesaran (2004) oldukça genel heterojen dinamik modeller ve durağan olmayan modeller de dahil olmak üzere esnek bir model yapısına izin veren CD testi adı verilen çapraz kesit bağımlılığı için başka bir test önermiştir. Test istatistiği aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Sarafidis vd., 2009, s. 4-5; Pesaran, 2004):

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

N ve T'nin herhangi bir kombinasyonu için nominal seviye dikkate alınır. Pesaran'ın (2004) belirttiği gibi CD testinin güvenilir olabileceği iki önemli durum vardır. İlk olarak hataların dağılımı simetrik olmadığında CD testi geçersiz hale gelerek doğru boyuta sahip olmayabilmektedir. İkinci olarak CD testi alternatiflerin bazı yönlerine doğru yetersiz kalabilmektedir

Delta Homojenlik Testi

Delta homojenlik testi Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından Swamy (1970) testinin standardize edilmiş versiyonudur. Eğitim homojenliği altında Swamy (1970) testi ilk olarak değiştirilir (Oluwu vd., 2019, s. 225):

$$\tilde{S} = \sum_{i=1}^N (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE}) X_i \frac{M_T X_i}{\hat{\sigma}_i^2} (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE}) \quad (5)$$

Denklem (5)'te $\hat{\beta}_i$ havuzlanmış OLS tahmincisi anlamına gelmektedir. $\hat{\beta}_{WFE}$ ise ağırlıklı sabit etkili havuzlanmış tahmin ediciyi temsil etmektedir. Bu aşamadan sonra standart dağılım istatistikleri hesaplanır:

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

Standart dağılım istatistiklerinin ayarlanmış versiyonu da Denklem (7)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\tilde{\Delta}_{adj.} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - E(\tilde{z}_{it})}{\sqrt{var(\tilde{z}_{it})}} \right) \quad (7)$$

Im, Pesaran ve Shin (2003) Panel Birim Kök Testi

T zaman periyodunda gözlemlenen N tane kesit olduğu varsayıldığında ve stokastik sürecin, y_{it} birinci dereceden otoregresif süreç tarafından üretildiği varsayıldığında (Im, Pesaran ve Shin, 2003, s. 55):

$$y_{it} = (1 - \phi) \mu_i + \phi_i y_{i,t-1} + u_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T \quad (8)$$

burada başlangıç değerleri y_{i0} verilir. Ayrıca tüm i için $\phi_i = 1$ birim kök temel hipotezi test edilir.

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + u_{it}, \quad (9)$$

Denklem (9)'da $\alpha_i = (1 - \phi)\mu_i$, $\beta_i = -(1 - \phi)$ ve $\Delta y_{it} = y_{it} - y_{i,t-1}$ dir. Bu doğrultuda temel hipotez aşağıda verilmiştir.

$$H_0: \beta_i = 0 \quad \text{tüm } i \text{ için} \quad (10)$$

alternatif hipotez ise Denklem (11)'de verilmiştir.

$$H_1: \beta_i < 0 \quad i = 1, 2, \dots, N_1, \quad \beta_i = 0 \quad i = N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N. \quad (11)$$

Alternatif hipotezin bu formülasyonu, i'nin gruplar arasında farklılık göstermesine izin verir ve homojen alternatif hipotezden daha geneldir. Bu test farklı birim kök istatistiklerinin ortalaması üzerine kurulan dinamik heterojen paneller için birim kök testlerini önermektedir.

Panel ARDL MG Testi

T'nin büyük olduğu durumda Pesaran ve Smith (1995) tarafından önerilen ortalama grup tahmincisi (MG) tutarlıdır. Bu yaklaşım heterojen ve birimler arası korelasyonsuz panel veri modellerinin tahmininde ve heterojen testlerinde türetilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ortalama grup tahmincisinin elde edilmesinde, ilk aşamada her bir birimin T adet gözlemi kullanılarak parametreler en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmekte ($\hat{\beta}_i$) ve daha sonra bu bireysel tahmincilerin ortalamaları alınarak β 'nin ortalama değerlerinin tahmincilerine ulaşılabilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2020, s. 60-61):

$$\hat{\beta}_{MG} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{\beta}_i \quad (12)$$

Pesaran ve Smith (1995) ortalama grup tahmincisinin $T \rightarrow \infty$, $N \rightarrow \infty$ ve $\sqrt{N}/T \rightarrow 0$ durumunda tutarlı olduğunu belirtmişlerdir. Hsiao, Pesaran ve Tahmiscioğlu (1999), T'nin küçük olduğu durumda ortalama grup tahmincisinde ciddi sapmalar olacağını ispatlamışlardır. Bu çalışmada yöntem olarak Panel ARDL MG yönteminin seçilmesinin sebebi bu yöntemin yatay kesitin bağımlı olmadığı durumda ve hem homojen hem de heterojenlik varsayımı altında değişkenleri analiz etmeye olanak sağlamasıdır.

EKONOMETRİK UYGULAMA

Panel veri çalışmalarında en önemli olan yatay kesitin bağımlı olup olmadığı sorunudur. Çünkü geriye kalan kısımlar bu doğrultu da şekillenecek ve uygun analiz yöntemleri belirlenecektir. Bu sebepten çalışmaya ilk olarak yatay kesit bağımlılığına bakılarak başlanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan LM ve LM CD testleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Test	İstatistik	Olasılık
LM	15,1	0,128
LM adj*	-1,243	0,213
LM CD*	-0,564	0,572

Tablo 3'ten elde edilen sonuçlar incelendiğinde olasılık değerinin %5 anlamlılık düzeyinden büyük olduğu dolayısıyla yatay kesitin bağımlı olmadığı yönündeki temel hipotezin kabul edildiği görülmektedir. Elde edilen bu sonuç seriler arasından yatay kesit bağımlılığının olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla serilerin birim kök içerip içermediğinin test edilmesinde birinci nesil birim kök testlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu doğrultuda öncelikli olarak homojenlik testi yapılarak çıkan sonuçlar doğrultusunda en doğru birinci nesil birim kök testlerinin seçilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda hesaplanmış Delta homojenlik testi sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Delta Homojenlik Test Sonuçları

Test	Delta	P-value
Δ	4,217	0,000
Δ_{adj}	5,165	0,000

Tablo 4'te Delta Homojenlik testi sonucunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde hem delta hem de ayarlanmış delta test sonuçlarında olasılık değerlerinin %5 anlamlılık düzeyinden küçük olduğu dolayısıyla homojenlik varsayımını kabul eden temel hipotezin reddedilip, heterojenlik varsayımını kabul eden alternatif hipotezin kabul edildiği görülmektedir. Dolayısıyla heterojenlik varsayımını kabul eden birinci nesil birim kök testlerinin yapılması en doğru sonuçları ortaya koyacaktır. Heterojenlik varsayımını kabul eden birinci nesil birim kök testleri arasında Im, Pesaran ve Shin (2003), Maddala Wu (1999) ve Hadri (2000) yer almaktadır. Bu çalışma da birim kökün test edilmesinde Im, Pesaran ve Shin (2003) birim kök testinden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan Im, Pesaran ve Shin (2003) birim kök testi sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Im, Pesaran ve Shin (2003) Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	Düzy		Birinci Fark	
	İstatistik	Olasılık	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
MFP	-0,162	0,435	-5,850	0,000
MC	0,651	0,742	-5,023	0,000
MP	-0,038	0,484	-5,203	0,000
POP	0,804	0,789	-0,801	0,211
EC	1,044	0,851	-6,936	0,000
GDP	-2,814	0,002	-	-
TRD	1,530	0,937	-6,300	0,000
GLB	3,610	0,999	-7,505	0,000

Tablo 5'ten elde edilen sonuçlar incelendiğinde nüfusu temsil eden POP değişkeninin ikinci farkında durağan olduğu görülürken, ekonomik büyümeyi temsil eden GDP değişkeninin seviyede durağan olduğu görülmektedir. Diğer tüm değişkenlerin ise birinci farkında durağan olduğu saptanmıştır. Değişkenlerin bu şekilde farklı seviyelerde durağan olması değişkenler arasındaki ilişkinin tespit edilmesinde ARDL analizinin yapılması gerektiğini göstermektedir. Eşbütünleşme tahmincisi olarak Panel ARDL Mean Group (MG) analizi, yatay kesit bağımlılığının olmadığı durumda hem homojenlik hem de heterojenlik varsayımı altında işlem yapabilmektedir. Çalışma kapsamında yapılan MG tahmincisi test sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Panel ARDL MG Test Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	Olasılık
MC	1,514	0,559	0,007
MP	-1,7911	1,794	0,318
POP	0,000	0,000	0,077
EC	-0,209	0,201	0,297
GDP	0,000	0,000	0,010
TRD	-0,029	0,040	0,470
GLB	-0,015	0,068	0,822

* Bağımlı değişken malzeme ayak izi (MFP) dir.
*POP değişkeninin tam değeri (5,99e⁰⁸) olup GDP değişkeninin tam değeri (5,97e¹³) dür.

Tablo 6'dan elde edilen sonuçlar incelendiğinde %5 anlamlılık düzeyinde malzeme tüketimini temsil eden MC değişkeninde meydana gelen bir birimlik bir artışın malzeme ayak izini 1,514 birim artırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca ekonomik büyümede meydana gelen bir artışın malzeme ayak izini çok düşük bir seviyede olmakla birlikte pozitif yönlü etkilediği de elde edilen bulgular doğrultusunda anlaşılmıştır. Son olarak %10 anlamlılık düzeyinde nüfusta meydana gelen bir artışın da malzeme ayak izini pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Dolayısıyla bir ülkenin ekonomik büyümesinde bir artışın yaşanması çevre kirliliğinin artmasına neden olacağı görülmektedir. Çünkü ülkelerin ekonomik büyümelerinin artması bir ülkedeki özellikle sanayileşme faaliyetlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Sanayileşmenin artmasının ise çevre kirliliğini artırdığı literatür kapsamında görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar da bu durumu desteklemektedir.

SONUÇ

Birikim odaklı sistem daima tüketim ve üretim artışı baskısı yaptıkça ve büyüme sistemin vazgeçilmezi olarak görüldükçe çevresel kirlenme de kaçınılmaz olmaktadır. Çevre kirliliğinin en önemli göstergelerinden biri olan malzeme kullanımındaki artışın etkisi ve yol açtığı yıkım ne yazık ki ihmal edilmektedir. Bu sebeple öne çıkan ve dikkatle izlenmesi gereken değişkenlerin en önemlilerinden biri de malzeme ayak izi olmalıdır. Bu amaçla çalışmada şimdiye kadar yapılan çalışmalarda ihmal edilen malzeme ayak izinin belirleyicilerinin tespit

edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla dünyada en fazla malzeme tüketen ilk beş ülkenin 1990-2016 dönemi verilerinden yararlanılmıştır.

Ekonometrik analiz kapsamında ilk olarak panel veri çalışmalarında önemli bir sorun teşkil eden yatay kesit bağımlılığı test edilmiş ve yatay kesitin bağımlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Akabinde ise Delta homojenlik testi yapılarak heterojenlik sonucu elde edilmiştir. Bu doğrultuda değişkenlerin birim kök içerip içermediğini tespit etmede hem yatay kesit bağımsızlığını hem de heterojenlik varsayımını kabul eden ve birinci nesil birim kök testi olan Im, Pesaran ve Shin (2003) birim kök testi yapılmıştır. Test sonucunda ekonomik büyümeyi temsil eden GDP değişkeninin seviye de durağan olduğu tespit edilirken nüfusu temsil eden POP değişkeninin ikinci farkında durağan olduğu tespit edilmiştir. Diğer değişkenlerin ise birinci farkında durağan olduğu anlaşılmıştır. Bu sebeple değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde MG tahmincisinden yararlanılmıştır. Genel panel analizi sonucunda ekonomik büyüme, malzeme tüketimi ve nüfus ile malzeme ayak izi arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Ülke içerisinde sanayileşmenin artması yüksek karbon salınımına neden olmakta ve böylelikle çevre kirliliğine yol açmaktadır. Sanayileşmenin artmasının ise aynı zamanda ekonomik açıdan büyümeyi etkilediği de bilinen bir gerçektir. Dolayısıyla sanayileşmenin artmasıyla birlikte ekonomik büyümenin gelişmesi çevre kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı özellikle sanayileşme geliştirilirken ve sanayi faaliyetleri gerçekleştirilirken gerekli tedbirlerin alınması ve özellikle karbon salınımını engellemek için çeşitli filtreleme tekniklerinin uygulanması önerilmektedir. Böylelikle bir ekonomi gelişirken çevre de korunmuş olunacaktır.

Bir ülke ekonomisinin en önemli gelişmişlik göstergesi olarak kabul edilen iktisadi büyümeyi sağlama gayreti adına feda edilen en önemli unsurlardan biri kuşkusuz çevredir. Özellikle pandemiyle birlikte insanlığın çevreye verdiği tahribatın önemi/boyutları daha da belirgin bir hal almıştır. Ülkelerin ekonomilerini geliştirmeye yönelik belirlediği politikalar içerisinde çevreyi korumaya yönelik olanlar ne yazık ki oldukça sınırlı kalmaktadır. Sürdürülebilir bir çevre için atılacak en büyük adım yenilenmesi mümkün olmayan veya çok uzun bir sürede kendini yenileyen doğal kaynakların talebini ve kullanım alanlarını daraltmaktır. Aslında Covid 19 pandemisi zaruri olan sektörler ile gereksiz olanlar arasındaki ayrımı çok net bir biçimde gözler önüne sermiştir. Her geçen gün talebi giderek artan malzeme kullanımının belirleyicilerini ortaya koyan bu çalışmadan hareketle politika yapıcılarının çevreye ilişkin aldıkları kararlarda bu değişkenleri göz önünde bulundurarak hareket etmeleri yerinde olacaktır. Çevreyi korumak adına, malzeme kullanımının çok fazla olduğu sektörler belirlenerek üretim süreçlerine müdahaleler yapılabilir. Hatta vergilendirme yoluyla caydırıcı önlemler alınabilir. Ayrıca sanayileşme kapsamında oluşabilecek karbon salınımının ve çevre kirliliğinin engellenebilmesi için önleyici politikaların uygulanması ve özellikle karbon salınımına neden olan yerlerde filtreleme uygulanmasına yönelik zorunlu politikalar geliştirilmesi önerilmektedir. Sınırsız doğa inancına son verilmeli, üretim ve tüketim süreçleri doğanın tahribatına izin vermeyecek şekilde yeniden koordine edilmelidir. Belki de en önemlisi ülkelerin gelişmişlik düzeyi olarak büyümenin görülmesinden ve her şeye rağmen büyüme amacından derhal vazgeçilmeli onun yerine kalkınmayı temel alan ülke politikaları acilen belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Agnolucci, P., Flachenecker, F., & Söderberg, M. (2017). The causal impact of economic growth on material use in Europe. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 6(4), 415-432. <https://doi.org/10.1080/21606544.2017.13257>.
- Alfsen, K.H., & H.V. Sæbø. (1993). Environmental quality indicators: background, principles and examples from Norway. *Environmental & Resource Economics*, 3, 415-435. doi:10.1007/BF00310246.
- Alola, A. A., Akadiri, S. S., & Usman, O. (2021). Domestic material consumption and greenhouse gas emissions in the EU-28 countries: Implications for environmental sustainability targets. *Sustainable Development*, 29(2), 388-397.
- Ansari, M. A., Haider, S., & Khan, N. A. (2020). Environmental Kuznets curve revisited: an analysis using ecological and material footprint. *Ecological Indicators*, 115, 106416.
- Charlier, D., & Fizaine, F. (2020). Does becoming richer lead to a reduction in natural resource consumption? an empirical refutation of the kuznets material curve (No. 2020.05).

- Fernández-Herrero, L., & Duro, J. A. (2019). What causes inequality in material productivity between countries?. *Ecological Economics*, 162, 1-16.
- Grabarczyk, P., Wagner, M., Frondel, M., & Sommer, S. (2018). A cointegrating polynomial regression analysis of the material kuznets curve hypothesis. *Resources Policy*, 57, 236-245.
- Ibrahim, M. D., & Alola, A. A. (2020). Integrated analysis of energy-economic development-environmental sustainability nexus: case study of MENA countries. *Science of the Total Environment*, 737, 139768.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74.
- Kassouri, Y., Alola, A. A., & Savaş, S. (2021). The dynamics of material consumption in phases of the economic cycle for selected emerging countries. *Resources Policy*, 70, 101918.
- Olowu, G., Olaseinde-Williams, G. O., & Bein, M. (2019). Does financial and agriculture sector development reduce unemployment rates? evidence from Southern African countries. *Agricultural Economics*, 65(5), 223-231. <https://doi.org/10.17221/263/2018-AGRICECON>
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels (IZA Discussion Paper No. 1240). Institute for the Study of Labor (IZA).
- Razzaq, A., Ajaz, T., Li, J. C., Irfan, M., & Suksatan, W. (2021). Investigating the asymmetric linkages between infrastructure development, green innovation, and consumption-based material footprint: Novel empirical estimations from highly resource-consuming economies. *Resources Policy*, 74, 102302.
- Sahoo, M., Saini, S., & Villanthenkodath, M. A. (2021). Determinants of material footprint in BRICS countries: an empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 37689–37704.
- Sarafidis, V., Yamagata, T., & Robertson, D. (2009). A test of cross section dependence for a linear dynamic panel model with regressors. *Journal of Econometrics*, 148(2), 149-161. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2008.10.006>
- Steger, S., & Bleischwitz, R. (2011). Drivers for the use of materials across countries. *Journal of Cleaner Production*, 19(8), 816-826.
- Ulucak, R., Koçak, E., Erdoğan, S., & Kassouri, Y. (2020). Investigating the non-linear effects of globalization on material consumption in the EU countries: evidence from PSTR estimation. *Resources policy*, 67, 101667.
- United Nations General Assembly. (1987). Report of the world commission on environment and development: Our common future. Oslo, Norway: United Nations General Assembly, Development and International Co-operation: Environment.
- UNSTAT, (2021), Material Footprint, <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files /Metadata-08-04-01.pdf> (E.T. 09.09.2022).
- Usman, O., Alola, A. A., & Sarkodie, S. A. (2020). Assessment of the role of renewable energy consumption and trade policy on environmental degradation using innovation accounting: Evidence from the US. *Renewable Energy*, 150, 266-277.
- Wiedmann, T. O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J., & Kanemoto, K. (2015). The material footprint of nations. *Proceedings of the national academy of sciences*, 112(20), 6271-6276.

Yerdelen Tatoğlu, F. (2020). *İleri panel veri analizi stata uygulamalı*. Beta Yayınevi.

Yazar Katkı Oranı

Yazarlar araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.