



Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi  
Yıl: 2021 Cilt-Sayı: 14(2) ss: 527–541

Academic Review of Economics and Administrative Sciences  
Year: 2021 Vol-Issue: 14(2) pp: 527–541

<http://dergipark.org.tr/pub/ohuibf/>

ISSN: 2564-6931

DOI: 10.25287/ohuibf.723064

Geliş Tarihi / Received: 19.04.2020

Kabul Tarihi / Accepted: 05.01.2021

Yayın Tarihi / Published: 12.04.2021

Araştırma Makalesi  
Research Article

## EKOLOJİK AYAK İZİ-ENERJİ AR-GE HARCAMALARI İLİŞKİSİ: OECD ÜLKELERİ ÖRNEĞİ

Efe Can KILINÇ<sup>1</sup>

### Öz

Sanayileşme, hızlı kentleşme, yüksek düzeyde elektrik tüketimi ve küreselleşme gibi olgular insanlığın çevre üzerindeki talep baskısını giderek artırmış ve küresel ısınma, iklim değişikliği ve hava kirliliği gibi birçok çevresel soruna neden olmuştur. Öyle ki Dünya Ekonomik Forumu tarafından 2018 yılında yayınlanan Küresel Risk Raporunda, Dünya'yı bekleyen en önemli riskin iklim değişimi olduğu ifade edilmiştir. İklim değişikliği ile mücadelede küresel düzeyde birçok girişim yürütülmekte ve ekolojik ayak izi, eko-inovasyon, enerji Ar-Ge faaliyetleri, karbon yakalama-depolama, karbon vergileri gibi uygulamalar geliştirilmektedir. Bu uygulamalardan ekolojik ayak izi hesaplamaları, insanlığın ihtiyaçlarını karşılarken çevre üzerinde yarattığı baskıyı ölçmektedir. Ekolojik ayak izi ile gelecek nesillere sürdürülebilir bir çevre bırakabilme düşüncesi açığa çıkartılmakta ve bunu sağlamak için gerek çözüm yolları aranmaktadır. Gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakma noktasında, zehirli gaz salınımını azaltacak çevre dostu inovatif teknolojilere ve bu teknolojileri ortaya çıkartacak Ar-Ge faaliyetlerine ihtiyaç vardır. Enerji alanında yürütülecek Ar-Ge faaliyetleri sayesinde ekolojik ayak izinin azaltılması mümkün olabilecektir. OECD ülkelerinde, 2002-2016 döneminde, enerji Ar-Ge ve demonstrasyon harcamalarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerinin panel veri yöntemleri kullanılarak incelendiği bu çalışmanın temel bulguları, enerji Ar-Ge ve demonstrasyon harcamaları arttıkça ekolojik ayak izinin azaldığını göstermiştir. Ayrıca, enerji kullanımı ve kişi başına düşen GSYH arttıkça ekolojik ayak izinin de arttığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler** : Ekolojik Ayak İzi, Enerji Ar-Ge Harcamaları, Panel Veri Analizi

**Jel Sınıflandırması** : Q4, Q43, C23.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, efecankilinc@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3139-0684.

### Atıf/Citation (APA6):

Kılınç, E. C. (2021). Ekolojik ayak izi-enerji ar-ge harcamaları ilişkisi: OECD ülkeleri örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 527–541. <http://doi.org/10.25287/ohuibf.723064>.

## ECOLOGICAL FOOTPRINT-ENERGY R&D EXPENDITURES RELATIONSHIP: THE CASE OF OECD COUNTRIES

### Abstract

*Phenomena such as industrialization, rapid urbanization, high level of electricity consumption and globalization have gradually increased the demand pressure of humanity on the environment and caused many environmental problems such as global warming, climate change and air pollution. In a Global Risk Report published by the World Economic Forum in 2018, it is stated that the most important risk waiting for the world is climate change. Many initiatives are being carried out at the global level in the struggle against climate change and practices such as ecological footprint, eco-innovation, energy R&D activities, carbon capture-storage technologies, and carbon taxes are developed. Ecological footprint calculations from these applications measure the pressure on the environment while meeting the needs of humanity. With the ecological footprint, the idea of leaving a sustainable environment for future generations is revealed and necessary solutions are sought to achieve this. At the point of leaving a livable environment for future generations, there is a need for environmentally friendly innovative technologies to reduce greenhouse gas emissions and R&D activities that will reveal these technologies. Through R&D activities will be conducted in the field of energy will be possible to reduce the ecological footprint. The main findings of this study, which investigated the effects of energy R&D and demonstration expenditures on the ecological footprint using panel data methods in OECD countries in the period of 2002-2016, showed that the ecological footprint decreased as the energy R&D and demonstration expenditures increased. At the same time, as the energy use and GDP per capita increased, the ecological footprint also increased.*

**Keywords** : Ecological FootPrint, Energy R&D Expenditures, Panel Data Analysis.

**Jel Classification** : Q4, Q43, C23.

### GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınma ve kapsayıcı büyüme gibi olgular gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakılmasını önermektedir. Ancak özellikle Sanayi Devrimi'nden günümüze kadar olan süreçte insanların çevreyi tahrip edici faaliyetleri hız kaybetmeden devam etmiş, bu durum başta küresel ısınma olmak üzere biyolojik çeşitliliğin azalması, ozon tabakasının incilmesi ve su kaynaklarının kuruması gibi birçok çevresel sorunu beraberinde getirmiştir. Dünya genelinde insanoğlunun hâlihazırdaki tüketim kalıplarının devam etmesi durumunda gelecekte bir başka gezegene daha ihtiyaç olacağı ifade edilmektedir. İnsanlığın çevre üzerindeki talep baskısını ölçmek üzere kullanılan ekolojik ayak izi, gelecek nesillere sürdürülebilir ve yaşanabilir bir çevre bırakma hedefine hizmet etmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, gezegen sistemleri üzerindeki insan talebinin, sürdürülebilir işlem limitlerini aşacak şekilde arttığı belirtilmektedir (Galli ve ark., 2015). Bu kapsamda ekolojik ayak izi, insan faaliyetlerinin doğadaki etkisine bağlı olarak kaç gezegene ihtiyaç olduğunu tahmin etmektedir. 1961-2016 dönemi dikkate alındığında, 1961 yılında gezegen sayısı 0.73 iken, 2016 yılında bu değer 1.69 gezegene yükselmiştir. Bu durum insanların talebinin gezegenin biyokapasitesinin çok üzerinde olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte özellikle 2020 yılında, Covid-19 pandemisinin ekonomik faaliyetleri yavaşlatması sebebiyle çevre üzerindeki baskının azaldığı gözlemlenmiştir. Nitekim Covid-19 vakalarının görülmeye başlandığı Ocak 2020 ila Ağustos 2020 arasında karbon ayak izi %9,3 oranında azalmıştır (WWF, 2020).

Ekolojik ayak izini azaltmak suretiyle çevre üzerindeki baskıyı hafifletmek ve sürdürülebilir kalkınmayı mümkün kılabilmek üzere; İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü, Paris Antlaşması gibi uluslararası inisiyatifler ortaya konmuş, enerji Ar-Ge harcamaları, eko-inovasyon ve yeşil büyüme stratejileri gibi inovasyon temelli uygulamaların yanı sıra, karbon yakalama ve

depolama teknolojileri, karbon ticareti ile çevre ve karbon vergileri gibi ekonomik temelli araçlar geliştirilmiştir.

Kentleşme, tarımsal arazi kullanımı, küreselleşme, finansal gelişme, ticari açıklık, ekonomik büyüme, çevre vergileri gibi sera gazı emisyonları ve dolayısıyla iklim değişimi ve çevresel bozulma gibi faktörler üzerinde etkili olan değişkenlerin etkileri ampirik olarak çalışılsa da Ar-Ge harcamalarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini konu edinen ekonometrik çalışmaların sınırlı sayıda olduğu söylenebilir. Bu çalışmada ilgili literatüre katkıda bulunabilmek amacıyla, enerji Ar-Ge ve demonstrasyon harcamalarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkileri panel veri yöntemleri kullanılarak araştırılmaktadır. Bu bağlamda çalışma 4 bölüm olarak tasarlanmıştır. Birinci bölümde ekolojik ayak izi kavramına, ikinci bölümde ekolojik ayak izi ve Ar-Ge harcamaları ilişkisine ve üçüncü bölümde bu ilişkiyi konu edinen uygulamalı çalışmalara yer verilmektedir. OECD ülkeleri özelinde ekolojik ayak izi-enerji Ar-Ge harcamaları ilişkisini test eden ekonometrik analizlerin bulunduğu dördüncü bölümün akabinde sonuç ve öneriler bulunmaktadır.

## I. EKOLOJİK AYAK İZİ

Ekolojik ayak izi kavramı, Wackernagel & Reel (1996) tarafından, insan faaliyetlerinin ekolojik sistem üzerindeki etkilerini muadil bir toprak göstergesine dönüştürmek için geliştirilmiştir. Ekolojik ayak izi, kullanılan kaynakları üretmek için ihtiyaç duyulan üretken toprakların toplam alanını (ve suda yaşayan hayvan ile bitki ekosistemlerini) ve dünyanın neresinde olursa olsun toprağın bulunduğu yerde, tanımlanmış bir nüfus tarafından üretilen atıkları sindirmek için gereken toplam alanı ifade etmektedir (Dam ve ark., 2017: 10). Daha basit bir ifadeyle ekolojik ayak izi, bir ülkenin kaynak tüketimini ve atık dönüşümünü sürdürmek için gerekli olacak üretken toprak alanının toplamını ölçmektedir (Irshad & Hussain, 2017: 5).

Ekolojik ayak izi, doğanın arzını ve talebini incelemektedir. Talep tarafında ekolojik ayak izi, belirli bir nüfusun tükettiği doğal kaynakları üretmek için ihtiyaç duyulan ekolojik varlıkları (bitki bazlı gıda ve lif ürünleri, hayvancılık ve balık ürünleri, kereste ve diğer orman ürünleri, kentsel altyapı için gerekli alanlar-yerleşim alanları dahil) ölçer. Ekolojik ayak izi; tarım alanları, otlatma alanları, orman alanları, balıkçılık alanları ve yerleşim alanları ve karadaki karbon talebi olmak üzere altı verimli üretim alanının kullanımını izlemektedir. Arz tarafında ise bir şehrin, bölgenin ya da ülkenin biyokapasitesi, ekolojik varlıkların (tarım alanları, otlatma alanları, orman alanları, balıkçılık alanları ve yerleşim alanları) verimliliğini temsil etmektedir. Bu alanlar hasat edilmeden bırakılırsa, atıkların ve karbon salınımlarının önemli bir kısmının emilmesi sağlanabilmektedir (Global Footprint Network, t.y.a).

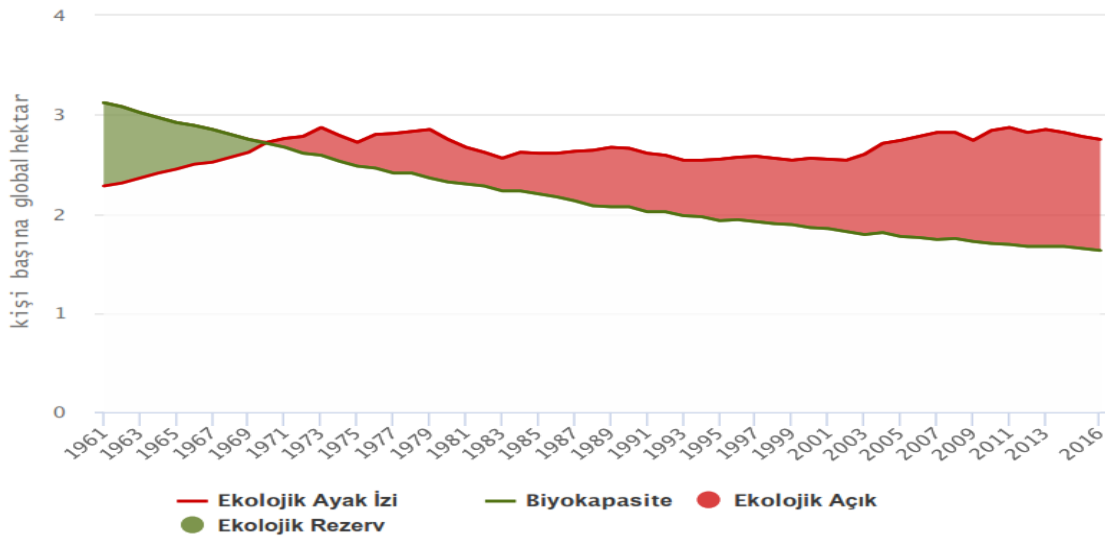
Bir ülkenin ekolojik ayak izi kendi biyo-kapasitesinin üzerindeyse ve bu nedenle ekolojik rezerve sahipse “çevresel kreditor” ülke olarak, ayak izi kendi biyo-kapasitesinin altındaysa ve bu nedenle ekolojik rezerv açığı ile karşı karşıyaysa “ekolojik borçlu” ülke olarak ekolojik nitelendirilir (Ghita, 2018: 10).

Ekolojik ayak izinin bir alt kümesi olan karbon ayak izi, insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki genel etkisini ölçmektedir. Dünya'nın jeolojik geçmişi sırasında biriken fosil yakıtların (kömür ve petrol) yanması, önemli miktarda karbon salınımına neden olmaktadır. Serbest kalan karbonun önemli bir kısmı atmosferde sera gazları şeklinde birikmekte ve iklim sisteminin dinamiklerini önemli derecede etkilemektedir (Polák & Cernegova, 2016: 17–18).

Çevre üzerindeki tahribatın en aza indirilmesi maksadıyla, Avrupa Birliği, Paris Antlaşmasından önce, sürdürülebilir ve kapsayıcı büyüme için 20/20/20 başlıklı hedeflerini karşılamak üzere 2020 iklim ve enerji paketini tanıtmıştır. AB'nin uzun vadeli iklim değişikliği hedeflerinden birisi olan 20/20/10 hedefleri; sera gazı emisyonlarının %20 oranında azaltılmasını, enerji verimliliğinin %20 artırılmasını ve yenilenebilir enerji kaynaklarının AB'nin enerji tüketimi içerisindeki payının %20'ye çıkarılmasını öngörmektedir (Bel & Joseph, 2018: 3798). Paris

Antlaşması, içinde bulunduğumuz yüzyılın yarısına kadar toplumun net sıfır karbona geçişini gerektirmektedir. Taşıtlar ve hanehalklarının ısınma ihtiyacı için kullanılan yakıtlardan kaynaklanan doğrudan sera gazı emisyonlarına ilave olarak hanehalkları tarafından tüketilen çeşitli ürün ve hizmetler de global tedarik zinciri boyunca dolaylı sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Bu tüketim yapısı, doğrudan veya dolaylı olarak yürütülen faaliyetlerden veya ürünlerin yaşam döngüsünden kaynaklanan emisyonların toplam karbon miktarını ortaya koyan karbon ayak izi kullanımı ile daha iyi açıklanabilmektedir (Koide ve ark., 2019: 2). Ayrıca, karbon emisyonlarının ülkelerin ekonomik gelişme süreçlerine olan etkisi Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) bağlamında ele alınmaktadır. ÇKE, başlangıçta ekonomik gelişmeyle çevresel kirliliğin artacağını (ölçek etkisi), daha sonra yapısal ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak gelirin belirli bir seviyeye gelmesiyle bu kirliliğin (sera gazı emisyonunun) artmayacağını aksine azalacağını ifade etmektedir (Lebe, 2016: 178).

Şekil 1’de, 1961-2016 döneminde, Dünya genelindeki ekolojik ayak izinin gelişimi yer almaktadır. 1961 yılında kişi başına 2.28 global hektar (gha) olan ekolojik ayak izi, 2016 yılında 2.75 gha düzeyine yükselmiştir. Buna karşın 1961 yılındaki biyo-kapasite kişi başına 3.12 gha iken, 2016 yılında kişi başına 1.63 gha seviyesine inmiştir. Dolayısıyla 1961-1970 döneminde biyo-kapasite ekolojik ayak izinin üzerinde olduğundan bu dönemde ekolojik rezerv durumu, 1971-2016 döneminde ise biyo-kapasite ekolojik ayak izinin altında olduğundan ekolojik açık durumu söz konusudur.



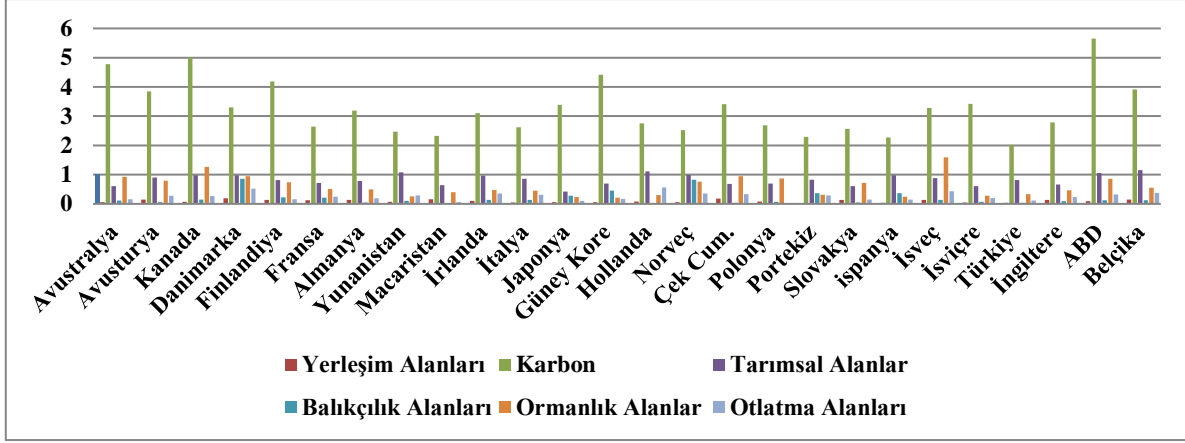
Şekil 1: Dünya Ekolojik Ayak İzi (1961–2016)

Kaynak: Global Footprint Network (t.y.b.)

Seçilmiş ülkelerde 2016 yılında üretim alanlarındaki kişi başına düşen ekolojik ayak izi değerlerinin bulunduğu Şekil 2’ye bakıldığında, karadaki karbon talebinin en yüksek değeri aldığı görülmektedir.

Tarımsal ve ormanlık alanlardaki ekolojik ayak izi de diğer alanlara nazaran yüksek düzeylerde seyretmektedir. Bu yılda tarımsal alandaki ekolojik ayak izinin en yüksek olduğu ülkeler, Belçika (1.15 gha) ve Hollanda (1.11 gha), balıkçılık alanında Danimarka (0.85 gha) ve Norveç (0.82 gha), ormanlık alanlarda Kanada (1.26 gha) ve İsveç (1.59 gha), otlama alanlarında Hollanda (0.56 gha) ve Danimarka (0.52 gha), yerleşim alanlarında Danimarka (0.19 gha) ve Çek Cumhuriyeti (0.18 gha) ve karbon talebinde ABD (5.65 gha) ve Kanada (5.00 gha) şeklindedir. Türkiye’ye ait değerler ise tarımsal alanda kişi başına 0.82 gha, balıkçılık alanında 0.039 gha, ormanlık alanlarda 0.33 gha,

otlatma alanlarında 0.115 gha, yerleşim alanlarında 0.035 gha ve karbon talebinde 2.02 gha düzeyinde gerçekleşmiştir.



Şekil 2: Seçilmiş Ülkelerde Ekolojik Ayak İzi (Kişi Başına Global Hektar, 2016)

Kaynak: Global Footprint Network, (t.y.b)

## II. EKOLOJİK AYAK İZİ İLE AR-GE FAALİYETLERİ İLİŞKİSİ

İnovasyon faktörü, kaynak verimliliğini artıran Ar-Ge faaliyetlerine ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının daha etkin kullanımını sağlamak ve yenilenebilir enerji kullanımını artırmak için ileri teknolojiler elde etmeyi amaçlayan yeşil yatırımlara odaklanarak ekolojik ayak izini azaltabilmekte ve ekonomik kalkınmayı sağlayabilmektedir (Ghita ve ark., 2018: 21). Ayrıca; biyokütle, biyogaz, hidro, güneş ve katı atıklar gibi yeşil enerji alanlarında karşılaştırmalı üstünlüğe sahip ülkelerde, yenilenebilir enerjide Ar-Ge harcamalarının artması daha temiz ve daha sürdürülebilir bir biyosfer sağlamaktadır (Adedoyin ve ark., 2020: 10).

Ülkeler bir yandan iklim değişikliği ve doğal kaynak kıtlığı gibi küresel çevresel zorlukları ile mücadele ederken, bir yandan da endüstriyel faaliyetleri, iş piyasalarını ve rekabet gücünü canlandırabilme konusunda ekonomik faaliyetleri teşvik etmek için inovatif yollara başvurumaktadırlar. OECD tarafından sunulan Yeşil Büyüme Stratejisinde, doğal sermayenin kullanımındaki verimliliği artırdığı ve yeni yeşil faaliyetlerin ortaya çıkmasından ötürü yeni ekonomik fırsatları oluşturabildiği için, yeşil büyüme politikalarının inovasyonu teşvik etmesi gerektiği önerilmektedir. Bu anlamda eko-inovasyonun yaygınlaştırılması, ekonomik, sosyal ve çevresel gelişmeler üzerinde kaldıraç etkisi sağlayacaktır (OECD, 2012: 2).

Çevresel etkiyi azaltan inovatif ürünler ve süreçler için “eko-inovasyon” terimi kullanılmaktadır. Eko-inovasyon, yeni iş fırsatlarının oluşturulması ve geliştirilmesini sağlayan, çevre üzerindeki olumsuz etkileri önleyen ve azaltan teknolojik ve teknolojik olmayan, yeni ürünler ve hizmetler ile yeni iş uygulamalarından oluşan tüm inovasyon biçimlerini kapsamaktadır. Eko-inovasyonda temel amaç, daha sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarına katkıda bulunmaktır. Eko-inovasyon uygulamalarına örnek olarak, atık sudan değerli maddeleri geri kazanma süreçleri, daha verimli gıda ambalajları ve geri dönüştürülmüş atıklar, eko-ürünler ve yeni inşaat malzemeleri üretimi verilebilir (Sarkar, 2013: 172).

Eko-inovasyonlar aynı zamanda “yeşil işler (çevre dostu işler veya yeşil yakalı işler)” adı verilen küresel piyasa talebinin ortaya çıkışını da sağlamıştır. Yeşil İşler “çevrenin korunmasına ve enerji ve hammadde tasarrufu sağlayarak, yenilenebilir enerji kullanımını teşvik ederek, atık ve

kirliliği azaltarak, biyolojik çeşitliliği ve ekosistemleri koruyarak çevrenin ve iklim değişikliğinin önlenmesine yardımcı olan her türlü profesyonel faaliyettir". Bu işler, çevresel bozulmanın, biyolojik çeşitlilik kaybının ve doğal kaynakların sürdürülemez kullanımının eşzamanlı olarak önlenmesi yoluyla ülkenin kendi gelişimine katkı bulunmasının yanı sıra mesleki gelişim ve sürdürülebilir ekonomik büyüme için de büyük bir fırsattır (Zarebska & Michalska, 2016: 57).

Teknoloji, küresel karbon emisyonlarının azaltılmasında giderek daha fazla rol üstlenmektedir. Karbon yakalama ve depolama gibi büyük ölçekli mühendislik teknolojileri, atmosferdeki sera gazı emisyonlarını ortadan kaldırarak küresel karbon emisyonlarının azaltılmasını sağlayabilmektedir. Bu büyük ölçekli teknolojilere ilave olarak, Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT), iyileştirilmiş verimlilik, kaynakların daha az kullanımı ve davranış değişiklikleri yoluyla karbon emisyonunun azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. Enerji verimliliğini artıran BİT uygulamalarına; akıllı evler, akıllı enerji sistemleri, akıllı tarım, akıllı imalat, trafik kontrolü ve optimizasyon, e-çalışma, e-bankacılık e-ticaret, e-sağlık, e-öğrenme örnek olarak verilebilir (BT, 2016).

### III. LİTERATÜR

Ekolojik ayak izi ile enerji Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkiye yönelik ampirik literatürün sınırlı olduğu söylenebilir. Konu ile ilgili çalışmalarda; Ar-Ge faaliyetlerinin, inovasyonun ve teknolojik gelişimin ekolojik ayak izini hem negatif hem de pozitif etkilediği yönünde bulgular mevcuttur.

Tablo 1: Literatür Özeti

Yazar/lar	Kapsam	Yöntem	Bulgular
Adedoyin vd., (2020)	AB-16 ülkelerinde 1997-2014 döneminde ekolojik ayak izi, Ar-Ge harcamaları, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi arasındaki ilişki	Panel Tamamen Değiştirilmiş Etküçük Kareler Tahmincisi (FMOLS), Panel Dinamik Etküçük Kareler Tahmincisi (DOLS)	GSYH ve yenilenemeyen enerji tüketimi arttıkça ekolojik ayak izi artmakta, GSYH'nin karesi, Ar-Ge harcamaları ve yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça ekolojik ayak izi azalmaktadır.
Doğan vd., (2019)	MINT (Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye) ülkelerinde 1971-2015 döneminde, ekolojik ayak izinin çevresel bozulmanın vekili olarak kullanılması yoluyla Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliği	Panel Gecikmesi Dağıtılmış Ototoregressif Model (ARDL)	Uzun dönem katsayıları; fosil yakıt enerji tüketimi, ihracat, kentleşme ve finansal gelişimin çevre üzerindeki en önemli insan kaynaklı baskı unsurları olduğunu göstermiştir.
Fakher (2019)	Seçilmiş ülkelerde (İran, Cezayir, Tayland, Birleşik Arap Emirlikleri, Katar, Suudi Arabistan) 1996-2016 döneminde ekolojik ayak izini etkileyen faktörlerin analizi	Bayesyen model, Ağırıklanmış Etküçük Kareler Yöntemi	Enerji tüketimi, nüfus yoğunluğu, nüfus artışı, sanayi üretimi, doğrudan yabancı sermaye yatırımı, Gini katsayısı, yolsuzluğun algılanması endeksi, kamu büyüklüğü, kentleşme oranı ekolojik ayak izi üzerinde pozitif etkili iken, GSYH'nin karesi, finansal açıklığın karesi, finansal gelişme-ekonomik büyüme etkileşimi, demokrasi endeksi, beşeri sermaye, ticari açıklık, sermaye emek oranının karesi, okullaşma oranı, hükümetin etkinliği ve verimliliği, düzenleyicilik kalitesi ve ekonomik faaliyetlerin yoğunluğu ekolojik ayak izi üzerinde negatif etkilidir.
Zhu & Gao (2019)	Kuşak ve Yol Girişimi (Belt and Road Initiative-BRI)'ne dahil 57 ülkede ulaştırma sektöründe, 2005-2015 döneminde, CO <sub>2</sub> emisyonunu etkileyen faktörlerin analizi	Panel Eşbütünlük, Panel Etküçük Kareler ve Sabit Etkiler Tahmincileri	Ulaştırma sektöründeki CO <sub>2</sub> emisyonu üzerinde; kişi başına GSYH, kentleşme oranı, enerji tüketim yapısı pozitif etkili iken, teknoloji düzeyi ve ticari açıklık negatif etkilidir.
Ghita vd., (2018)	Avrupa ülkelerinde ekolojik ayak izi davranışının; inovasyon ve Ar-Ge faaliyeti, yabancılar tarafından kontrol edilen işletmelerdeki istihdam oranı ve Avrupa Birliği üyeliği değişkenleri üzerinden analiz edilmesi	Temel Bileşenler Analizi, Çok Terimli Sıralı Lojistik Regresyon Regresyon Analizi,	Inovasyon ve Ar-Ge faaliyetleri ile yabancılar tarafından kontrol edilen işletmelerdeki istihdam oranındaki artış ekolojik ayak izini pozitif etkilemektedir. Diğer taraftan, Avrupa Birliği'ne üye olmayan ya da sonradan üye olan ülkelerdeki ekolojik ayak izi skorları daha düşüktür.
Bel & Joseph (2017)	AB-28 ülkelerinde, 2005-2012 döneminde, İklim Değişikliğini Azaltma Teknolojileri (Climate Change Mitigation Technologies)'nin Avrupa Birliği'nin belirlemiş olduğu iklim değişikliği ve enerji paketlerindeki hedeflere (sera gazı emisyonlarının %20 azaltılması, yenilenebilir enerjinin payının %20'ye çıkartılması, enerji verimliliğinin %20 artırılması) etkisi	Panel Sabit Etkiler	Teknolojik değişimi yansıtan patent stoku, brüt yurt içi yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde pozitif, brüt yurt içi petrol tüketimi, brüt yurt içi kömür tüketimi ve toplam brüt yurt içi enerji tüketimi üzerinde negatif etkilidir. Diğer yandan, bağımlı değişken birincil enerji tüketimi iken patent stoku toplam birincil enerji tüketimi ve ulaştırma sektörü enerji tüketimini negatif etkilemektedir.

Ekolojik ayak izi ile enerji Ar-Ge harcamaları ilişkisine yönelik yapılan en güncel çalışma Adedoyin ve ark., (2020)'ne aittir. AB-16 ülkelerinde Ar-Ge harcamalarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerinin incelendiği bu çalışmada elde edilen bulgular, Ar-Ge harcamalarının ekolojik ayak izini azalttığını göstermiştir. Ghita ve ark., (2018)'de, Avrupa ülkelerinde inovasyon ve Ar-Ge faaliyetlerinin ekolojik ayak izini pozitif etkilediği görülmüştür. Burada ekolojik ayak izindeki artış, inovasyon ve Ar-Ge faaliyetleri neticesinde ekonomik faaliyetlerin ve büyümenin artmasına bağlanmıştır. Bir başka ifadeyle, inovatif ekonomik faaliyetlerin, sürdürülebilir kalkınmayı sağlama ve çevre üzerindeki olumsuz etkiyi azaltma noktasında yeteri kadar kaynak verimliliğini sağlayamadığı belirtilmiştir. Fakher (2019) tarafından seçilmiş ülkeler üzerine yapılan bir başka çalışmada ekolojik ayak izini etkileyen faktörler detaylı olarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada ekonomik faaliyetlerin yoğunluğunun ekolojik ayak izi üzerinde beklentilerin aksine negatif etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun arkasında, yürütülen ekonomik faaliyetlerde daha çevre dostu teknolojilerin kullanılması olduğu ifade edilmiştir. Bu konu ile ilgili literatür özeti Tablo 1'de sunulmuştur.

#### IV. EKONOMETRİK UYGULAMA

Bu çalışmada, OECD ülkelerinde<sup>2</sup> ekolojik ayak izi ile enerji Ar-Ge ve demonstrasyon (demonstrasyon ile enerji tasarrufuna yönelik yapılan etütler kastedilmektedir) harcamaları arasındaki ilişki, 2002-2016 döneminde panel veri yöntemleri kullanılarak analiz edilmektedir.

##### IV.I. Veri Seti

Ekolojik ayak izi ile enerji Ar-Ge ilişkisinin analiz edilmesinde kullanılan değişkenler Tablo 2'de sunulmaktadır. Buna göre bağımlı değişken ekolojik ayak izi (Inecofoot), açıklayıcı değişkenler ise enerji Ar-Ge ve demonstrasyon harcamaları (Inrddp), ekilebilir arazi (Inarland), enerji kullanımı (Inenuse) ve kişi başına düşen GSYH (Ingddp) olarak belirlenmiştir. Değişkenlerin tamamı logaritmik forma getirilmiştir.

**Tablo 2: Veri Seti ve Değişkenler**

Değişken Adı	Kodu	Değişkenin Tanımı
Ekolojik Ayak İzi	Inecofoot	Ekolojik ayak izi, ne kadarlık doğaya sahip olduğumuzu ve doğanın ne kadarını kullandığımızı ölçmektedir. Ekolojik ayak izi sürdürülebilirliği ve refahı sağlayarak ülkelere, kamusal proje yatırımlarını optimize ederek yerel liderlere ve gezegen üzerindeki etkilerini anlamalarını sağlayarak insanlara yardımcı olmaktadır.
Enerji Ar-Ge ve Demonstrasyon Harcamaları	Inrddp	Enerji Ar-Ge ve Demonstrasyon Harcamaları, enerjinin tüm türlerinin; üretilmesi, ulaşımı, depolanması, dağıtılması ve rasyonel bir şekilde kullanılması noktasında yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetlerini ve enerjiyi ortaya çıkarma için geliştirilen teknolojileri kapsamaktadır.
Ekilebilir Arazi	Inarland	Kişi başına düşen hektar cinsinden hesaplanan ekilebilir arazi, FAO tanımı uyarınca, geçici olarak ekilmiş topraklar, biçme veya otlaklar (meralar) için geçici çayırlar, market veya mutfak bahçeleri altındaki araziler ve geçici olarak nadasa bırakılan topraklardan oluşur.
Enerji Kullanımı	Inenuse	Enerji, yerli üretime ithalat ve stok değişikliklerinin eklenmesi, ihracatın ve uluslararası taşımacılık yapan gemilere ve hava taşıtlarına tedarik edilen yakıtların çıkarılmasıyla bulunan, henüz daha nihai kullanım yakıtlarına dönüşmemiş birincil enerji tüketimini içermektedir. Kişi başına kg petrol eşdeğeri olarak ölçülmüştür.
Kişi Başına Düşen GSYH	Ingddp	GSYH'nin nüfusa oranlanmasıyla elde edilmiştir. Veriler şu anki ABD doları cinsindedir.

**Kaynak:** 1. International Energy Services, Statistics, Online Data Services, RD&D Budgets (t.y.)

2. WorldBank, World Development Indicators (t.y.)

3. Global Footprint Network, Supply and Demand (t.y.a)

<sup>2</sup> Çalışmaya dâhil edilen OECD ülkeleri; Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Japonya, Güney Kore, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovak Cumhuriyeti, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri olarak belirlenmiştir. Şili, Yeni Zelanda, İsrail, İzlanda, Estonya, Letonya, Litvanya, Slovenya, Lüksemburg ve Meksika veri eksikliği nedeniyle analiz kapsamı dışında tutulmuştur.

## IV. II. Yöntem

OECD ülkelerinde ekolojik ayak izi ile enerji Ar-Ge harcamaları ilişkisinin test edilmesinde; Havuzlanmış Enküçük Kareler (Pooled Ordinary Least Squares-POLS), Sabit Etkiler (Fixed Effect-FE), Rassal Etkiler (Random Effects-RE) modelleri ve Arellano ve Bond (1991) Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) tahminicileri kullanılmaktadır.

POLS  $y_{it} = a + \beta x_{it} + e_{it}$ , FE modeli  $y_{it} = a_i + \beta x_{it} + e_{it}$  ve RE modeli ise  $y_{it} = a_0 + \beta x_{it} + u_i + e_{it}$  şeklinde formüle edilmektedir. POLS'da tüm eğim katsayıları homojen olacak şekilde kısıtlanırken, FE modelinden her bir birim için heterojen sabitlere izin verilmektedir (Sul, 2019: 134). RE modelinde ise birimler arasındaki farklılıkların rassal olduğu varsayılmaktadır. Bu model, sabit bir terim olan  $a_0$  ve birimler arasında farklılaşmasına izin verilen rassal bir değişken olan  $u_i$  kullanılarak modellenmektedir. Sabit varyansa ve sıfır ortalamaya sahip olan  $u_i$  hata teriminin regresyondaki  $x$ 'ler (açıklayıcı değişkenler) ile bağımsız olduğu kabul edilmektedir (Hofmann & Werkheiser, 2014). Ayrıca RE modelinde, gruplar (ya da zaman periyotları) arasındaki fark hata teriminin varyansı tarafından ortaya konulmaktadır.

FE modelinin RE modeline göre temel avantajı, bireysel ve/veya zamana-öзгü etkilerin  $x_{it}$  kovaryantları ile korelasyonlu olmasına olanak sağlamasıdır. FE modelinin dezavantajı ise  $n$  veya  $T$  arttıkça serbestlik derecesinin kaybolmasıdır. Ayrıca FE modeli, zamanla değişmeyen değişkenlerin (ülkeler arası mesafe gibi) etkileri sabit-etkiler katsayısı tarafından absorbe edildiği için bu değişkenlerin denkleme dâhil edilmesini engellemektedir (Tsionas, 2019: 362). RE modelini FE modeline göre üstün olan yanı, zamanla değişmeyen değişkenlerin etkisini ölçmeye olanak sağlamasıdır.

Araç değişkenler (Instrumental variables-IV) yöntemi, mevcut moment koşullarının tamamını kullanmadığı için modeldeki parametrelerin tutarlı ancak zorunlu olarak etkin olmayan tahminlerini vermektedir. Ayrıca,  $T/N \rightarrow c > 0$  durumunda, birinci farkları alınmış hata terimindeki otokorelasyon durumu ihmal edildiğinden IV yöntemi tutarsız olmaktadır. Arellano ve Bond (1991), bağımlı değişkeninin gecikmeli değerleri ile hata terimleri arasında bulunan ortogonalite koşullarından yararlanılması halinde dinamik panel veri modelinde ilave moment koşullarının elde edilebileceğini öne sürmektedirler (Pesaran, 2015: 682). Arellano ve Bond (1991) GMM'de, bireysel etkilerden kurtulmak için birinci farklar alınmakta ve  $y_{it}$ 'nin tüm geçmiş enformasyonu araç değişken olarak kullanılmaktadır (Naveed ve ark., 2011).

Dinamik panel veri modeli,

$$y_{it} = \sum_{j=1}^p a_j y_{i,t-j} + x_{it}\beta_1 + w_{it}\beta_2 + v_i + \varepsilon_{it}$$

şeklinde yazılabilir. Bu eşitliğin birinci farkları alındığında,

$$y_{it} - y_{i,t-1} = a(y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + (x_{i,t} - x_{i,t-1})'\beta + (\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1})$$

Anderson ve Hsiao (1981) tahmincisinde,  $y_{i,t-2}$ 'nin  $(y_{i,t-1} - y_{i,t-2})$  için bir araç değişken olarak kullanılabilmesi sözkonusudur. Arellano ve Bond (1991) ise bu fikri genişletmiş ve bağımlı değişkenin ilave gecikmelerini araç değişken olarak kullanılmasını önermişlerdir. Örneğin, hem  $y_{i,t-2}$  hem de  $y_{i,t-3}$  araç değişken olarak kullanılabilir. Dolayısıyla zaman boyutu arttıkça araç değişken sayısı da giderek artmaktadır (Ao, 2017: 2).



#### IV. III. Bulgular

Bu kısımda öncelikle ekolojik ayak izi-enerji Ar-Ge harcamaları arasındaki bağlantıyı test etmek üzere kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerine, ardından bu değişkenler arasındaki korelasyona ve nihai olarak ekonometrik analizlere yer verilmektedir.

Tablo 3'te değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler görülmektedir. Çarpıklık değerlerine göre Inarland değişkeni pozitif değer aldığından dağılımı sola çarpık, Inecofoot, Inrddp, Ingdpp ve Inenuse değişkenlerinin çarpıklık değerleri de negatif olduğundan dağılımları sağa çarpıktır. Basıklık değerleri incelendiğinde ise değişkenlerin tamamında basıklık değerleri 3'ten büyük olduğundan dağılımları normal dağılıma göre diktir.

**Tablo 3: Tanımlayıcı İstatistikler**

Değişkenler	Inecofoot	Inrddp	Ingdpp	Inarland	Inenuse
Ortalama	1.592952	-1.504699	10.43328	-1.571097	8.267934
Medyan	1.741730	-1.251760	10.60760	-1.382950	8.258420
Maksimum	2.337840	0.362558	11.54310	0.884711	9.042580
Minimum	-2.482600	-6.214610	8.205200	-3.550610	7.038220
Std. Sapma	0.802027	1.139619	0.566963	0.998793	0.392964
Çarpıklık	-3.990560	-1.291497	-0.897713	0.102308	-0.237179
Basıklık	19.14326	4.655322	3.780778	3.020338	3.195226
Jarque-Bera	4472.680	129.8064	52.86579	0.583135	3.628971
Olasılık	0.000000	0.000000	0.000000	0.747092	0.162922
Toplam	527.2673	-498.0554	3453.415	-520.0333	2736.686
Top. Hata Kar.	212.2716	428.5811	106.0773	329.2040	50.95882
Gözlem	331	331	331	331	331

Değişkenler arasındaki korelasyonlar Tablo 4'te verilmiştir. Inecofoot değişkeni ile Ingdpp, Inarland ve Inenuse değişkenleri arasında görece zayıf, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişki vardır. Diğer taraftan, Inrddp ile Ingdpp ve Inenuse değişkenleri arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişki sözkonusudur. Genel olarak değişkenler arasındaki korelasyonların yüksek olmadığı söylenebilir.

**Tablo 4: Korelasyon Matrisi**

Korelasyon/ t ist/olasılık	Inecofoot	Inrddp	Ingdpp	Inarland	Inenuse
Inecofoot	1.000000 ----- -----				
Inrddp	0.013644 0.247497 0.8047	1.000000 ----- -----			
Ingdpp	0.350110 6.779512 0.0000	0.547827 11.87756 0.0000	1.000000 ----- -----		
Inarland	0.470994 9.684502 0.0000	-0.025726 -0.466790 0.6410	-0.070333 -1.278887 0.2018	1.000000 ----- -----	
Inenuse	0.169980 3.128691 0.0019	0.590532 13.27272 0.0000	0.570576 12.60199 0.0000	0.247082 4.625057 0.0000	1.000000 ----- -----

Enerji Ar-Ge harcamalarının ekolojik ayak üzerindeki etkilerini test ederken öncelikle, Sabit ve Rassal Etkiler ile Havuzlanmış Ortalama Grup Modelleri'nden hangisinin daha etkin sonuçlar ürettiğini belirleyebilmek amacıyla F testi, Breush-Pagan LM testi ve Hausman testleri uygulanmış ve

elde edilen bulgular Tablo 5’te verilmiştir. F testi bulgularına göre kurulan modelde  $H_0$  hipotezi reddedilebilmektedir. Bu nedenle havuzlanmış ortalama grup modeli yerine sabit etkiler modeli tercih edilmelidir. Breush-Pagan LM testinin istatistiksel olarak anlamlı olması da havuzlanmış model yerine rassal etkiler modelinin daha tutarlı sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Dolayısıyla FE ve RE modelleri arasında karar verebilmek için Hausman testi sonuçlarına bakmak gerekir. Hausman testi sonuçları ise FE modelinin daha tutarlı sonuçlar verdiğini göstermiştir.

**Tablo 5: F, BP-LM ve Hausman Testi Bulguları**

Testler	Bulgular
<b>F testi</b>	$F(25, 325) = 535.81, Prob > F = 0.0000$
<b>Breush-Pagan LM testi</b>	$chibar2(01) = 1951.16$ $Prob > chibar2 = 0.0000$
<b>Hausman Testi</b> ( $H_0$ :katsayılardaki fark sistematik değildir)	Chi-Sq. Statistic = 7.430818 prob= 0.059

FE modeli kullanılarak elde edilen bulguların güvenilir olup olmadığını test etmek üzere otokorelasyon ve değişen varyans testleri uygulanmıştır. Bhargava ve ark., Durbin-Watson ve Baltagi-Wu LBI otokorelasyon testleri modelde otokorelasyon sorunu olduğunu göstermiştir. Değiştirilmiş Wald testi istatistik değerleri istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Bu nedenle modelde değişen varyans sorunu vardır (bkz, Tablo 6).

**Tablo 6: FE Modeli için Tanı Testleri**

Testler	Bulgular
<b>Otokorelasyon</b>	modified Bhargava et al. Durbin-Watson = .63956622 Baltagi-Wu LBI = .92407533
<b>Değişen Varyans</b>	Değiştirilmiş Wald Testi $chi2 (26) = 1454.62, Prob>chi2 = 0.0000$

FE tahminlerinde değişen varyans ve otokorelasyon sorununu dikkate alan Arellano (1987), Froot (1989) ve Rogers (1993)-AFR tahmincisi ile dirençli standart hatalı Driscoll-Kraay (DK) tahmincisi kullanılmış ve elde edilen bulgular Tablo 7’de sunulmuştur. Bulgulara göre;  $\ln rddp$ ,  $\ln gdp$  ve  $\ln use$  değişkenleri istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla enerji Ar-Ge harcamalarında meydana gelen artış ekolojik ayak izini azaltırken, enerji kullanımında ve kişi başına düşen gelirden meydana gelen artışlar ekolojik ayak izini artırmaktadır.

**Tablo 7: AFR ve DK Tahmincileri Bulguları (Dirençli Standart Hatalar)**

Değişkenler/Tahminciler	AFR	DK
$\ln rddp$	-0.0270** (0.00978)	-0.0270*** (0.00548)
$\ln use$	0.976*** (0.0795)	0.976*** (0.104)
$\ln gdp$	0.0213 (0.0267)	0.0213 (0.0251)
$\ln arland$	0.0606 (0.0881)	0.0606 (0.0584)
constant	-6.642*** (0.728)	-6.642*** (1.003)
Gözlem	331	331
R <sup>2</sup>	0.572	
Birim Sayısı	26	
Grup Sayısı		26

Not: Parantez içindeki katsayılar dirençli standart hatalardır. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Ekolojik ayak izi ile enerji Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişki ayrıca Arellano-Bond (1991) GMM kullanılarak test edilmiştir. Tablo 8’de Arellano-Bond (1991) GMM kullanılarak elde edilen bulgulara ait temel tanı testlerinin sonuçları verilmiştir. Otokorelasyon testleri modelde birinci mertebeden otokorelasyon olduğunu, ikinci mertebeden otokorelasyonun olmadığını göstermektedir. Buna karşın araç değişkenlerin geçerli olup-olmadığını test eden Sargan testi bulgularına göre kullanılan araç değişkenler geçerli değildir. Araç değişkenler geçerli olmadığı için iki aşamalı (two-step) tahminci kullanılmıştır.

**Tablo 8: Arellano-Bond (1991) GMM için Tanı Testleri**

Testler	Bulgular
<b>Otokorelasyon</b> (H <sub>0</sub> : otokorelasyon yok)	Ar(1), z= -7.5695, prob=0.0000 Ar(2), z= 1.574, prob=0.1155
<b>Araç Değişkenlerin Geçerliliği-Sargan</b> (H <sub>0</sub> : aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerli)	chi2(77) = 105.439 Prob > chi2 = 0.0174

İki aşamalı Arellano-Bond (1991) GMM bulgularının yer aldığı Tablo 9’den da görülebileceği gibi; lnrdp, lnenuse ve lngdpp değişkenleri istatistiksel olarak anlamlıdır. Buna göre enerji Ar-Ge harcamaları arttıkça ekolojik ayak izi azalmakta, enerji kullanımı ve kişi başına düşen gelir arttıkça ekolojik ayak izi artmaktadır. Arellano-Bond (1991) GMM bulguları büyük oranda AFR ve DK tahmincileri ile örtüşmektedir.

**Tablo 9: Arellano-Bond (1991) GMM Bulguları**

Değişkenler/Tahminciler	GMM
<b>L.lnecofoot</b>	0.143 (0.121)
<b>lnrdp</b>	-0.0306** (0.0122)
<b>lnenuse</b>	1.066*** (0.205)
<b>lngdpp</b>	0.0788** (0.0318)
<b>lnarland</b>	-0.0284 (0.0696)
<b>AR(1)</b>	-1.9459*
<b>AR(2)</b>	0.8182
<b>Wald</b>	111.28***
<b>Gözlem</b>	281
<b>Birim Sayısı</b>	26

Not: 1. Parantez içindeki katsayılar dirençli standart hatalardır. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1  
2. Dirençli standart hatalar kullanıldığı için araç değişkenlerinin geçerliliği testi yapılamamaktadır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsan talebinin biyokapasitenin altına indirilebilmesi için enerji teknolojilerinde etkinliği ve verimliliği yükseltecek politika seçeneklerine ihtiyaç vardır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran daha fazla karbon salınımına neden olan birincil enerji kaynaklarını kullanan teknolojilerin kullanım alanlarının sınırlandırılması burada büyük önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimi içerisindeki payının artırılabilmesi için enerji alanındaki Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerine ağırlık verilmesi gerekmektedir. Bu sayede ekolojik ayak izinin azalması mümkün olabilecektir. OECD ülkelerinde ekolojik ayak izi-enerji Ar-Ge ve demonstrasyon harcamaları arasındaki ilişkinin analiz edildiği bu çalışmanın bulguları da enerji Ar-Ge ve demonstrasyon harcamalarındaki artışın ekolojik ayak izini azalttığını, buna karşın; enerji kullanımı ve kişi başına düşen GSYH'deki artışların ekolojik ayak izini arttırdığını ortaya koymuştur. Ekilebilir arazi ile ekolojik ayak izi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Bu bulguları destekleyecek şekilde ekolojik ayak izinin azaltılabilmesi için şu önerilerde bulunulabilir (Belčáková, 2017; Brown, 2017):

- Fosil yakıt yanmasına dayalı doğal kaynak kullanımının yenilenebilir kaynaklarla (biyokütle, güneş, rüzgâr veya su enerjisi) değiştirilmesi,
- Sürdürülebilir teknolojilere yatırım yapılması,
- Ağaçlandırma faaliyetinin artırılması ve doğanın korunması,
- Yağmur suyunun, toplama sistemlerinin, rezervuarların, sulak alanların korunması ve entegre su arıtma sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması,
- Enerji tasarruflu teknolojilere dayalı sistemlerin kullanımının artırılması,
- Evlerde ve işyerlerinde enerji ve su tasarrufu (ışığı kapatma, musluk yalıtımı, aletleri ve kontrol ışıklarını kapatma)
- Evlerde ve işyerlerinde ısı yalıtımını sağlamak ve odaları aşırı ısıtmamak,
- Araç kullanmak yerine, şirket çalışanlarının bisiklet sürmeye, yürümeye veya toplu taşıma araçlarını kullanmaya teşvik edilmesi,
- Eko-etiketli ürünler satın almak gibi sürdürülebilir bir tedarik politikasının benimsenmesi,
- Eski ofis mobilyalarının, bilgisayarların, monitörlerin vb. araçların geri dönüşüme gönderilmesi ve
- Nihai olarak enerji Ar-Ge ve Demonstrasyon harcamalarının artırılması.

## KAYNAKÇA

- Adedoyin, F. F., Alola, A. A., & Bekun, F. V. (2020). An assessment of environmental sustainability corridor: The role of economic expansion and research and development in EU countries. *Science of The Total Environment*, 136726.
- Anderson, T. W. & C. Hsiao (1981). Estimation of dynamic models with error components. *Journal of the American Statistical Association*, 76(375), 598–606.
- Arellano, M. (1987). Computing robust standart Errors for within group estimators. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 49(4), 431–434.
- Arellano, M. & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies* 58, 277–297.
- Ao, X., (2007), *Arellano-Bond model*. Erişim adresi: <https://training.rcs.hbs.org/files/hbstraining/files/arellano-bond.pdf>
- Bel, G. & Joseph, S. (2018). Climate change mitigation and the role of technological change: Impact on selected headline targets of Europe's 2020 climate and energy package. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 3798–3807.

- Belčáková, I., Diviaková, A., & Belaňová, E. (2017). Ecological footprint in relation to climate change strategy in cities. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245 (6), IOP Publishing.
- Brown, L. (2017). 20 Ways to reduce your carbon footprint this spring. Erişim adresi: <https://www.shredit.com/en-us/blog/sustainability/ways-to-reduce-your-carbon-footprint-this-spring>
- BT (2016), *The role of ICT in reducing carbon emissions in the EU*. Erişim adresi: [https://www.btplc.com/Purposefulbusiness/Ourapproach/Ourpolicies/ICT\\_Carbon\\_Reduction\\_EU.pdf](https://www.btplc.com/Purposefulbusiness/Ourapproach/Ourpolicies/ICT_Carbon_Reduction_EU.pdf)
- Dam, T. A., Pasche, M., & Werlich, N. (2017). Trade patterns and the ecological footprint a theory-based empirical approach, *Jena Economic Research Papers*, 5, 1–37.
- Dogan, E., Taspinar, N., & Gokmenoglu, K. K. (2019). Determinants of ecological footprint in MINT countries. *Energy & Environment*, 30(6), 1065–1086.
- Fakher, H. A. (2019). Investigating the determinant factors of environmental quality (based on ecological carbon footprint index). *Environmental Science and Pollution Research*, 26(10), 10276–10291.
- Froot, K. A. (1989). Consistent Covariance Matrix Estimation with cross-sectional dependence and heteroskedasticity in financial data. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 24(3), 333–355.
- Galli, A., Lin, D., Wackernagel, M. Gressot, M. & Winkler, S. (2015). *Humanity's growing ecological footprint: sustainable development implications*. Erişim adresi: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5686humanitysgrowingecologicalfootprint.pdf>
- Ghita, S. I., Saseanu, A. S., Gogonea, R. M., & 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.
- Global Footprint Network. (t.y.a). *Supply and demand*, Erişim adresi: [http://data.footprintnetwork.org/?\\_ga=2.126881989.991414474.1581013564-1420927460.1581013564#/exploreData](http://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.126881989.991414474.1581013564-1420927460.1581013564#/exploreData)
- Global Footprint Network (t.y.b). *Our ecological footprint*. Erişim adresi: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>
- Hofmann, J. & Werkheiser, C. (2014). *Efficiency of fixed and random effects estimators: A Monte Carlo analysis*. Erişim adresi: [https://www.reed.edu/economics/parker/s14/312/Fin\\_Reports/6.pdf](https://www.reed.edu/economics/parker/s14/312/Fin_Reports/6.pdf)
- International Energy Services. (t.y.). *Statistics, online data services, RD&D budgets*. Erişim adresi: <http://wds.iea.org/WDS/Common/Login/login.aspx>
- Irshad, H., & Hussain, A. (2017). Analysis of ecological efficiency and its influencing factors in developing countries. *Pakistan Institute of Development Economics, Department of Environmental Economics, Working Paper No. 11*.
- Koide, R., Lettenmeier, M., Kojima, S., Toivio, V., Amellina, A., & Akenji, L. (2019). Carbon footprints and consumer lifestyles: an analysis of lifestyle factors and gap analysis by consumer segment in Japan. *Sustainability*, 11(21), 5983.
- Lebe, F. (2016). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezi: Türkiye için eşbütünleşme ve nedensellik analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 17(2): 177–194.
- Naveed, A., Prean, N., & Rabas, A. (2011). Dynamic panel data models. Erişim adresi: [https://homepage.univie.ac.at/robert.kunst/pan2011\\_pres\\_rabas.pdf](https://homepage.univie.ac.at/robert.kunst/pan2011_pres_rabas.pdf)
- OECD (2012), *The Future of eco-innovation: The role of business models in green transformation*. Erişim adresi: <https://www.oecd.org/innovation/inno/49537036.pdf>
- Pesaran, H. M. (2015). *Time series and panel data econometrics*. Oxford: Oxford University Press.
- Polák, M. & Cernegova, M. (2016). Carbon footprint and the concept of green economy and social inclusion in Snina town. *Zeszyt Naukowy Wyższej Szkoły Zarządzania i Bankowości w Krakowie*, (39), 12–22.
- Rogers, W. H. (1993). Regression standard errors in clustered samples. *Stata Technical Bulletin*, 13, 19–23.
- Sarkar, A. N. (2013). Promoting eco-innovations to leverage sustainable development of eco-industry and green growth, *European Journal of Sustainable Development*, 2, (1): 171–224.
- Sul, D. (2019). *Panel data econometrics: Common factor analysis for empirical researchers*. New York: Routledge.
- Tsionas, M. (2019). *Panel data econometrics: Theory*. London: Academic Press.
- World Economic Forum. (2018). *Global risk report*. Erişim adresi: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GRR18\\_Report.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GRR18_Report.pdf)

- World Bank. (t.y.). *World development indicators*, Erişim adresi: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- WWF. (2020). Earth Overshoot Day 2020: August 22. Erişim adresi: [https://wwf.panda.org/wwf\\_news/?364390/earth-overshoot-day-2020](https://wwf.panda.org/wwf_news/?364390/earth-overshoot-day-2020)
- Zarębska, J., & Michalska, M. (2016). Ecological innovations as a chance for sustainable development - Directions and obstacles in their implementation. *Management*, 20(2), 49–64.
- Zhu, C., & Gao, D. (2019). A research on the factors influencing carbon emission of transportation industry in “the belt and road initiative” countries based on panel data. *Energies*, 12(12), 2405.

---

**Etik Beyanı** : Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu beyan ederim. Aksi bir durumun tespiti halinde ÖHÜİBF Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarına aittir.

**Teşekkür** : Yayın sürecine katkı sağlayan hakemlere, editöre ve yardımcı editöre teşekkür ederim.

**Ethics Statement** : I declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In the event of a contrary situation, ÖHÜİBF Journal has no responsibility and all responsibility belongs to the author of the study.

**Acknowledgement** : I thank the referees, editor and assistant editor who contributed to the publication process.

---