



JOEEP

e-ISSN: 2651-5318

Journal Homepage: <http://dergipark.org.tr/joeeep>

## Araştırma Makalesi • Research Article

**Finansal Gelişme, Teknolojik Yenilik ve Ekolojik Ayak İzi Arasındaki İlişki: E7 Ülkeleri Örneği***The Nexus Among Financial Development, Technological Innovation and Ecological Footprint: The Case of E7 Countries*Evin Akgün<sup>a</sup> & Arzu Özmerdivanlı<sup>b,\*</sup><sup>a</sup> Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, 70200, Karaman/Türkiye

ORCID: 0000-0002-1814-6126

<sup>b</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, 70200, Karaman/Türkiye

ORCID: 0000-0002-2120-3312

## MAKALE BİLGİSİ

*Makale Geçmişi:*

Başvuru tarihi: 26 Nisan 2024

Düzeltilme tarihi: 13 Mayıs 2024

Kabul tarihi: 31 Mayıs 2024

Anahtar Kelimeler:

Finansal gelişme

Teknolojik yenilik

Ekolojik ayak izi

Panel eş bütünleşme analizi

## ARTICLE INFO

*Article history:*

Received: April 26, 2024

Received in revised form: May 13, 2024

Accepted: May 31, 2024

Keywords:

Financial development

Technological innovation

Ecological footprint

Panel cointegration analysis

## ÖZ

Bu çalışmada E7 ülkelerinde finansal gelişme, teknolojik yenilik ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda E7 ülkelerinin 1990-2019 dönemi için yıllık verileri kullanılarak LM bootstrap panel eşbütünleşme testi ve panel AMG tahmincisi yöntemleri ile analiz yapılmıştır. Eşbütünleşme test sonuçları değişkenler arasında uzun dönemde bir ilişki olduğunu göstermektedir. Panel AMG tahmincisi sonucunda panel düzeyinde elde edilen bulgular, yenilenebilir enerjinin, fosil enerjinin ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini pozitif etkilediğini (artırdığını) diğer değişkenlerin ekolojik ayak izini etkilemediğini ortaya koymaktadır. Panel AMG'nin ülkeler için ayrı ayrı elde edilen bulguları ise yenilenebilir enerjinin, fosil enerjinin ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerinde genellikle pozitif bir etki yarattığına, finansal gelişmenin ve teknolojik yeniliğin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerinin ülkeler açısından farklılık gösterdiğine ilişkin kanıtlar sunmaktadır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar çerçevesinde, çevreye duyarlı teknolojik projelerin, finansman kaynaklarının, enerji kaynaklarının ve ekonomik faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemli olduğu söylenebilir.

## ABSTRACT

This study aims to investigate the nexus among financial development, technological innovation and ecological footprint in E7 countries. In this context, analysis was made with LM bootstrap panel cointegration test and panel AMG estimator methods using annual data of E7 countries for the period 1990-2019. Cointegration test results show that there is a long-term relationship between the variables. As a result of the Panel AMG estimator, the data obtained at the panel level revealed that renewable energy, fossil energy and economic growth positively affects (increases) the ecological footprint and other variables do not affect the ecological footprint. Panel AMG's findings obtained separately for countries provide evidence that renewable energy, fossil energy and economic growth generally has a positive effect on the ecological footprint, and that the effects of financial development and technological innovation on the ecological footprint vary across countries. The results of study are evaluated, it can be said that eco-friendly technological projects, financial resources, energy resources and economic activities are important in ensuring environmental sustainability.

## 1. Giriş

Küreselleşmeye ve nüfus artışına paralel olarak, ekonomik büyümeyi sağlamak için yapılan üretim faaliyetleri, sınırlı doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırarak dünyayı tehdit

eden çevre sorunlarına yol açmıştır. Doğanın dengesini bozan üretim ve tüketim sürecinin neden olduğu sera etkisi, ozon tabakasının incilmesi, su ve toprak kirliliği gibi dünyayı tehdit eden sorunlar dünyanın geleceği konusunda

\* Sorumlu yazar/Corresponding author.

e-posta: [arzuoz@kmu.edu.tr](mailto:arzuoz@kmu.edu.tr)

Atf/Cite as: Akgün, E. & Özmerdivanlı, A.. (2024). Finansal Gelişme, Teknolojik Yenilik ve Ekolojik Ayak İzi Arasındaki İlişki: E7 Ülkeleri Örneği. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 9(1), 150-165.

This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors.

önlemler alınmasını gerekli kılmıştır (Özsoy ve Dinç, 2016). Doğal kaynakların sınırsız kullanımı ve küresel ısınmanın olumsuz etkilerine paralel olarak meydana gelen iklim değişikliği ve çevre kirliliği sorunlarının önemli boyutlara ulaşması, dünya çapındaki araştırmacıların, politika yapımcıların ve ekonomistlerin dikkatlerini bu alana yöneltmesine neden olmuştur.

Sınırlı olan doğal kaynakların rasyonel kullanımı ile gelecek nesillere uygun bir ekolojik ortam sağlamak insanlığın odak noktası haline gelmiştir. “Sürdürülebilirlik” tam bu noktada sıkça ifade edilen bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır. İlk olarak 1980 tarihli “Dünya Koruma Stratejisi” (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources [IUCN], 1980) raporunda telaffuz edilen sürdürülebilirlik, 1987 yılında Brundtland Raporu olarak da anılan, “Ortak Geleceğimiz” (World Commission on Environment and Development [WCED], 1987) başlıklı rapora popülerleşmiştir (Aşıcı ve Acar, 2013). 1972 Stockholm İnsan Çevresi Konferansında büyüme ile ilişkilendirilen (Özsoy ve Dinç, 2016) sürdürülebilirliğin ön koşulu, doğal kaynaklar üzerindeki baskının boyutlarının ve hangi etmenlerden kaynaklandığının ortaya konmasıdır (World Wide Fund for Nature [WWF], 2012). Sürdürülebilirliği hesaplamak için kullanılan göstergelerden en kapsamlı olan ekolojik ayak izi son yıllarda büyük önem kazanmaya başlamıştır. Ekolojik ayak izi, finansal gelişme ile birlikte sürdürülebilir kalkınmaya dair bilincin oluşturulmasında büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda iklimsel sürdürülebilirliği ölçmede de kullanılan göstergelerden biri olup doğal kaynakların aşırı ve bilinçsizce tüketimine dair önemli bir çerçeve sunmaktadır. Ekolojik ayak izinin genişliği ve derinliği, çevreye duyarlı kaynakların kullanım derecesine ve bu kullanım derecesinin yeşil bir ekonomi üzerindeki etkisine ilişkin önemli fikirler vermektedir (Özkan ve Çoban, 2022).

Ekolojik ayak izi, sürdürülebilir bir çevreye ulaşmada, insanın hayatta kalması için en önemli dünya olgusu olarak ifade edilse de dünyanın toplam üretim kapasitesine karşılık sürekli olarak artmaktadır. Bununla birlikte dünya insanların yaklaşık %80’i çevresel problemlerle karşı karşıya olan ülkelerde yaşamakta ve bu oran son elli yılda yaklaşık %190 civarında artmaktadır (Huang vd., 2022). Dünyanın dört bir yanındaki ekonomiler, iklim değişikliğine, gıda kıtlığına, kaynak tükenmesine ve çevresel bozulmaya yol açabilecek ekolojik sorunlarla mücadele etmektedir (Kihombo vd., 2021). Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerde artan ekonomik büyüme ile birlikte E7 ve G7 ülkeleri küresel zenginliğin yaklaşık %58’ini elinde bulundurmakta ve çevresel bozulmada büyük rol oynamaktadır. Özellikle E7 ülkeleri teknolojik altyapılarını, enerji modellerini, ekonomik büyümelerini geliştirmekte ve insan sermayelerine daha fazla odaklanmaktadır. Bu durum E7 ülkelerinde enerji kaynaklarına olan talebi ve kullanımı artırmaktadır (Huang vd., 2022). Artan enerji talebi ile birlikte E7 ekonomilerinin 2016 – 2050 yılları arasında yıllık ortalama %3,5 oranında büyüyeceği ve yılda %2,6

oranında artmaya devam edeceği beklenen çevre kirliliğine, söz konusu ülkelerin katkı sağlayacağı öngörülmektedir (PWC, 2017). Bu nedenle büyümeye, finansal gelişmeye ve teknolojik olarak ilerlemeye açık olan, söz konusu dinamikleri gerçekleştirmek için yüksek oranda enerjiye ihtiyaç duyan ve bunlara bağlı olarak çevresel bozulma açısından çeşitli risklerle karşı karşıya olan E7 ülkelerinde ekolojik ayak izinin incelenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda çalışmada sürdürülebilir kalkınma kapsamında finansal gelişme ve teknolojik yenilik gibi iki önemli değişkenin, çevresel zararın önemli ölçüm yöntemlerinden biri olan ekolojik ayak izi üzerindeki olası etkisinin E7 ülkelerinde incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında 1990-2019 dönemi için E7 ülkelerine ait yıllık veriler üzerinden panel eş bütünleşme ve panel AMG analizi uygulanarak bir araştırma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın literatüre farklı şekillerde katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Literatürde E7 ülkelerinde ekolojik ayak izini inceleyen çalışmalar yeterli düzeyde olmadığından, çalışmanın örneklem olarak E7 ülkelerinin kullanılması önemli bir katkı olabilir. Bununla birlikte literatürde çevresel bozulma genellikle CO2 emisyonu ile temsil edilmekte olup bu çalışmada çevresel bozulmanın göstergesi olarak daha kapsamlı bir değişken olan ekolojik ayak izinin kullanılması diğer bir katkı olabilir. Ayrıca literatürde ekolojik ayak izi ile ekonomik büyüme, finansal gelişme ve enerji kullanımı gibi değişkenler arasındaki ilişkiyi araştıran çok sayıda çalışma olmasına rağmen teknolojik yenilik ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışma sayısının yeterli olmaması ve bu çalışmada teknolojik yenilik kavramının modele dahil edilmesi önemli bir katkı olabilir. Son olarak literatürde yapılan analizler genellikle ülke gruplarının tamamı için bulgular sunarken, bu çalışmada yapılan analizlerin hem ülkelerin bütünü hem de ülke bazında ayrı ayrı bulgular sunması diğer bir katkı olarak ifade edilebilir.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Girişin ardından gelen ikinci bölümde kavramsal çerçeveye yer verilmiş, üçüncü bölümde literatür incelenmiş, dördüncü bölümde çalışma kapsamında kullanılan veriler ele alınmış, beşinci bölümde kullanılan analiz yöntemi tanıtılmış, altıncı bölümde bulgular sunulmuş ve yedinci bölümde sonuç ve genel değerlendirme ile çalışma tamamlanmıştır.

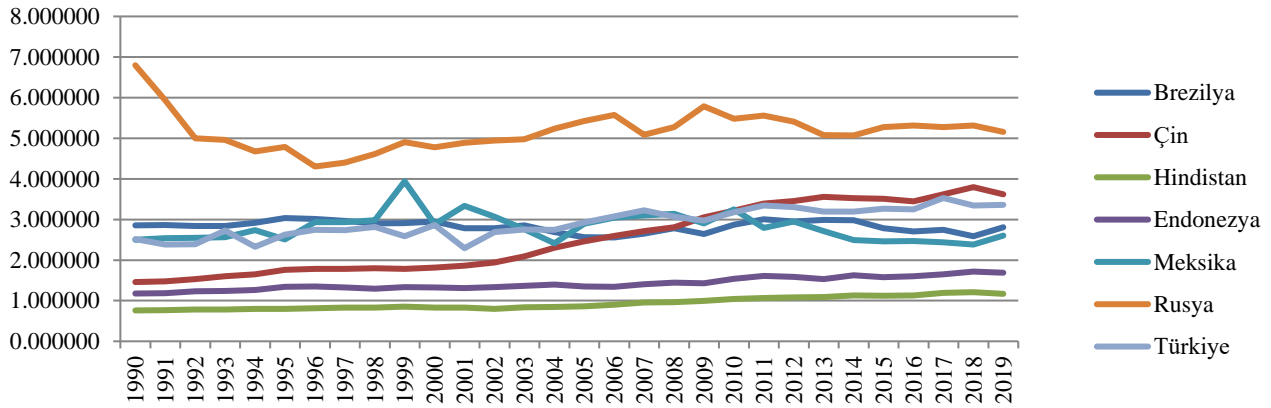
## 2. Kavramsal Çerçeve

Çevre kirliliğini ölçmek için kullanılan en kapsamlı gösterge olan ekolojik ayak izi; bir bireyin, topluluğun ya da faaliyetin tükettiği kaynakları mevcut teknoloji ve kaynaklarla üretmek ve oluşturduğu atıkları bertaraf etmek için gerekli olan verimli toprak ve su alanını ifade etmektedir (WWF, 2012). Toprak ve su alanlarının biyolojik açıdan üretken olması oldukça önemlidir. Nitekim bu üretken alanlar bölgenin ya da ülkenin biyolojik kapasitesini ifade etmektedir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde yer alan ekosistemler ve her bölgede değişebilen biyolojik açıdan verimli olan alanlar küresel hektar hesaplamaları ile

belirlenebilmektedir (Wackernagel vd., 2002: 9266). Çevre üzerindeki baskının ölçüsü olan ekolojik ayak izi, faydalanılan doğal hizmetlerin dar tanımı çerçevesinde, çevresel sürdürülebilirliği ölçen bir göstergedir. Ekolojik ayak izi, dünya genelinde geniş bir ölçekte çevre dostu getirilmesiyle hesaplanmaktadır (Reyhan, 2014). Mathis Wackernagel ve William Rees'in 1990'lı yılların başında geliştirdiği bu kavram; hayvancılık, tarım, orman ve balıkçılık ürünlerini içine alan doğal kaynakların üretimi, üzerine altyapı kurulacak alan ve CO2 emilimi gibi talepleri

karşılama için gerekli üretken biyolojik alan cinsinden tanımlanmaktadır (WWF, 2012). Sürdürülebilir kalkınmanın en önemli göstergesi olan ekolojik ayak izi, kaynakların yönetilmesi bakımından büyük öneme sahiptir. Bununla birlikte insanların çevreye dair tutum ve davranışlarının ölçülmesinde kullanılan önemli bir gösterge olarak çevre bilinci ve farkındalığının artmasında yol gösterici bir rol oynamaktadır. E7 ülkelerinde ekolojik ayak izi düzeyinin 1990-2019 dönemine ilişkin gelişim seyri Grafik 1'de yer almaktadır.

**Grafik 1.** E7 Ülkelerinin 1990-2019 Dönemine İlişkin Ekolojik Ayak İzi Düzeyleri

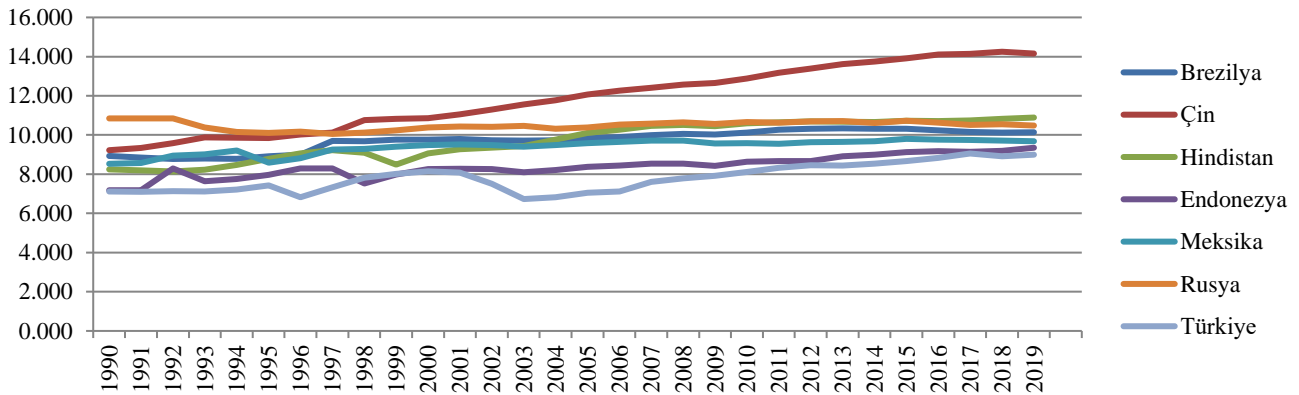


**Kaynak:** Küresel Ayak İzi Ağı (<https://www.footprintnetwork.org/>)

Grafik 1 incelendiğinde 1990-2019 döneminde ekolojik ayak izinin en yüksek değeri Rusya'da, en düşük değeri ise Hindistan'da aldığı görülmektedir. Bununla birlikte 2008 yılına kadar son üçte yer alan Çin, 2008 yılından sonra ekolojik ayak izini artırarak ülkeler içerisinde ikinci sıraya yükselmiştir. Brezilya, Meksika ve Türkiye'ye ait ekolojik ayak izi değeri birbirine yakın düzeylerde gerçekleşirken, Endonezya'da ekolojik ayak izi daha düşük görünmektedir. 2019 yılı açısından çevresel kirlenmenin en çok olduğu ülkeden en az olduğu ülkeye doğru sıralama Rusya, Çin, Türkiye, Brezilya, Meksika, Endonezya ve Hindistan şeklinde gerçekleşmiştir.

Üretim ve yatırım faaliyetlerindeki artış, enerji kaynaklarına olan ihtiyacı ve bağımlılığı artırmaktadır. Bu kaynakların yoğun kullanımı ile açığa çıkan karbon emisyonu çevre kirliliğine, bunun sonucu olarak da iklim değişikliğine yol açmaktadır. İklim değişikliği, teknolojik gelişmeler sonucu düşük karbon emisyonlu bir sürdürülebilir ekonomik büyüme sağlanmasını gerekli kılmaktadır. Genel anlamda inovasyonun, ülkeler arasında çevre kirliliği sorununun çözülmesinde ve kalkınmayı sağlamada etkin bir yol olduğu düşünülmektedir (Lai vd., 2017). Teknolojik inovasyon ise fosil enerji tüketiminden sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçişi kolaylaştırmada etkin bir rol oynamaktadır (Copeland ve Taylor, 2004). Ekonomik büyümenin temel belirleyicilerinden biri olan teknoloji, üretim sürecinde kaynakların bir araya getirilme biçimidir. İleri seviyedeki

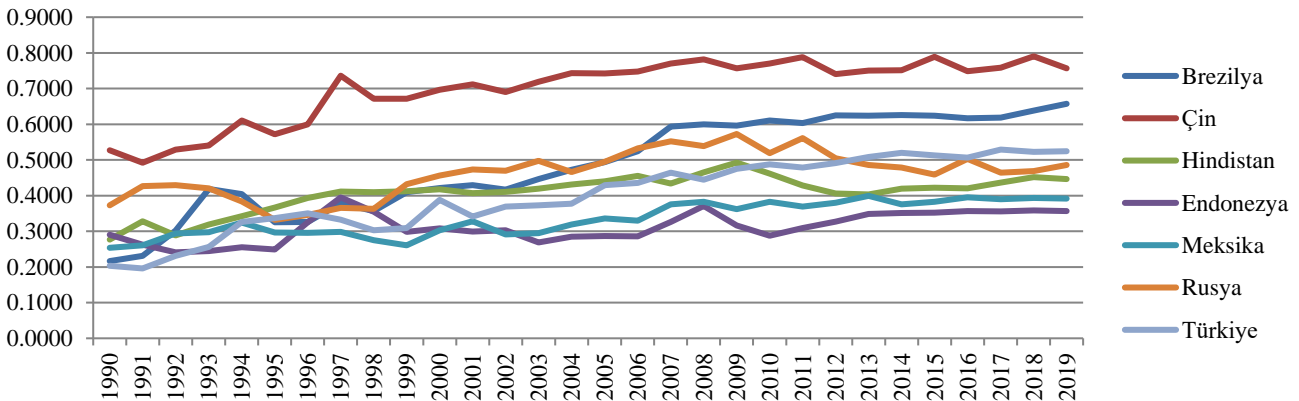
üretim teknikleri, bilimsel buluş ve yenilikler teknolojik ilerlemeyi de beraberinde getirmektedir. Teknolojik yenilikler sayesinde daha fazla miktardaki üretim, daha az miktarda kaynakla yapılabilmektedir. Kullanılan yeni üretim yöntemleri, çevre sorunlarının azalmasına katkıda bulunmakta ve doğal kaynaklara bağımlılığı azaltmaktadır. Ancak teknolojinin bu avantajlarından faydalanabilme kapasitesi gelişmiş ülkelerle, gelişmekte olan ülkeler açısından farklılıklar göstermektedir. Ülkeler arasında çevre standartlarının ve maliyetlerinin farklı olması, kirliliğe neden olan endüstri faaliyetlerinin sıkı çevresel düzenlemelerinin olduğu ülkelere daha esnek düzenlemelere sahip ülkelere yönelmesine neden olabilmektedir (Karluk, 2009: 298). Bu durumda gelişmiş ülkelerde teknolojik yenilik çevresel kaliteyi artırabilmekte, gelişmekte olan ülkelere ise çevresel sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkileyebilmektedir. E7 ülkelerinde teknolojik yenilik düzeyinin 1990-2019 döneminde aldığı değerler Grafik 2'de sunulmaktadır.

**Grafik 2.** E7 Ülkelerinin 1990-2019 Dönemine İlişkin Teknolojik Yenilik Düzeyleri

**Kaynak:** Dünya Bankası (<https://data.worldbank.org/>)

Grafik 2 1990-2019 döneminde E7 ülkelerine ait teknolojik yenilik düzeyinin genel olarak artış eğilimi içerisinde olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte söz konusu dönem içerisinde Çin'in büyük bir gelişme kaydederek birinci sırayı aldığı, Hindistan'ın hızlı bir büyüme göstererek ikinci sırayı aldığı, Rusya'nın 90'ların başında yüksek olan teknoloji seviyesini dönemin sonunda kaybederek üçüncü sıraya yerleştiği, Rusya'yı sırasıyla Brezilya, Meksika, Endonezya ve Türkiye'nin izlediği söylenebilir.

Finansal gelişme, finansman maliyetlerini düşürerek yatırım ve üretim faaliyetlerini artırmakta, bunun sonucu olarak ekonomik büyüme artışı sağlamaktadır. Ekonomik büyüme daha fazla enerji tüketimi ile gerçekleşmektedir. Dolayısıyla finansal gelişme CO<sub>2</sub> emisyonunu artırmıştır olmaktadır (Danish vd., 2018). Bu olumsuz etkisinin yanı sıra finansal gelişmenin; daha ileri teknolojilere yatırım yapılmasına, dolayısıyla enerjinin daha verimli kullanılmasına, bu sayede çevresel bozulmanın azalmasına önemli katkılarda bulunacağına dair görüşler de mevcuttur (Zhang, 2011).

**Grafik 3.** E7 Ülkelerinin 1990-2019 Dönemine İlişkin Finansal Gelişme Düzeyleri

**Kaynak:** IMF (<https://data.imf.org/>)

Grafik 3 incelendiğinde 1990-2019 döneminde E7 ülkeleri içerisinde finansal gelişme açısından en başarılı ülkenin Çin,

Finansal gelişme, sürdürülebilir büyüme (Gabriel ve Rosenthal, 2013) ve finansal verimlilik (Taylor vd., 2003) açısından önem arz etmektedir. Finansal gelişme tasarrufların yatırıma dönüşmesini sağlamakta, bilgi paylaşımını özendirilmekte, kaynak tahsisini iyileştirerek çeşitlendirmeyi ve risk yönetimini kolaylaştırmaktadır (Özkan ve Çoban, 2022). Bununla birlikte finans sektöründeki gelişme, daha çok kamu sektörü eliyle çevrenin korunmasına yönelik proje ve faaliyetlerin daha düşük maliyetle finansmanını kolaylaştırarak çevresel performansı olumlu yönde etkileyebilmektedir. Hatta kamu sektörü ile birlikte özel firmaların da gerekli çevre koruma faaliyetlerine yatırım yapması kolaylaşabilmektedir. Daha iyi yönetilen firmalar çevre ile ilgili hususları daha istekli bir biçimde dikkate aldıklarından, iyileştirilmiş yönetim aracılığıyla finansal sektörün gelişimi çevresel performansın daha yüksek olmasını teşvik edebilmektedir (Tamazian vd., 2009; Claessens ve Feijen, 2007). E7 ülkelerinde 1990-2019 dönemine ilişkin finansal gelişme verileri Grafik 3'te gösterilmektedir.

seviyesi en düşük olan ülkenin ise Endonezya olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Brezilya ve Türkiye'nin

hızlı bir gelişme göstererek dönemin sonunda sırasıyla ikinci ve üçüncü sıralara yükseldiği, Rusya'nın dönemin başındaki sırasını kaybederek dördüncü sıraya düştüğü, Rusya'yı sırasıyla Meksika ve Endonezya'nın izlediği söylenebilir.

### 3. Literatür Araştırması

Çevresel bozulmanın temel göstergesi olan CO<sub>2</sub> emisyonu ile birlikte CO<sub>2</sub> emisyonunu da içeren ekolojik ayak izi belirleyicilerine ilişkin oldukça kapsamlı ve güncel bir literatür mevcuttur. Finansal gelişme, teknolojik yenilik ve ekolojik ayak izi değişkenleri arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmaya ışık tutması bakımından bu değişkenleri tek tek ve bir arada ele alan çalışmaları içeren bir literatür taramasına yer verilmiştir.

Finansal gelişme ve teknolojik yenilik belirleyicilerini içeren çalışmasıyla Doğan (2023), Türkiye için finansal gelişme, teknolojik inovasyon ve ekolojik ayak izi arasında pozitif bir ilişkinin olduğuna yönelik kanıtlara ulaşmıştır. Mishra ve Dash (2022), Jahanger vd. (2022), Idrees ve Majeed (2022), Dada vd. (2022), Nathaniel (2021), Mehraein vd. (2021), Kihombo vd. (2021) ve Majeed ve Mazhar (2019) ekolojik ayak izi ile finansal gelişme ilişkisini farklı ülke grupları için farklı yıllar aralığında analiz etmiştir. 5 Güney Asya Ülkesi verileriyle çalışan Mishra ve Dash (2022) ile 131 ülke ile çalışan Majeed ve Mazhar (2019), finansal gelişmedeki artışın ekolojik ayak izini azaltarak çevre kalitesinin iyileşmesine önemli ölçüde katkıda bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır. Idrees ve Majeed (2022), Nathaniel (2021), Mehraein vd. (2021) ile Kihombo vd.'ye (2021) ait çalışmalardan elde edilen bulgulara göre ise finansal gelişme ekolojik ayak izini artırmaktadır. Öte yandan 73 gelişmekte olan ülke verilerini kullanarak çalışma yapan Jahanger vd. (2022), genel olarak Asya ülkeleri için finansal gelişmenin ekolojik ayak izini azalttığını gözlemlerken Afrika, Latin Amerika ve Karayip ülkeleri için aynı sonuca ulaşamamıştır. Benzer şekilde Dada vd. (2022) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları Malezya'da finansal gelişmenin kısa dönemde çevresel kaliteyi olumlu etkilediğini, uzun dönemde ise çevresel kaliteyi olumsuz etkilediğini göstermektedir. Pata ve Yılcı (2020), Yasin vd. (2020) ve Godil vd. (2021) çalışmalarına finansal gelişme, enerji tüketimi, ekonomik büyüme, kentleşme, ticari açıklık, ulaşım hizmetleri gibi ekonomik göstergeleri dahil etmişlerdir. G7 ülke grubuyla çalışan Pata ve Yılcı (2020), finansal gelişmenin Japonya'da uzun dönemde ekolojik ayak izini azalttığı, Japonya ve Birleşik Krallıkta finansal gelişimin ekonomik ayak izine neden olduğu sonucuna ulaşmıştır. Yasin vd.'ye (2020) göre finansal kalkınma yalnızca az gelişmiş ülkelerde doğaya olan insan talebini azaltmakta, Godil vd.'ye (2021) göre Pakistan'da finansal gelişme ile ekolojik ayak izi arasında 1980-2018 dönemi için negatif bir korelasyon bulunmaktadır. Uddin vd. (2017), 1991-2012 döneminde dünya genelindeki ekolojik ayak izi verilerini kullanarak finansal gelişmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini tahmin etmiştir. Çeşitli analiz yöntemleri

kullanarak elde ettiği sonuçlara göre finansal gelişmenin ekolojik ayak izini azalttığını gözlemlemiştir. 1971-2014 yılları arasında Malezya için küreselleşme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiye odaklanan çalışmasıyla Ahmed vd. (2019), küreselleşmenin ekolojik ayak izinin önemli bir belirleyicisi olmadığı, buna karşın finansal gelişmenin ekolojik ayak izini azalttığı bulgularına ulaşmıştır. Ben Youssef vd. (2018) ve Dada vd. (2021) çalışmalarında sürdürülebilirliğin sağlanmasında teknolojik inovasyonun kritik rol oynadığına işaret etmiştir. Aynı şekilde İbrahim'e (2020) göre de inovasyon, alternatif enerji kaynaklarıyla birlikte çevre kalitesini artırmakta, buna karşın finansal gelişme çevre kalitesini kötüleştirmektedir.

Destek ve Manga (2021) gelişmekte olan büyük ülkelerde teknolojik inovasyonun ekolojik ayak izi ve karbon emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmanın bulguları, gelişmekte olan ülkelere teknolojik inovasyonun CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmasına rağmen, ekolojik ayak izini azaltmadığını göstermiştir. Song vd. (2019) çalışmasında, teknolojik inovasyonun doğal kaynakları verimli kullanarak sürdürülebilir büyümeye katkıda bulunabileceğini öne sürmüştür. Doğal kaynaklar ve teknolojik yeniliklerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini geliştirmekte olan 22 ülke için araştıran Ahmad vd. (2020), teknolojik yeniliklerin çevresel bozulmayı azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Ramzan vd. (2023), 1980-2019 dönemi için dünyanın en yeşil 10 ekonomisinde yeşil inovasyon, teknolojik inovasyon, finansal derinlik endeksi, bilgi iletişim teknolojisi ve GSYH gibi değişkenler ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Analiz sonuçları finansal derinlik katsayısı için negatif bir işaret gösterirken, çevreyle ilgili teknolojilerin atık bertarafı gibi yeni çevresel tesislerin inşası için kritik öneme sahip olduğunu göstermiştir. Hussain ve Doğan (2021), yatay kesit otoregresif artırılmış dağılım gecikme modelini kullanarak BRICS ülkelerinde 1992-2016 yılları arasında çevreyle ilgili teknolojilerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini incelemiş, bu ülkelerin ekolojik ayak izini azaltmak için çevre ile ilgili teknolojilere yatırımı teşvik etmesi gerektiğini tespit etmiştir. 14 gelişmekte olan Avrupa Birliği ekonomisi örneğinde teknolojik yeniliklerin, finansal gelişmenin, yenilenebilir ve yenilenebilir enerjinin ve DYY girişlerinin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini inceleyen çalışmasıyla Wang vd. (2023), bu ülkelerin 1995-2020 yılları arasındaki panel verilerini kullanmıştır. Panel AMG ve CCEMG tahmincileri sonucunda elde edilen bulgulara göre yenilenebilir enerji ve teknolojik yenilikler çevresel bozulma düzeyini azaltırken, finansal kalkınma, yenilenebilir enerji kullanımı ve doğrudan yabancı yatırımlar uzun vadede çevresel bozulmanın artmasına katkıda bulunmaktadır. Chu (2022), 20 OECD ülkesi için 1990-2015 dönemi için ekolojik ayak izinin belirleyicilerini tahmin etmiştir. Bulgular, çevreyle ilgili teknolojilerin ve yenilenebilir enerji tüketiminin, sürdürülebilir kalkınmanın itici güçleri olduğunu ortaya koymuştur. BRICS-T ekonomilerinde teknolojik inovasyonun etkisini araştıran ilk literatür olduğu vurgusuyla Zhao vd. (2023), BRICS-T ülkelerinde doğal kaynaklar ve borsa gelişimi ile birlikte

teknolojik yeniliklerin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini 1990-2019 yıllarını kapsayan veriler üzerinden ikinci nesil tekniklerle araştırmıştır. Regresyon sonuçları doğal kaynakların ekolojik kalitenin azalmasına katkıda bulunduğunu, yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kaliteyi artırdığını göstermiştir. Buna ek olarak dünya nüfusunun yaklaşık %43'ünü temsil eden BRICTS-T ülkelerinde teknolojik inovasyonun ekolojik sürdürülebilirlik üzerinde önemli bir etkisi olmadığı kanıtlarına ulaşılmıştır.

Yasmeen vd. (2023), Kardeşler (2022), Chen vd. (2022), Saqib vd. (2022), Huang vd. (2022), Gyamfi vd. (2022), Danish vd. (2020), Sharif vd. (2021), Bekun vd. (2021), Usman ve Hammar (2020), Zafar vd. (2019) ekolojik ayak izini; ekonomik büyüme, enerji tüketimi, küreselleşme, endüstriyel robotlar, kentleşme, güneş enerjisi gibi öne çıkan ekonomik göstergeler üzerinden analiz etmiş ve farklı bulgulara ulaşmıştır. Kardeşler'a (2022) ait çalışma bulgularına göre enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ekolojik ayak izini artırmaktadır. Buna karşın Chen vd. (2022), Danish vd. (2020), Sharif vd. (2021), Zafar vd.'ye (2019) ait (2019) çalışma bulgularının hepsinde karşılaştırılan ekonomik göstergelerin ekolojik ayak izini azalttığı gözlenmiştir. Saqib vd.'nin (2022) çalışması teknolojik yeniliğin ve yenilenebilir enerjinin çevresel sürdürülebilirliğe olumlu katkı yaptığını, ekonomik büyümenin ise çevresel sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkilediğine dair bulgular sunmaktadır. Huang vd. (2022) tarafından yapılan çalışma sonuçları ekonomik karmaşıklığın çevresel kirliliği artırdığını, yenilenebilir enerjinin çevresel kirliliği azalttığını göstermektedir. Usman ve Hammar'ın (2020) çalışmasında elde ettiği bulgulara göre, finansal kalkınma ve yenilenebilir enerjinin çevre kalitesini artırmakta, teknolojik yenilik ve ekonomik büyüme çevre kalitesini azaltmaktadır. Gyamfi vd.'ye (2022) ait çalışma yenilenebilir enerji tüketimine yapılan yatırımın çevre kalitesini artırdığını göstermektedir. Yasmeen vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada E7 ülkelerinde ekonomik büyümenin, ilk aşamada ekolojik ayak izini artırdığına, gelişme aşamasında ise ekolojik ayak izini azalttığına dair bulgular ortaya konulmuştur. Bekun vd.'ye (2021) ait çalışmada fosil enerji kaynaklarının çevreyi olumsuz, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise çevreyi olumlu yönde etkilediğini gösteren sonuçlar elde edilmiştir.

#### 4. Model ve Veri

Çalışmada E7 ülkelerinde (Brezilya, Çin, Meksika, Hindistan, Rusya, Endonezya ve Türkiye) finansal gelişme, teknolojik yenilik ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Ekolojik ayak izinin azaltılması ve çevresel kalitenin iyileştirilmesi için bilim adamlarının araştırmaları sonucunda öne sürülen en önemli teorilerden biri Çevresel Kuznet Eğrisi (EKC) yaklaşımıdır. EKC'ye göre, çevre ile gelir arasında ters U şeklinde bir ilişki bulunmakta ve düşük gelir seviyesi çevresel bozulmayı hızlandırmaktadır. Bu yaklaşım yüksek gelir düzeyinde gerçekleşen teknolojik ilerlemenin, gelirin çevresel bozulma

üzerindeki etkisini azaltacağını ifade etmektedir. Başka bir ifade ile inovasyonla bağlantılı teknolojik yenilik, yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi yoluyla enerji geçişine olanak sağladığı için düşük karbonlu bir ekonomiye giden yolu açabilir. Ayrıca finansal gelişme, ekolojik ayak izini ve teknolojik yenilik düzeylerini etkileyebilecek önemli bir faktördür. Finansal gelişme yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketimini azaltabilecek teknolojik ilerlemeyi teşvik ederek ekolojik ayak izini azaltabilir. Bununla birlikte finansal kuruluşların kredi vermesi, enerji kullanımını, arazi kullanımını ve atık üretimini yoğunlaştırabilecek işletmelerin genişlemesini; bireylerin finansal ihtiyaçlarının desteklenmesini, insanların satın alma gücünün artmasını ve kaynak tüketimini yoğunlaşmasını sağlayarak daha yüksek ekolojik ayak izine yol açabilir (Kihombo vd. 2021). EKC yaklaşımı ve literatürde yapılan bazı çalışmalar (Wang vd., 2023; Kihombo vd., 2021; Usman ve Hammar vd., 2020) dikkate alınarak çalışmanın modeli Eşitlik 1'deki gibi gösterilebilir.

$$EA_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 TY_{it} + \beta_2 FG_{it} + \beta_3 GSYH_{it} + \beta_4 YE_{it} + \beta_5 FE_{it} + u_{it} \quad i = 1, 2 \dots 7 \quad t = 1, 2, \dots 30 \quad (1)$$

Eşitlik 1'de yer alan EA ekolojik ayak izini, TY teknolojik yeniliği, FG finansal gelişmeyi, GSYH ekonomik büyümeyi, YE yenilenebilir enerjiyi, FE yenilenemeyen fosil enerjiyi,  $\alpha_{it}$  sabit terimi ve  $u_{it}$  hata terimini göstermektedir. Yatay kesit olarak 7 ülkenin ve zaman serisi olarak 30 yıllık verinin kullanıldığı çalışmada dengeli panel veri seti kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler Tablo 1'de sunulmaktadır.

**Tablo1.** Değişkenler ile İlgili Bilgiler

Değişkenler	Açıklaması	Kısaltması	Kaynak
Teknolojik Yenilik	Yerleşiklerin ve yerleşik olmayanların patent başvuru sayısı	TY	Dünya Bankası
Ekonomik Büyüme	Kişi başına GSYH	GSYH	
Yenilenebilir Enerji	Kişi başına yenilenebilir enerji	YE	Our World in Data
Yenilenemeyen (fosil) Enerji	Kişi başına fosil enerji	FE	
Finansal Gelişme	Finansal gelişme endeksi	FG	IMF
Ekolojik Ayak İzi	Kişi başına ekolojik ayak izi	EA	Küresel Ayak İzi Ağı

Çalışma kapsamında kullanılan değişkenler, araştırma dönemi ve örneklem grubu, verilerin elde edilebilirliği ve konu ile ilgili literatür (Wang vd., 2023; Kihombo vd., 2021; Usman ve Hammar vd., 2020) göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de yer almaktadır.

**Tablo 2.** Tanımlayıcı İstatistikler

	Ort.	St. Sap.	Çarp.	Bas.	Jarque-Bera	Olas.
TY	2,25	0,15	0,20	3,37	2,67	0,26
FG	0,44	0,14	0,78	2,87	21,61	0,00
GSYH	8,03	1,08	-0,51	2,17	14,96	0,00
YE	3,06	0,51	-0,16	1,79	13,66	0,00
FE	4,05	0,35	0,33	2,42	6,63	0,04
EA	2,66	1,32	0,67	2,98	15,54	0,00

Tanımlayıcı istatistiklere göre (Tablo 2) ortalaması en yüksek değişken GSYH iken, ortalaması en düşük değişken ise FG olmuştur. Bununla birlikte standart sapma açısından en yüksek değeri EA, en düşük değeri ise FG almıştır. Serilerin normal dağıldığını ifade eden sıfır hipotezi TY için kabul edilebilirken ( $p>0,05$ ) diğer değişkenler için reddedilmektedir ( $p<0,05$ ).

## 5. Yöntem

Panel biçiminde oluşturulan veri setlerinin analizlerinde hangi yöntemin kullanılacağına karar vermek için yatay kesit bağımlılık, birim kök ve homojenlik testleri gibi ön testlerin yapılması ve elde edilen bulgulara uygun panel eş bütünleşme ve panel nedensellik testlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında öncelikle yatay kesit bağımlılık, birim kök ve homojenlik testleri incelenmiş daha sonra LM bootstrap panel eşbütünleşme ve panel AMG testleri üzerinde durulmuştur.

### 5.1. Yatay Kesit Bağımlılık ve Homojenlik Testleri

Klasik bir panel veri modelinde hata terimlerinin birbirinden bağımsız ve özdeş dağıldığı varsayılmakla birlikte (De Hoyos ve Saraidis, 2006: 484) yatay kesitler (ülkeler, firmalar vb.) arasındaki politik, finansal, sosyal ve ekonomik ilişkiler nedeniyle hata terimleri arasında korelasyon meydana gelebilmektedir. Panel veri analizinde güvenilir ve tutarlı sonuçlar elde edilmesi açısından yatay kesit bağımlılığının incelenmesi hayati öneme sahiptir (Wang vd., 2023: 142).

Panel veriyi oluşturan yatay kesitler arasında korelasyon olup olmadığı çeşitli testler ile araştırılabilmektedir. Bu testler arasında Breusch ve Pagan (1980) ve Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen yatay kesit bağımlılık testleri yer almaktadır. Breusch ve Pagan (1980), tarafından geliştirilen LM testi Eşitlik 2'deki gibi gösterilebilir (De Hoyos ve Saraidis, 2006: 485).

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

Eşitlik 2'de  $\hat{\rho}$  hata terimleri arasındaki korelasyon katsayısını, T zaman serisini ve N yatay kesit sayısını göstermektedir. LM testi, yatay kesit bağımlılığı olmadığı sıfır hipotezi altında N sabit ve  $T \rightarrow \infty$  iken,  $N(N-1)/2$  serbestlik derecesi ile asimptotik ki kare dağılımı göstermektedir. Yatay kesit sayısının büyük, zaman

serisinin küçük olduğu durumlarda sapma gösteren LM testinin bu eksikliği Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen  $LM_{adj}$  testi ile giderilmektedir.  $LM_{adj}$  testi Eşitlik 3'te yer almaktadır (Pesaran vd., 2008: 108):

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\rho_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\vartheta_{Tij}} \quad (3)$$

Eşitlik 3'te k açıklayıcı değişken sayısını,  $\mu_{Tij}$ ,  $\vartheta_{Tij}$  ise sırasıyla  $(T-k)\rho_{ij}^2$ 'nin tam ortalama ve varyansını göstermektedir (Pesaran vd., 2008: 108).

Yatay kesit bağımlılık testlerinden sonra yapılması gereken ön testlerden biri de eğim katsayılarının homojen olup olmadığını araştıran testlerdir. Eğim katsayılarının homojenliğinin tespit edilmesinde Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Delta ve  $Delta_{adj}$  testleri kullanılmıştır. Bu testler Swamy (1970) tarafından geliştirilen homojenlik testinin panel veri modelleri için standartlaştırılmasıyla oluşturulmuştur. Delta ( $\Delta$ ) ve  $Delta_{adj}$  ( $\Delta_{adj}$ ) testleri Eşitlik 4 ve Eşitlik 5'teki gibi formüle edilebilir (Pesaran ve Yamagata, 2008: 57):

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}\tilde{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (4)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}\tilde{S} - E(\tilde{z}_{iT})}{\sqrt{Var(\tilde{z}_{iT})}} \right) \quad (5)$$

Eğim katsayılarının homojen olduğunu ifade eden sıfır hipotezi altında  $\Delta$  testi büyük örneklem,  $\Delta_{adj}$  testi ise küçük örneklem için önerilmektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008: 57).

### 5.2. CIPS Panel Birim Kök Testi

Genel olarak panel birim kök testleri iki sınıfa ayrılabilir. Birinci nesil panel birim kök testleri yatay kesit birimlerinin bağımsız olduğunu varsaymaktadır. Ancak ikinci nesil testler bu hipotezi reddetmekte ve yatay kesit bağımlılığını dikkate almaktadır. Bu çalışmada yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testlerinden CIPS (Cross Sectional Augmented IPS) testi kullanılmıştır. CIPS testi Pesaran (2007) tarafından geliştirilmiş olup sıfır hipotezi yatay kesitler arasında korelasyon olmadığını ifade etmektedir. Pesaran (2007) birim kökün varlığını araştırmak için, birimlere ait serilerin gecikmeli seviyelerinin ve ilk farklarının yatay kesit ortalamasını getirerek Dickey-Fuller veya Genişletilmiş Dickey-Fuller modelini genişletmeyi önermektedir. CIPS Eşitlik 6'daki gibi gösterilebilir (Shahbaz vd. 2014: 189):

$$CIPS(N, T) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (6)$$

Eşitlik 6'da yer alan  $t_i(N, T)$  i.ci yatay kesit birimine ait CADF (Cross Sectionally Augmented Dickey Fuller) istatistiğini göstermekte olup bu istatistiklerin ortalaması CIPS panel birim kök istatistiğini vermektedir (Shahbaz vd. 2014: 189).

### 5.3. LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi

Bu çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki LM bootstrap eşbütünleşme testi ile incelenmiştir. Bu test McCoskey ve Kao (1998) tarafından öne sürülen Langrance çarpanına dayalı olarak Westerlund ve Edgerton (2007) tarafından geliştirilmiştir. Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve küçük örneklerde iyi sonuçlar veren LM bootstrap eşbütünleşme testine ait sıfır hipotezi, değişkenler arasında eşbütünleşme olduğunu ifade etmektedir. LM bootstrap eşbütünleşme testi Eşitlik 7’de yer alan regresyon denklemi üzerinden elde edilmektedir (Westerlund ve Edgerton, 2007: 186):

$$\gamma_{it} = \alpha_{it} + x'_{it}\beta_{it} + z_{it} \quad (7)$$

Eşitlik 7’de t zaman serisini, i yatay kesit birimlerini,  $x_{it}$  açıklayıcı değişkeni ve  $z_{it}$  hata terimini göstermektedir.  $z_{it}$  hata terimi Eşitlik 8’deki gibi gösterilebilir (Westerlund ve Edgerton, 2007: 186):

$$z_{it} = u_{it} + v_{it}, \quad v_{it} = \sum_{j=1}^t \eta_{it} \quad (8)$$

Eşitlik 8’de  $\eta_{it}$  sıfır ortalama  $\sigma^2$  varyansa sahip bağımsız ve özdeş dağılan hata terimlerini göstermektedir. LM test istatistiği Eşitlik 9’daki gibi ifade edilebilir (Westerlund ve Edgerton, 2007: 186):

$$LM_N^+ = \frac{1}{NT^2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{\omega}_i^{-2} S_{it}^2 \quad (9)$$

Eşitlik 9’da  $\hat{\omega}_i^{-2}$  hata teriminin ( $u_{it}$ ) uzun dönemli varyansını,  $S_{it}^2$   $z_{it}$  hata teriminin kısmi toplamını belirtmektedir (Westerlund ve Edgerton, 2007: 186).

### 5.4. Panel AMG Testi

Değişkenler arasında eşbütünleşmenin olması durumunda, değişkenlerin uzun dönemli ilişkilerinin incelenmesi ve açıklayıcı değişkenlerin katsayılarının tahmin edilmesi gerekmektedir. Uzun dönem parametrelerini hesaplamak için yatay kesit bağımlılığını ve heterojenliği dikkate alan, Eberhardt ve Bond (2009) tarafından önerilen panel AMG tahmircisi kullanılmıştır. Panel AMG tahmircisi iki aşamalı olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir (Ali vd., 2023: 9)

$$1. \text{ aşama} \quad \Delta y_{it} = a_{it} + b_i \Delta x_{it} + c_i f_i + \sum_{t=2}^T \delta_i \Delta D_t + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

$$2. \text{ aşama} \quad \hat{b}_{AMG} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{b}_i \quad (11)$$

Eşitlik 10’da  $\Delta$  farkı alınmış operatörü,  $x_{it}$  ve  $y_{it}$  gözlemlenebilir değişkenleri,  $b_i$  ülkeye özgü tahmini katsayıları,  $f_i$  gözlemlenemeyen heterojen ortak faktörü,  $\delta_i$  standart dinamik süreci ve zaman kuklalarının katsayısını,  $\varepsilon_{it}$

hata terimini ve  $a_i$  sabit terimi, Eşitlik 11’de  $\hat{b}_{AMG}$  ortalama grup tahmircisini göstermektedir (Ali vd., 2023: 9).

AMG tahmircisi, hem paneli oluşturan gruplar arasındaki gözlemlenebilen ve gözlemlenemeyen faktörlerin farklılıklarını hem de zaman serisi özelliklerini de göz önünde bulundurmaktadır. AMG tahmircisi, panelde yer alan her bir ülkenin katsayılarının ortalaması kullanılarak hesaplanmaktadır. Ayrıca söz konusu test eşbütünleşme katsayılarının aritmetik ortalamasını ağırlıklandırarak tahmin yapması nedeniyle diğer katsayı tahmircilerine göre daha güçlüdür (Özcan ve Özmen, 2018: 45).

## 6. Bulgular

E7 ülkelerinde 1990-2019 dönemi için finansal gelişme, teknolojik yenilik ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkinin incelendiği çalışma bulguları bu bölümde sunulmaktadır.

Öncelikle panel veri analizlerinde kullanılacak yöntemin belirlenmesinde oldukça önemli olan ön testler yapılmıştır. Bu ön testlerden biri olan yatay kesit bağımlılık test sonuçları Tablo 3’te sunulmaktadır.

Tablo 3 incelendiğinde, sabitli ve sabitli ve trendli modellerde sıfır hipotezinin reddedildiği ve bütün değişkenlerin yatay kesit bağımlılığına sahip olduğu görülmektedir. Yatay kesit bağımlılığı altında uygulanabilen ikinci ön testlerden biri de CIPS panel birim kök testi olup bu testin sonuçlarına Tablo 4’te yer verilmiştir.

CIPS panel birim kök test sonuçlarına göre (Tablo 4), düzeyde bütün değişkenler için sabitli ve sabitli ve trendli modellerde elde edilen test istatistikleri kritik değerlerden büyük olduğu için bütün değişkenler düzeyde birim köke sahiptir. Birim kök içeren serilerin birinci farkı alınarak elde edilen sonuçlar ise test istatistiklerinin çeşitli anlamlılık düzeyinde kritik değerlerden küçük olması nedeniyle değişkenlerin birinci farkında durağan olduğunu göstermektedir. Eşitlik 1’de gösterilen bağımlı değişken olarak EA’nın, bağımsız değişkenler olarak TY, FG, YE, FE ve GSYH’nin yer aldığı çalışma modelinin yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik açısından incelenmesi, yöntemin belirlenmesi açısından gereklidir. Modele ait yatay kesit bağımlılık ve homojenlik test sonuçları Tablo 5’te sunulmaktadır.

Tablo 5 incelendiğinde testlere ait sıfır hipotezinin reddedildiği ve modelin hem yatay kesit bağımlılığına hem de heterojen bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bütün değişkenlerin birinci dereceden durağan, modelin yatay kesit açısından bağımlı ve heterojen olduğu durumda kullanılabilen LM bootstrap panel eşbütünleşme testi ile değişkenler arasındaki ilişki incelenmiş olup test sonuçları Tablo 6’da sunulmuştur.

LM bootstrap panel eşbütünleşme test sonuçları (Tablo 6), eşbütünleşmenin olduğunu ifade eden sıfır hipotezinin kabul edildiğini ve değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini göstermektedir. Değişkenler arasında var olan eşbütünleşme ilişkisinin tahmininde yatay kesit



bağımlılığını dikkate alan Panel AMG tahmincisi kullanılmıştır. Panel AMG tahmincisinin panelin tamamı için elde edilen sonuçları Tablo 7’de yer almaktadır.

Tablo 7 incelendiğinde sadece YE ve GSYH değişkenlerine ait olasılık değerlerinin %1, FE değişkeninin olasılık değerinin ise %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğu ve pozitif katsayılara sahip oldukları görülmektedir. Bununla birlikte sonuçlar TY ve FG değişkenlerine ait olasılık değerlerinin anlamlı olmadığını göstermektedir. Bu durumda YE, FE ve GSYH’de meydana gelen bir birimlik artışın EA’yı sırasıyla 1,30, 1,84 ve 0,30 kat artırdığı ve diğer değişkenlerin EA’yı etkilemediği söylenebilir. Panel

**Tablo 3.** Yatay Kesit Bağımlılık Test Sonuçları

	TY				EA				YE			
	Sabit		Sabit ve trend		Sabit		Sabit ve trend		Sabit		Sabit ve trend	
	İst.	Olas.	İst.	Olas.	İst.	Olas.	İst.	Olas.	İst.	Olas.	İst.	Olas.
LM	37,93	0,01	44,86	0,00	70,69	0,00	72,25	0,00	47,09	0,00	54,53	0,00
LM <sub>adj</sub>	55,51	0,00	52,94	0,00	62,85	0,00	60,25	0,00	63,98	0,00	60,73	0,00
	FG				GSYH				FE			
	Sabit		Sabit ve trend		Sabit		Sabit ve trend		Sabit		Sabit ve trend	
	İst.	Olas.	İst.	Olas.	İst.	Olas.	İst.	Olas.	İst.	Olas.	İst.	Olas.
LM	46,70	0,00	47,90	0,00	52,13	0,00	51,08	0,00	34,92	0,03	34,44	0,03
LM <sub>adj</sub>	51,97	0,00	49,35	0,00	48,82	0,00	47,05	0,00	66,87	0,00	63,97	0,00

**Tablo 4.** CIPS Panel Birim Kök Test Sonuçları

	Düzye		Birinci fark	
	Sabit	Sabit ve trend	Sabit	Sabit ve trend
TY	-2,38	-1,95	-4,22*	-4,40*
EA	-2,46	-2,49	-3,83*	-2,73***
FG	-2,15	-2,64	-4,24*	-4,37*
YE	-2,05	-2,56	-4,28*	-4,18*
FE	-2,40	-2,36	-	-2,74***
GSYH	-2,47	-2,66	-3,69*	-3,75*

Sabitli model için kritik değerler: -2,57 (%1\*), -2,33 (%5\*\*), -2,21 (%10\*\*\*), Sabitli ve trendli modelde kritik değerler: -3,1 (%1\*), -2,86 (%5\*\*), -2,73 (%10\*\*\*)

**Tablo 5.** Çalışmanın Modeline İlişkin Yatay Kesit ve Homojenlik Test Sonuçları

Yatay Kesit Bağımlılık Testi	Homojenlik Testi			
	İst.	Olas.	İst.	Olas.
LM	30,38	0,05**	Delta	13,09 0,00*
LM <sub>adj</sub>	2,51	0,06***	Delta <sub>adj</sub>	14,83 0,00*

\* %1, \*\* %5 ve \*\*\* %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

AMG tahmincisinin ülkeler için ayrı ayrı elde edilen sonuçları Tablo 8’de sunulmuştur.

Ülke düzeyinde elde edilen Panel AMG tahmincisine ait sonuçlar (Tablo 8) aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

*Brezilya:* TY ve FE değişkenlerine ait olasılık değeri %1, YE’ye ait olasılık değeri ise %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı, FG ve GSYH değişkenlerinin olasılık değeri ise anlamlı değildir. TY’de meydana gelen bir birimlik artış EA’yı 4,70 kat azaltmakta, YE’de ve FE’de meydana gelen bir birimlik artış EA’yı sırasıyla 2,35 ve 5,15 kat artırmakta ve FG ve GSYH ise EA’yı etkilememektedir

**Tablo 6.** LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi

	Sabit	Sabit ve trend
LM ist.	4,44	11,75
Bootstrap olas.	1,00	0,84

**Tablo 7.** Panel AMG Tahminci

Bağımlı değişken EA	Katsayı	Std. Hata	Olas.
TY	1,61	2,09	0,44
FG	0,02	0,33	0,96
YE	1,30	0,48	0,00*
FE	1,84	0,75	0,01**
GSYH	0,30	0,10	0,00*

\* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

*Çin:* FG, FE ve GSYH’nin olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı, TY’nin olasılık değeri ise %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı, YE’nin olasılık değeri ise anlamlı değildir. Bu durumda TY ve FG’de meydana gelen bir birimlik artışın EA’yı sırasıyla 1,68 ve 1,37 kat azalttığı, FE ve GSYH’de meydana gelen bir birimlik artışın ise EA’yı sırasıyla 2,06 ve 0,59 kat artırdığı ve YE’nin EA’yı etkilemediği söylenebilir.

*Hindistan:* TY’nin olasılık değerinin %5, FE’nin olasılık değerinin %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı, FG, YE ve GSYH’nin olasılık değerlerinin ise anlamlı olmadığı görülmektedir. Buna bağlı olarak TY’de meydana gelen bir

birimlik artış EA'yı 0,51 kat azaltmakta, FE'de meydana gelen bir birimlik artış EA'yı 0,99 kat artırmakta, FG, YE ve GSYH ise EA'yı etkilememektedir.

*Endonezya:* YE ve GSYH'ye ait olasılık değerleri %1, FG'ye ait olasılık değeri %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı olup FG, YE ve GSYH'de meydana gelen bir birimlik artış EA'yı sırasıyla 0,41, 0,34 ve 0,13 kat artırmaktadır. TY ve FE'ye ait olasılık değerleri ise anlamlı olmayıp EA'yı etkilememektedir.

*Meksika:* TY'nin olasılık değeri %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı, diğer değişkenlerin olasılık değerleri ise anlamlı değildir. Bu durumda TY'de meydana gelen bir birimlik artışın EA'yı 7,83 kat artırdığı diğer değişkenlerin EA'yı etkilemediği söylenebilir.

Dash (2022), Majeed ve Mazhar (2019), Jahanger vd. (2022), Pata ve Yılancı (2020), Godil vd. (2021) ve Uddin vd. (2017) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile teknolojik yeniliğin ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilediğini (artırdığını) gösteren bulgular Doğan (2023) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile teknolojik yeniliğin ekolojik ayak izini negatif yönde etkilediğini (azalttığını) gösteren bulgular Ramzan vd. (2023), Wang vd. (2023) ve Ahmad vd. (2020) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile, ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilediğini (artırdığını) gösteren bulgular Kardaşlar (2022), Saqib vd. (2022), Huang vd. (2022), Usman ve Hammar (2020) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile, fosil enerjinin ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilediğini (artırdığını) gösteren bulgular Bekun vd.'ye (2021) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

**Tablo 8.** Ülke Düzeyinde Panel AMG Tahminci

	Brezilya			Çin			Hindistan			Endonezya		
	Katsayı	Std. Hata	Olas.	Katsayı	Std. Hata	Olas.	Katsayı	Std. Hata	Olas.	Katsayı	Std. Hata	Olas.
TY	-4,70	1,35	0,00*	-1,68	0,78	0,03**	-0,51	0,26	0,05**	0,10	0,28	0,72
FG	-0,47	0,53	0,37	-1,37	0,46	0,00*	-0,20	0,16	0,21	0,41	0,21	0,05**
YE	2,35	1,31	0,07***	0,37	0,41	0,37	0,12	0,09	0,21	0,34	0,08	0,00*
FE	5,15	1,35	0,00*	2,06	0,37	0,00*	0,99	0,31	0,00*	0,26	0,20	0,19
GSYH	0,00	0,11	0,96	0,59	0,15	0,00*	0,09	0,07	0,16	0,13	0,03	0,00*
	Meksika			Rusya			Türkiye					
	Katsayı	Std. Hata	Olas.	Katsayı	Std. Hata	Olas.	Katsayı	Std. Hata	Olas.			
TY	7,83	4,18	0,06***	10,69	7,27	0,14	-0,48	0,32	0,13			
FG	-0,30	3,52	0,93	1,33	1,83	0,46	0,72	0,76	0,34			
YE	1,62	1,02	0,11	3,57	4,08	0,38	0,76	0,20	0,00*			
FE	1,12	3,25	0,73	-0,45	4,34	0,91	3,78	1,17	0,00*			
GSYH	0,67	0,63	0,29	0,40	0,26	0,11	0,19	0,11	0,06***			

\*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

*Rusya:* Değişkenlerin tamamına ait olasılık değerleri anlamlı olmadığından, söz konusu değişkenler EA'yı etkilememektedir.

*Türkiye:* YE ve FE'nin olasılık değerleri %1, GSYH'nin ait olasılık değeri %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı, TY ve FG'ye ait olasılık değerleri ise anlamlı değildir. Buna bağlı olarak YE, FE ve GSYH'de meydana gelen bir birimlik artış EA'yı sırasıyla 0,76, 3,78 ve 0,19 kat artırmakta, TY ve FG ise EA'yı etkilememektedir.

Finansal gelişmenin ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilediğini (artırdığını) gösteren bulgular Doğan (2023), Idrees ve Majeed (2022), Nathaniel (2021), Mehraeïn vd. (2021) ve Kihombo vd. (2021) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile, finansal gelişmenin ekolojik ayak izini negatif yönde etkilediğini (azalttığını) gösteren bulgular Mishra ve

## 7. Sonuç

Son dönemlerde yaşanan iklim değişikliklerinin yol açtığı çevresel sorunlar; gelişmiş ülkelerde olduğu gibi gelişmekte ve az gelişmiş ülkelerde de devletlerin, politika yapıcıların, çevrecilerin ve toplumların en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Bununla birlikte ekonomik büyüme, nüfus artışı ve enerji ihtiyacı açısından hızlı bir şekilde yol alan gelişmekte olan ülkelerde küresel ısınmayı ve iklim değişikliklerini tetikleyen karbon ayak izi ile teknolojik yenilik ve finansal gelişme gibi faktörleri birlikte inceleyen az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu açıdan çalışmada E7 ülkelerinde finansal gelişme, teknolojik yenilik ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle E7 ülkelerine ilişkin 1990-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak panel eşbütünleşme ve panel AMG analizi yapılmıştır. Analize geçmeden önce panel

eşbütünleşme için gerekli olan ön testlerden yatay kesit bağımlılığı, homojenlik ve birim kök testleri yapılmıştır. Ön testler sonucunda çalışmada kullanılan değişkenlerin yatay kesit bağımlılığına sahip olduğu, birinci dereceden durağan olduğu ve heterojen bir yapı gösterdiği yönünde bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular ışığında değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde LM bootstrap panel eşbütünleşme analizinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Eşbütünleşme analiz sonuçları, değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini belirtmektedir. Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin katsayıları panel AMG tahmincisi ile belirlenmiştir. Panel AMG tahmincisi kullanılarak hem panel düzeyinde hem de ülke düzeyinde sonuçlar elde edilmiştir.

Panel düzeyinde elde edilen bulgular ekonomik büyümenin, yenilenebilir enerjinin ve fosil enerjinin ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilediğini, finansal gelişme ile teknolojik yeniliğin ise ekolojik ayak izi üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Ülke düzeyinde elde edilen bulgular incelendiğinde, Brezilya, Çin, Hindistan ve Türkiye’de teknolojik yeniliğin ekolojik ayak izini azalttığı, Meksika’da teknolojik yeniliğin ekolojik ayak izini artırdığı ve Rusya’da ise teknolojik yeniliğin ekolojik ayak izini etkilemediği görülmektedir. Bununla birlikte Çin’de finansal gelişmenin ekolojik ayak izini azalttığı, Endonezya’da finansal gelişmenin ekolojik ayak izini artırdığı, Brezilya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye’de finansal gelişmenin ekolojik ayak izi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı yönünde bulgular elde edilmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerjinin Brezilya, Endonezya ve Türkiye’de ekolojik ayak izini artırdığı, diğer ülkelerde yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini etkilemediği; Brezilya, Çin, Hindistan ve Türkiye’de fosil enerjinin ekolojik ayak izini artırdığı, diğer ülkelerde fosil enerjinin ekolojik ayak izi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı; Çin, Endonezya ve Türkiye’de ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini artırdığı, diğer ülkelerde ise ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini etkilemediği şeklinde ortaya çıkan bulgular çalışmanın diğer sonuçlarını oluşturmaktadır.

Teknolojik yeniliğin ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilemesi (Meksika), çevre dostu olmayan teknolojik inovasyon uygulamalarının çevreye zarar verdiğini, negatif yönde etkilemesi (Brezilya, Çin, Hindistan ve Türkiye) ise çevre dostu teknolojik yeniliklerin çevre kalitesinin iyileştirilmesini desteklediğini göstermektedir. Teknolojik yeniliğin ekolojik ayak izi üzerinde herhangi bir etkisinin olmaması (Rusya) ise çevreye duyarlı yeşil teknolojik projelerin yeterli düzeyde olmadığını bir göstergesi olabilir. Bu bağlamda politika yapıcıların çevre dostu teknolojik inovasyonu geliştirmesi ve daha yeşil teknolojilere ve sürdürülebilir kalkınmaya yönlendirmesi çevre kirliliğinin azaltılması açısından fayda sağlayacaktır. Ayrıca devletlerin kalkınma planlarında çevrenin korunmasını teşvik edecek maliye politikalarına ve finansal politikalara ağırlık vermesi de bu anlamda önemli sonuçlar doğurabilir. Ekolojiye zarar vermeyen teknolojik projelere

daha düşük vergilerin uygulanması, uygun maliyetli finansman kaynaklarının sunulması, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi çevrenin korunması açısından önerilecek tavsiyeler arasında yer almaktadır.

Finansal gelişmenin ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilemesi (Endonezya), çevre kalitesinin kötüleşmesi pahasına yeşil olmayan finansman araçlarının ve uygulamalarının kullanıldığını, negatif yönde etkilemesi (Çin) ise çevre dostu projelerin yeşil finansman kaynakları ile daha fazla desteklendiği bir sistemin var olduğunu işaret edebilir. Finansal gelişmenin ekolojik ayak izini etkilememesi (Brezilya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye), çevresel sürdürülebilirlik ve finansman arasındaki ilişkinin yeterli düzeyde anlaşamadığı, çevrenin korunması açısından finansal kurumların, halka açık şirketlerin, bireysel ve kurumsal yatırımcıların yeterli düzeyde teşvik edilmediği bir ekonominin varlığını gösterebilir. Çevrenin korunmasına yönelik proje finansmanının düşük maliyet oranlarıyla teşvik edilmesi, yeşil finansal araçların kullanımının yaygınlaştırılması, bireysel ve kurumsal yatırımcıların çevresel sürdürülebilirliği destekleyen araçlara yönlendirilmesi, yeşil finans uygulamalarının geliştirilmesine yönelik düzenlemelerin yapılması ekolojik ayak izinin azaltılmasına ve çevrenin korunmasına önemli katkılar yapabilir.

Yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini pozitif etkilemesi (Brezilya, Endonezya ve Türkiye), ekonominin büyümesi açısından kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının yeterli olmadığını, temiz enerji kaynaklarına erişimin zor olduğunun veya şirketlerin söz konusu enerji kullanımları için yeterince teşvik edilmediğinin bir sinyali olabilir. Politika yapıcıların yenilenebilir enerji kaynaklarına erişim açısından gerekli para ve maliye politikalarını uygulamaları çevresel bozulmanın azalması açısından faydalı olabilir. Çevre dostu enerji kaynaklarının finansmanı açısından düşük maliyetli kaynaklara erişimin kolaylaştırılması, kurumların ve bireylerin temiz enerji konusunda bilinçlendirilmesi çevre kalitesinin iyileştirilmesinde önemli katkılar sağlayabilir.

Fosil enerjinin ekolojik ayak izini pozitif etkilemesi (Brezilya, Çin, Hindistan ve Türkiye), yenilenemeyen enerji kaynaklarının yaygın kullanımı nedeniyle çevresel bozulmanın arttığını göstermektedir. Başka bir ifade ile ekonomik faaliyetlerin ve milli gelirin artırılması için gerekli olan petrol, kömür ve doğal gaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının sıklıkla kullanılması çevresel sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çerçevede fosil enerji kaynaklarına alternatif olabilecek temiz enerji kaynaklarının kullanımı ile ilgili girişimlerin teşvik edilmesi, şirketlerin yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan ilgisini azaltabilecek fiyat politikalarının uygulanması, çevresel bozulmayı azaltabilecek yasal düzenlemelerin hayata geçirilmesi çevrenin korunması açısından önemli sonuçlar doğurabilir.

Ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini pozitif etkilemesi (Çin, Endonezya ve Türkiye), ekonominin gelişmesi

açısından gerçekleştirilen faaliyetlerin ve projelerin çevresel kalite düzeyine zarar verdiğini göstermektedir. Kalkınma sürecinde üretim hızlanırken, kullanılan teknolojik yenilikler, enerji kaynakları ve finansman yöntemleri çevrenin korunması açısından olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya yönelik enerji kaynaklarının, üretim süreçlerinin ve teşvik sistemlerinin kullanılması çevresel sürdürülebilirlik açısından olumlu sonuçlar doğurabilir. Bu bağlamda politika yapımcıların ve devletlerin yeşil bir ekonomi için gerekli olan kalkınma planlarını hazırlamaları ve bu planlar doğrultusunda çevre dostu projeleri, üretim süreçlerini ve tüketim harcamalarını teşvik etmeleri faydalı olabilir. Çevreye duyarlı projeler için daha düşük maliyetli kaynakların sunulabileceği finansal piyasaların oluşturulması, daha düşük vergi uygulamalarının getirilmesi ve tüketicilerin karbon ayak izini azaltacak enerji kaynaklarına yönlendirilmesi bu anlamda sunulabilecek öneriler arasında yer almaktadır.

### Kaynakça

- Ahmad, M., Jiang, P., Majeed, A., Umar, M., Khan, Z., & Muhammad, S. (2020). The dynamic impact of natural resources, technological innovations and economic growth on ecological footprint: An advanced panel data estimation. *Resources Policy*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101817>.
- Ahmed, Z., Wang, Z., Mahmood, F., Hafeez, M. & Ali, N. (2019). Does globalization increase the ecological footprint? Empirical evidence from Malaysia. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26, 18565–18582.
- Ali, N., Phoungthong, K., Khan, A., Abbas, S., Dilanchiev, A., Tariq, S., & Sadiq, M. N. (2023). Does FDI foster technological innovations? Empirical evidence from BRICS economies. *Plos one*, 18(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282498>
- Aşıcı, A. A. & Acar, S. (2013). Ekolojik ayak izimiz ne söylüyor?: Türkiye'de büyüme-doğa ilişkisi. *Ümit Şenesen'e Armağan Paylaşımlar: Sayılarla Türkiye Ekonomisi*, 271.
- Bekun, F. V., Gyamfi, B. A., Onifade, S. T., & Agboola, M. O. (2021). Beyond the environmental Kuznets Curve in E7 economies: accounting for the combined impacts of institutional quality and renewables. *Journal of Cleaner Production*, 314, 127924. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127924>
- Ben Youssef, A., Boubaker, S. & Omri, A. (2018). Entrepreneurship and sustainability: The need for innovative and institutional solutions. *Technological Forecasting and Social Change*, 129, 232–241. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.003>
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The review of economic studies*, 47(1), 239-253.
- Chen, Y., Cheng, L. & Lee, C. C. (2022). How does the use of industrial robots affect the ecological footprint? International evidence. *Ecological Economics*, 198, 1-15 <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107483>.
- Chu, L. K. (2022). Determinants of ecological footprint in OCED countries: Do environmental-related technologies reduce environmental degradation? *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (16), 23779–23793.
- Claessens, S. & Feijen, E. (2007). *Financial sector development and the millennium development goals*. World Bank Working Paper (No. 89). The World Bank Publications.
- Copeland, B. R. & Taylor, M. S. (2004). Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*, 42 (1), 7–71.
- Dada, J.T., Adeiza, A., Ismail, N.A. & Arnaut, M. (2022). Financial development–ecological footprint nexus in Malaysia: The role of institutions. *Management of Environmental Quality*, 33(4), 913-937. <https://doi.org/10.1108/MEQ-10-2021-0251>.
- Danish, Saud, S., Baloch, M. A. & Lodhi, R. N. (2018). The nexus between energy consumption and financial development: Estimating the role of globalization in Next-11 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(19), 18651–18661. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2069-0>.
- Dauda, L., Long, X., Mensah, C. N., Salman, M., Boamah, K. B., Ampon-Wireko, S. & Kofi Dogbe, C. S. (2021). Innovation, trade openness and CO2 emissions in selected countries in Africa. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125143 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125143>.
- Destek, M. A. & Manga, M. (2021). Technological innovation, financialization, and ecological footprint: Evidence from BEM economies. *Environmental. Science Pollution Research*, 28 (17), 21991–22001.
- De Hoyos, R. E., & Sarafidis, V. (2006). Testing for cross-sectional dependence in panel-data models. *The Stata Journal*, 6(4), 482-496. <https://doi.org/10.1177/1536867X0600600403>
- Doğan, B. Ö. (2023). Ekolojik sürdürülebilirlikte finansal gelişme ve teknolojik inovasyon etkisi: Türkiye'den kanıtlar. *Akademik Hassasiyetler*, 10(23), 200-217.
- Eberhardt, M. & Bond, S. (2009). Cross-section dependence in nonstationary panel models: a novel estimator. MPRA Paper (No. 17692). <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/17692/>
- Gabriel, S. A. & Rosenthal, S. S. (2013). Urbanization, agglomeration economies, and access to mortgage credit. *Regional Science and Urban Economics*, 43(1), 42-50.

- Godil, D. I., Ahmad, P., Ashraf, M. S., Sarwat, S., Sharif A., Shabib-Ul-Hasan, S. & Jermisittiparsert, K. (2021). The step towards environmental mitigation in Pakistan: Do transportation services, urbanization, and financial development matter? *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 21486–21498
- Gyamfi, B. A., Bein, M. A., Udemba, E. N. & Bekun, F. V. (2022). Renewable energy, economic globalization and foreign direct investment linkage for sustainable development in the E7 economies: Revisiting the pollution haven hypothesis. *International Social Science Journal*, 72(243), 91-110. <https://doi.org/10.1111/issj.12301>
- Huang, Y., Haseeb, M., Usman, M., & Ozturk, I. (2022). Dynamic association between ICT, renewable energy, economic complexity and ecological footprint: is there any difference between E-7 (developing) and G-7 (developed) countries?. *Technology in Society*, 68, 101853. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101853>
- Hussain, M. & Dogan, E., (2021). The role of institutional quality and environment- related technologies in environmental degradation for BRICS. *Journal of Cleaner Production*, 304, 127059. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127059>.
- Ibrahiem, D. M., (2020). Do technological innovations and financial development improve environmental quality in Egypt? *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (10), 10869–10881. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07585-7>.
- Idrees M. & Majeed, M. T. (2022). Income inequality, financial development, and ecological footprint: Fresh evidence from an asymmetric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(19), 27924-27938. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18288-3>
- Jahanger, A., Usman, M., Murshed, M., Mahmood, H. & Balsalobre-Lorente, D. (2022). The linkages between natural resources, human capital, globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: The moderating role of technological innovations. *Resources Policy*, 76, 102569, <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102569>.
- Kardaşlar, A. (2022). Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi ve Küreselleşme Sürecinin Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *Business and Economics Research Journal*, 13(3), 385-401. <http://dx.doi.org/10.20409/berj.2022.379>
- Karluk, R. (2009). *Uluslararası ekonomi*. Ankara: Beta Yayınevi.
- Kihombo, S., Ahmed, Z., Chen, S., Adebayo, T. S., & Kirikkaleli, D. (2021). Linking financial development, economic growth, and ecological footprint: what is the role of technological innovation?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(43), 61235-61245.
- Lai, X., Liu, J., Shi, Q., Georgiev, G. & Wu, G. (2017). Driving forces for low carbon technology innovation in the building industry: a critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(C), 299–315.
- Majeed, M. T., & Mazhar, M. (2019). Financial development and ecological footprint: A global panel data analysis. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 13(2), 487–514. <http://hdl.handle.net/10419/201002>.
- McCoskey, S. & Kao, C. (1998). A residual-based test of the null of cointegration in panel data. *Econometric Reviews*, 17(1), 57-84
- Mehraaein, M., Afroz, R., Rahman, M. Z. & Muhibbullah, M. (2021). Dynamic impact of macroeconomic variables on the ecological footprint in Malaysia: Testing EKC and PHH. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(5): 583-593.
- Mishra, A. K., & Dash, A. K. (2022). Connecting the carbon ecological footprint, economic globalization, population density, financial sector development, and economic growth of five south Asian countries. *Energy Research Letters*, 3(2). <https://doi.org/10.46557/001c.32627>.
- Nathaniel, S. P. (2021). Ecological footprint and human well-being nexus: accounting for broad-based financial development, globalization, and natural resources in the Next-11 countries. *Futur Business Journal*, 7(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s43093-021-00071-y>.
- Özkan, O. & Çoban, M. N. (2022). Türkiye'de finansal gelişmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi: Yeni dinamik ARDL simülasyon yaklaşımından ampirik kanıtlar. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(3) 1293-1309.
- Özcan, G., & Özmen, İ. (2018). Küreselleşme yükselen ekonomilerde gelir dağılımını etkiler mi?. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 35-52.
- Özsoy, C. E. & Dinç, A. (2016). Sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik ayak izi, *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 53, 619.
- Pata, U.K., & Yilanci, V. (2020). Financial development, globalization and ecological footprint in G7: Further evidence from threshold cointegration and fractional frequency causality tests. *Environmental and Ecological Statistics*, 27(4), 803-825. <https://doi.org/10.1007/s10651-020-00467-z>.
- Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of econometrics*, 142(1), 50-93. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010>
- Pesaran, H. M., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A bias – adjusted LM test of error cross section independence. *Econometrics Journal*, 11, 105-127. doi:

- 10.1111/j.1368-423X.2007.00227.x
- Pesaran, H. M. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of applied econometrics*, 22(2), 265-312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- PWC (2017). The long view How will the global economic order change by 2050? <https://www.pwc.com/gx/en/world-2050/assets/pwc-world-in-2050-summary-report-feb-2017.pdf>
- Ramzan, M., Abbasi, K. R., Salman, A., Dagar, V., Alvarado, R. & Kagzi, M. (2023). Towards the dream of go green: An empirical importance of green innovation and financial depth for environmental neutrality in world's top 10 greenest economies. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122370. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122370>.
- Reyhan, A. S. (2014). Sürdürülebilir üretim-tüketim politikaları çerçevesinde "yeşil ekonomi" üzerine bir değerlendirme. *Memleket Siyaset Yönetim (MSY)*, 9(22), 327-347.
- Saqib, N., Usman, M., Radulescu, M., Sinisi, C. I., Secara, C. G., & Tolea, C. (2022). Revisiting EKC hypothesis in context of renewable energy, human development and moderating role of technological innovations in E-7 countries?. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1077658. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1077658>
- Shahbaz, M., Khraief, N., Mahalik, M. K. & Zaman, K. U. (2014). Are fluctuations in natural gas consumption per capita transitory? Evidence from time series and panel unit root tests. *Energy*, 78, 183-195. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.09.080>
- Sharif, A., Meo, M. S., Chowdhury, M. A. F. & Sohag, K. (2021). Role of solar energy in reducing ecological footprints: An empirical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126028. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126028>.
- Song, M., Fisher, R. & Kwoh, Y. (2019). Technological challenges of green innovation and sustainable resource management with large scale data. *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 361-368. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.055>.
- Swamy, P. A. V. B. (1970). Efficient inference in a random coefficient regression model. *Econometrica*, 38, 311-323.
- Tamazian, A., Chousa, J. P., & Vadlamannati, K. C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries. *Energy policy*, 37(1), 246-253. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.025>
- Taylor, A. J., Beaverstock, J. V., Cook G., Pandit, N. & Pain, K. (2003). Financial services clustering and its significance for London: Corporation of London.
- Uddin, G.A., Salahuddin, M., Alam, K. & Gow, J., (2017). Ecological footprint and real income: Panel data evidence from the 27 highest emitting countries. *Ecol. Indicators* 77, 166-175. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.003>
- Ulucak R. & Khan S. U. (2020). Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable Cities and Society*. 54 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101996>.
- Usman, M., & Hammar, N. (2020). Dynamic relationship between technological innovations, financial development, renewable energy, and ecological footprint: fresh insights based on the STIRPAT model for Asia Pacific Economic Cooperation countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 15519-15536. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11640-z>
- Wackernagel, M., Schulz, N. B., Deumling, D., Linares, A. C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R. & Randers, J. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 99(14), 9266-9271. <https://doi.org/10.1073/pnas.142033699>.
- Wang, R., Usman, M., Radulescu, M., Cifuentes-Faura, J., & Balsalobre-Lorente, D. (2023). Achieving ecological sustainability through technological innovations, financial development, foreign direct investment, and energy consumption in developing European countries. *Gondwana Research*, 119, 138-152. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.02.023>
- Westerlund, J., & Edgerton, D. L. (2007). A panel bootstrap cointegration test. *Economics Letters*, 97(3), 185-190.
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (1980). *The World conservation strategy: Living resource conservation for sustainable development*. <https://www.environmentandsociety.org/mml/iucn-ed-world-conservation-strategy-living-resource-conservation-sustainable-development>
- World Commission on Environment and Development (1987). *Report of the world commission on environment and development: Our common future*. <https://www.are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html>
- World Wide Fund for Nature (2012). *Türkiye'nin ekolojik ayak izi raporu*. [https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/turkiyeni\\_n\\_ekolojik\\_ayak\\_izi\\_raporu.pdf](https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/turkiyeni_n_ekolojik_ayak_izi_raporu.pdf).
- Yasin, I., Ahmad, N. & Chaudhary, M. A. (2020). Catechizing the environmental-impression of urbanization, financial development, and political

institutions: A circumstance of ecological footprints in 110 developed and less-developed countries. *Social Indicators Research*, 147, 621-649.

Yasmeen, R., Tao, R., & Shah, W. U. H. (2023). Economic growth and environmental technology simultaneously important for reducing energy poverty and ecological footprint in E7 economies: do political institutions play a role?. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(24), 65102-65118. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26923-4>

Zafar, M. W., Zaidi, S. A. H., Khan, N. R., Mirza, F. M., Hou, F. & Kirmani, S. A. A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: The case of the United States. *Resources Policy*, 63, 101428. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101428>.

Zhang, Y. J. (2011). The impact of financial development on carbon emissions: An empirical analysis in China. *Energy Policy*, 39, 2197-2203.

Zhao, W. X., Samour, A., Yi, K. & Saleh Al-Faryan, M. A. (2023). Do technological innovation, natural resources and stock market development promote environmental sustainability? Novel evidence based on the load capacity factor. *Resources Policy*, 82, 103397. <http://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103397>.

## Extended Summary

### Purpose

Environmental problems caused by recent climate changes have become one of the biggest problems of states, policy makers, environmentalists and societies in developing and underdeveloped countries as well as in developed countries. However, there are few studies examining factors such as ecological footprint that trigger global warming and climate changes, technological innovation and financial development in developing countries that are rapidly progressing in terms of economic growth, population growth and energy needs. In this respect, the study aims to examine the relationship between financial development, technological innovation and ecological footprint in E7 countries.

### Literature Review

There is a very comprehensive and current economic literature on the determinant of the ecological footprint, which is the main indicator of environmental degradation. In order to shed light on the study in which the relationship between financial development, technological innovation and ecological footprint variables will be examined, a literature review including studies that examine these variables individually and together is included.

With his study including the determinants of financial development and technological innovation, Doğan (2023) found evidence that there is a positive relationship between financial development and technological innovation and ecological footprint for Turkey. Mishra and Dash (2022), Jahanger et al. (2022), Idrees and Majeed (2022), Dada et al. (2022), Nathaniel (2021), Mehraein et al. (2021), Kihombo et al. (2021) and Majeed and Mazhar (2019) analyzed the relationship between ecological footprint and financial development for different country groups over different years. Mishra and Dash (2022), working with data from 5 South Asian Countries, and Majeed and Mazhar (2019), working with 131 countries, concluded that the increase in financial development significantly contributes to the improvement of environmental quality by reducing the ecological footprint. Idrees and Majeed (2022), Nathaniel (2021), Mehraein et al. (2021) and Kihombo et al. (2021), financial development increases the ecological footprint. On the other hand, Jahanger et al., who conducted a study using data from 73 developing countries. (2022) observed that financial development generally reduces the ecological footprint for Asian countries, but could not reach the same conclusion for African, Latin American and Caribbean countries. Similarly, the findings from the study by Dada et al. (2022) show that financial development in Malaysia improves environmental quality in the short term and worsens environmental quality in the long term.

The results of the study conducted by Destek and Manga (2021), which investigated the effects of technological innovation on the environment for developing countries, showed that although technological innovation in

developing countries reduced CO<sub>2</sub> emissions, it did not reduce the ecological footprint. Song et al. (2019) suggested in his study that technological innovation can contribute to sustainable growth by using natural resources efficiently. Ahmad et al. (2020) who investigated the impact of natural resources and technological innovations on ecological footprint for 22 developing countries concluded that technological innovations reduce environmental degradation. Ramzan et al. (2023) investigated the relationship between green innovation, technological innovation, financial depth index, information communication technology, and GDP and ecological footprint for the 10 greenest economies in the world from 1980 to 2019. The analysis results showed a negative sign for the financial depth coefficient, while showing that environmentally relevant technologies (green innovations) are critical for the construction of new environmental facilities such as waste disposal.

### Design/Methodology/Approach

The study investigates the relationship between technological innovation, financial development and ecological footprint in E7 countries (China, India, Brazil, Mexico, Indonesia, Russia and Turkey) using annual data for the period 1990-2019. In the process of examining the relationship between variables, LM bootstrap panel cointegration test and panel AMG estimator were used after preliminary tests such as cross-section dependence tests, unit root tests and homogeneity tests.

### Findings

The findings obtained at the panel level show that renewable energy, fossil energy and economic growth positively affects the ecological footprint, while financial development and technological innovation do not have any effect on the ecological footprint. When the findings obtained at the country level are examined; it is seen that technological innovation reduces the ecological footprint in Brazil, China, India and Turkey, technological innovation increases the ecological footprint in Mexico, and technological innovation does not affect the ecological footprint in Russia. However, findings have been obtained that financial development reduces the ecological footprint in China, that financial development increases the ecological footprint in Indonesia, and that financial development does not have any effect on the ecological footprint in Brazil, India, Mexico, Russia and Turkey. In addition, renewable energy increases the ecological footprint in Brazil, Indonesia and Turkey, but does not affect the ecological footprint of renewable energy in other countries; Fossil energy increases the ecological footprint in Brazil, China, India and Turkey, while fossil energy does not have any effect on the ecological footprint in other countries; Findings that economic growth increases the ecological footprint in China, Indonesia and Turkey, while economic growth does not affect the ecological footprint in other countries constitute other results of the study.