



JOURNAL of SOCIAL and HUMANITIES SCIENCES RESEARCH (JSHSR)

Uluslararası Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Dergisi

Received/Makale Gelis 27.11.2022
Published /Yayınlanma 30.12.2022
Article Type/Makale Türü Research Article

Citation/Alıntı: Mangır, F. Kabaklarlı, E. & Beken, A.E (2022). Yeşil teknolojilerin ve Co2 verimliliğinin büyümeye etkisi: Seçilmiş OECD ülkeleri için panel veri analizi. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 9(90), 2788-2796.
<http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.3424>

- Prof. Dr. Fatih MANGIR**
<https://orcid.org/0000-0003-1348-7818>
Selçuk Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, Konya / TÜRKİYE
- Doç. Dr. Esra KABAKLARLI**
<https://orcid.org/0000-0001-7205-8584>
Selçuk Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, Konya / TÜRKİYE
- Ayşe Emel BEKEN**
<https://orcid.org/0000-0001-5590-8022>
Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya / TÜRKİYE

YEŞİL TEKNOLOJİLERİN VE CO2 VERİMLİLİĞİNİN BÜYÜMEYE ETKİSİ: SEÇİLMİŞ OECD ÜLKELERİ İÇİN PANEL VERİ ANALİZİ

IMPACT OF GREEN TECHNOLOGIES AND CO2 EFFICIENCY ON GROWTH: PANEL DATA ANALYSIS FOR SELECTED OECD COUNTRIES

ÖZET

Çalışmanın temel amacı, yeşil teknolojilerin ve CO2 verimliliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz etmektir. Yeşil ekonomik büyümeyi teşvik etme potansiyeline sahip bazı sektörler, çevre dostu üretime ve ekosistem için yeşil ekonomiye yatırım yapabilir. Literatürde CO2 verimliliğinin ve yeşil teknolojilerin ekonomik büyüme üzerine etkisini analiz eden modellerinin incelenmesi ve yeşil büyüme için ülkelere rehber olacak politika önerilerinin oluşturulması hedeflenmektedir.

Çalışmada Panel veri analizinde, Tesadüfi Etkiler modeli ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki tahmin edilmiştir. ARDL testi sonucunda uygulanan MG (Mean Group) ve DFE (Dynamic Fixed Effects) tahmincileri ile kısa ve uzun dönem katsayıları hesaplanmaktadır.

Panel veri analizi çerçevesinde kullanılan Tesadüfi Etkiler Modeli sonuçlarına göre CO2 verimliliği ve yeşil teknolojilerin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi pozitif ve anlamlıdır. DFE tahmin sonuçları hem kısa hem de uzun dönemde CO2 verimliliğinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif yönlü bir etkisi olduğunu göstermekte ve her iki dönem için katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmektedir. Diğer taraftan yeşil teknolojiler değişkeninin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi DFE tahmincisine göre istatistiksel olarak anlamsızdır.

Yeşil büyüme, dünyadaki birçok ülke tarafından öncelikli strateji olarak benimsenirken bu alanda farklı yatırımlar planlanmaktadır. Bu çalışma, 2050 yılı karbon nötr hedefi benimseyen ülkeler için yeşil teknolojilerin ve CO2 verimliliğinin, ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin analizi sonucunda politika önerileri sunarak, bu alandaki literatüre katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Büyüme, CO2 verimliliği, Panel Veri Analizi

JEL Kodları: O44, Q59, C10.

ABSTRACT

The main purpose of the study is to analyze the impact of green technologies and CO2 efficiency on economic growth. Some sectors with the potential to foster green economic growth may invest in environmentally friendly production and a green economy for the ecosystem. It is aimed to examine the models that analyze the effects of CO2 efficiency and green technologies on economic growth in the literature and to give policy recommendations that will guide countries for green growth.

In the study, the relationship between dependent and independent variables was estimated with the Random Effects model in panel data analysis. Short and long term coefficients are calculated with MG (Mean Group) and DFE (Dynamic Fixed Effects) estimators applied as a result of the ARDL test.

According to the results of the Random Effects Model used within the framework of panel data analysis, the effect of CO2 efficiency and green technologies on economic growth is positive and significant. DFE estimation results show that CO2 efficiency has a positive effect on economic growth in both the short and long term, and it is observed that the coefficients for both periods are statistically significant. On the other hand, the effect of green technologies variable on economic growth is statistically insignificant according to the DFE estimator.

While green growth is adopted as a priority strategy by many countries in the world, different investments are planned in this area. This study will contribute to the literature in this field by presenting policy recommendations as a result of the analysis of the effect of green technologies and CO2 efficiency on economic growth for countries that have adopted the carbon neutral target of 2050.

Keywords: Green Growth, CO2 efficiency, Panel Data Analysis

JEL Codes: O44,Q59,C10.

1. GİRİŞ

Ekonomide büyüme stratejileri fiziksel, finansal ve beşeri sermayenin artırılması üzerine kurulmuştur. Oluşturulan modeller emek ve sermaye miktarlarının miktarını ve ilişkisini oluşturan matematiksel denklemlerden oluşmaktadır. Ancak yeşil büyüme, klasik büyüme teorilerinden farklı olarak, insan refahının ve sosyal eşitliğin artırılması ile doğal kaynakların etkin şekilde kullanılması ve ekolojik dengenin üzerine kurgulanmıştır.

Artan sanayileşme ile ortaya çıkan kitlesel üretim çevre tahribatını beraberinde getirmiştir. Üretime bağlı olarak artan tüketim, plastik kullanımını ve çevreye verdiği tahribatı artırmaktadır. Yeşil ekonominin yeşil büyümeyi içerdiği düşünüldüğünde, yeşil ekonomide kişi başına düşen gelir ve istihdamdaki artış için yeşil yatırımlar ön plana çıkmaktadır. Kamu ve özel sektör tarafından gerçekleştirilen bu yatırımların, karbon emisyonlarını ve çevresel tahribatı azaltması diğer taraftan enerji verimliliğini artırması amaçlanmalıdır.

Yeşil ekonomiye dönüşümün kilit noktası ekonomik büyümenin ve yatırımların çevreye zarar vermeden, sosyal kapsayıcılığı göz ardı etmeden gerçekleşmesidir. Ekonomik büyümenin en önemli sayısal göstergesi olan kişi başına düşen GSYH, çevresel kirlilik, ekosistem gelir dağılımı gibi kriterleri göz önüne alınarak hesaplanmalıdır.

Yeşil büyüme, kaynakların çevre ve insan refahı için kullanılarak ekonomik büyümeyi ve gelişmeyi teşvik etmek anlamına gelmektedir (OECD, 2011). 1992 Rio Zirvesi ve 20 yıl sonra tekrarlanan Rio+20 zirvelerinde küresel boyutta “sürdürülebilir kalkınma için yeşil büyüme” konusunda bir yol haritası çizilerek dünya genelinde en büyük hassasiyetlerden biri olmuştur. Sürdürülebilir kalkınmanın doğal sermayeye gerçekleştirdiği yatırımları ifade eden yeşil büyüme 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi'nin uygulanmasını desteklemek için etkili bir strateji olarak da kullanılabilir (UNESCAP, t.y.).

Bu durum, yeşil ekonomiye doğru yeniden yönelmek için aşağıdaki fırsatları sunmaktadır:

- Artan enerji verimliliği ve karbonsuz yakıtların kullanımı yoluyla düşük karbonlu bir yörüngede ilerlemek;
- İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı dirençli olmak;
- Enerji sistemi değişiminde enerji verimliliği ve güvenliğinin iyileştirilmesini her düzeyde uygulamak (Sürdürülebilir Temiz Üretim Mekanizması ve Altyapısı);
- Enerji tasarrufu önlemlerini kullanmak ve enerji verimli cihazların kullanımı (Yeşil Teknoloji Yaygınlaştırma);
- Yeşil iş için bir temel geliştirmek;
- Çevre Vergi Reformu'nu uygulamaya koyarak vergi reformlarında değişiklikler getirmek.

Yeşil büyümeyi gerçekleştirmek için uygulanması gereken politikaları 4 ana başlıkta toplamak mümkündür (Bowen ve Frankhauser, 2012):

- Keynesyen Bakış Açısı: işsizlik, bütçe ve küresel dengesizlikleri kısa dönemde çözen politikalar,
- Pigouvian (*Pigocu*) bakış açısı: piyasa odaklı araçlar, düzenlemeler ve teşvikler ile çevre dışsallıkları azaltan politikalar,
- Schumpeterci bakış açısı: AR-GE ve yenilikler ile yeşil sanayileri geliştiren politikalar,

- Georgian bakış açısı: Birincil enerji kaynaklarına ait kaynak kıtlığı sorununu çözerek uzun vadeli büyümeyi rahatlatan çalışmalar.

Bu makalede, literatür taraması sonuçları 2. bölümde sunulduktan sonra ekonometrik yöntem, model ve veriler 3. bölümde özetlenip detaylı olarak açıklanmıştır. Son bölümde ise çalışmanın sonucu ve politika önerileri yer almaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Verimliliği artırıcı teknoloji kullanımı ile çevreye yayılan karbon salınımının azaltılması, böylece sürdürülebilir ekonomik büyüme sağlamak günümüz dünyasında iklim değişikliği, gıda ve sürekli artan enerji tüketimi gibi sorunların çözümü adına ülkeler için oldukça önemli bir zorunluluktur. Avrupa Birliği, 2050 yılında sıfır karbon hedefiyle büyük bir dönüşüme imza atmak için yeşil mutabakatı imzalamışlardır. Bu konuda yapılan farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlar elde eden birçok çalışma bulunmaktadır.

Karbon salınımı ve büyüme arasındaki ekonometrik ilişkiyi analiz eden ilk çalışma Grosman ve Krueger (1991)'e ait olup NAFTA ülkeleri için panel veri yöntemini kullanarak yaptığı çalışmada emisyon salınımı ile gelir arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Daha sonra bu çalışmanın sonucu çevresel Kuznet eğrisi hipotezi olarak kabul edilmiştir. Pandey ve Mishra, (2016) yılında yaptıkları çalışmada bu konudaki literatürü ikiye ayırmışlardır. Bu çalışmada özetlenen ilk grup çalışmalar; Shafik ve Bandyopadhyay (1992), Panayotou (1995) ve Omotor & Orubu (2011), Gupta ve Alhuwalia, Kashyna (2011), Khajuria vd., (2012), Galeotti vd.. (2006) ait olup bu çalışmalarda Kuznet eğrisi hipotezi doğrulayan çalışma sonuçlarına ulaşmıştır. Diğer yandan Vincent (1997), Dinda vd. (2000), Holtz-Eakin & Seldon (1992), Moomaw & Unruh (1998), Hill & Magnani (2000), Gangadharan ve Valenzuela (2001), Granados & Carpintero (2009) Mythili ve Mukherjee (2011) Agras ve Chapman (1999), Ghosh (2010), Jha ve Murthy (2003), Kathuria ve Mukherjee (2006) ise bu hipotezi reddeden çalışmalardır.

Yeşil teknoloji, CO₂ salınımı ve büyüme konusunda son dönemde yapılan çalışmalara ait uygulama yöntemleri, seçtikleri ülke grup ve yılları detaylı bir şekilde aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 1. Yeşil Teknoloji, Karbon Verimliliği ve Büyüme İlişkisi Hakkında Literatür Özeti

Yazar (lar)	Dönem ve Ülke(ler)	Metodoloji	Sonuçlar
Oğuztürk ve Özbay, (2022)	BRICS ülkeleri ve Türkiye	Panel eşbütünlük, Mean Group estimator MG, FMOLS ve Panel Dumitrescu ve Hurlin nedensellik (2012) testleri	Yeşil İnovasyon, CO ₂ ve GSYH arasında uzun dönemli eş bütünlük ilişkisi bulunmaktadır.
Ghazouani (2021)	1972-2016, Tunus	Granger Nedensellik	<i>Ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna tek yönlü nedensellik</i>
Zakari, Adedoyin ve Bekun (2021)	1985 ve 2017, OECD ülkeleri	PMG-ARDL	<i>Ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu arasında pozitif ilişki</i>
Hussain vd. (2021)	2000-2020, Yüksek gelirli ülkeler	Otoregresif dağıtılmış gecikme. (Panel ARDL) testi	Yeşil Teknoloji yeşil büyümeyi artırır, karbon salınımı ise negatif ilişkilidir.
Wang, Li, Zhu ve Dong (2021)	2010-2017, Çin şehirleri	Veri Zarflama modeli	Yeşil Teknolojiler yeşil büyümenin en temel belirleyicilerindedir.
Nosheen vd. (2021)	2000-2017, Avrupa ülkeleri	Westlund eşbütünlük ve FMOLS testi	Enerji iklim değişikliğine ait teknolojiler büyümeyi artırır.
Ulucak, Danish & Ozcan (2020)	1980-2016, OECD ülkeleri	Panel AMG (Augmented Mean Group Estimator) testi	Geleneksel enerji kaynakları çevre üzerinde yıkıcı etkilere sahip ike yenilebilir enerji çevre kirliliğini azaltmaktadır.
Zhang ve Zhang (2020)	2000-2017, Çin Şehirleri	VECM	CO ₂ ve büyüme arasında eşbütünlük ilişkisi
Umar vd. (2020)	1980-2017, Çin	ARDL, FMOLS, DOLS ve CCR	CO ₂ ve küreselleşme arasında negatif ilişki
Nathaniel ve Iheonu (2019)	1990-2014, Seçilmiş Afrika Ülkeleri	Augmented Mean Group (AMG)	Geleneksel enerji ile Karbon salınımı arasında negatif ilişki söz konusudur.

3. EKONOMETRİK YÖNTEM, MODEL ve VERİLER

Çalışmada, yeşil büyüme ana bileşenlerinden, üretime dayalı CO₂ verimliliği temel alınmıştır. Üretime dayalı CO₂ üretkenliği, enerji ile ilgili CO₂ emisyonları birimi başına GSYH olarak hesaplanmaktadır. Üretime dayalı CO₂ verimliliği, kişi başına üretilen gerçek GSYH ve salınan CO₂ birimi (USD/kg) arasındaki oran olarak ölçülür. Bu salımlara kömür petrol, doğal gaz ve diğer yakıtlar kaynaklanan CO₂ emisyonları dahildir (OECD, 2017).

Diğer önemli bağımsız değişken, çevre ile ilgili teknolojilerin tüm teknolojiler içindeki yüzdesini gösteren yeşil teknolojilerdir. Bağımlı değişken olan kişi başına düşen gelir üzerinde yeşil teknolojilerin ve üretime dayalı CO₂ verimliliğinin etkisi ölçülmektedir. 2000-2018 yılları arasında analize dahil edilen ülkeler: Almanya, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Macaristan, İrlanda, İtalya, İspanya, Hollanda, Litvanya, Lüksemburg, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovak Cumhuriyeti, Slovenya, İsveç, İsviçre, Türkiye, Yunanistan ve Letonya olarak sıralanmaktadır. Tüm veriler OECD istatistik veri tabanından elde edilmiştir.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlem	Ortalama	Birim	Std. Hata.	Min	Max
Kişi Başında Düşen GSYH	512	10.332	Dolar	0,490	8.767	11.668
CO ₂ Verimliliği	512	10.573	Kg başına dolar	4,295	0.92	28.64
Yeşil Teknolojilerin Yüzdesi	512	5,5284	Yüzde %	2,370	1.604	16.336

Modelde kullanılan değişkenlere ait başlıca tanımlayıcı istatistikler ve birimleri tablo 1'de özetlenmektedir. Kişi başında düşen GSYH değişkeninin ortalama değeri 10.332 dolar, CO₂ Verimliliği Kg başına 10.573 dolar ve yeşil teknolojilerin oranı %5,52 olarak sıralanabilir. Tablo 1'de yer alan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistiksel STATA programı tarafından hesaplanmıştır. Çalışmada 27 ülke, 512 gözlem ve 19 yılı içeren panel veri analizi kullanılmaktadır. Modelde bağımlı değişken kişi başında düşen GSYH, bağımsız değişkenler ise CO₂ Verimliliği ve Yeşil Teknoloji olarak sıralanabilir.

3.1. Panel Veri Analizi

Çalışmada tesadüfi ve sabit etkiler panel veri modelleri tanımlayıcı istatistiklerde (Tablo 2) özetlenen bağımlı ve bağımsız değişkenlerle tahmin edilmiştir. Söz konusu modeller Hausman testi kullanılarak karşılaştırıldığında, alternatif hipoteze göre açıklayıcı değişkenler ile birim etki korelasyonu olmaması durumunda tesadüfi etkiler modeli tutarlıdır. Sabit etkiler panel veri uygulamasında modelde ele alınan ülkelerin kendi aralarındaki doğal, coğrafik, nüfus farklılıkları dikkate alınırken bu farklılıkların zaman boyutundaki değişimi göz ardı edilmektedir. Ayrıca grup içi gözlenmemiş etkilerin açıklayıcı değişkenlerle korelasyonu olması durumunda tesadüfi etkiler modelinin tahmincileri yanlı ve tutarsızdır (Asteriou ve Hall, 2021). Panel veri analizinde tesadüfi ya da sabit etkiler modeli arasında seçim yapabilmek için aşağıda özetlenen Hausman testi uygulanmıştır.

3.2. Tesadüfi ve Sabit Etkiler Modeli, Hausman Testi

Panel veri analizinde T zaman boyutunda, N kadar kesitler arası ve benzeri kategorilerde gözlemlenen veri (ülke, şirket, vb) aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir.

$$y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Y bağımlı değişken ve X açıklayıcı değişken $i=1,2,\dots,N$ kadar kesiti ve $t=1,2,\dots,T$ kadar dönemi içermektedir. Eğer tüm kesitler için t kadar zaman ait veri yer alıyorsa dengeli panel olarak adlandırılmaktadır. Modelimizde yer alan ülkelere ait tüm veriler tam olduğu için dengeli panel veri analizi söz konusudur.

Sabit etkiler modelinde sabitin grup içinde değişebildiği varsayımı yapılmaktadır. Her bir grup içinde farklı sabite izin verilmektedir. Birim (zaman) etkilerininin bağımsız değişkenlerle korelasyonu olabileceği varsayımı yapılır (Asteriou ve Hall, 2021).

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad (2)$$

Yukarıdaki sabit etkiler modelinin matris gösterimi aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

$$Y = D\alpha + X\beta' + u \quad (3)$$

Panel veri analizinde kullanabileceğimiz diğer alternatif tesadüfi etkiler modelidir. Sabit ve tesadüfi etkiler modeli arasındaki diğer bir fark, her bölüm için parametrelerin sabit değil, rastgele parametreler olarak ele alınmasıdır (Das, 2019).

$$a_i = a + v_i \quad (4)$$

v_i standart tesadüfi değişkenin 0 ortalamasıdır. Tesadüfi etkiler modeli aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir.

$$Y_{it} = (a + v_i) + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad (5)$$

$$Y_{it} = a + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + (v_i + u_{it}) \quad (6)$$

Tesadüfi etkiler modeli dummy değişkeninin de kullanılabilmesi avantajı içermektedir. Sabit etkilere göre diğer bir avantajı genelleştirilmiş en küçük kareler tahmincisi olmasıdır (Asteriou ve Hall, 2021).

Hausman testi, panel veri analizinde, sabit etkiler modeli ile tesadüfi etkiler modeli arasındaki seçimde kullanılmaktadır. Hausman (1978) testinin boş hipotezi, açıklayıcı değişkenler ve birim etki arasında korelasyon yoktur şeklinde kurulmaktadır. Panel veriler için sabit ve rastgele etkiler yöntemi arasındaki uygun seçim, bağımsız değişkenler ile birim etkiler arasında korelasyonun varlığına dayanmaktadır. Korelasyonun olması durumunda sabit etkiler modelinin kullanılması avantajdır. Kısacası Hausman testinde boş hipotez H_0 , tesadüfi etkiler modelinin etkin ve tutarlı olduğunu H_a alternatif hipotez ise, tesadüfi etkiler modelinin tutarsız olduğunu (sabit etkiler modelinin her zaman tutarlı olduğunu) sınamaktadır. Hausman test istatistiğini modelimizde uyguladığımızda elde edilen test sonuçlarına göre (Tablo 3), tesadüfi etkiler tahmincisi daha etkin olduğundan kullanımı uygun olacaktır.

Tablo 3. Sabit ve Tesadüfi Etkiler Modeli ve Hausman Test İstatistikleri

Sabit ve Tesadüfi Etkiler Modelinin Karşılaştırılması				
chi2(3)	=0.00	Regresyon Modeli	Regresyon Modeli	Hausman Testi
Prob>chi2 =	0.99			
Değişkenler	Sabit Etkiler Modeli	Tesadüfi Etkiler Modeli	Var(Diff.)	Prob.
CO ₂ Verimliliği	0.1578198	0.1557327	0.00208	0.3664
Yeşil Teknoloji	0.0157668	0.0160219	-0.000255	

3.3. Tesadüfi Etkiler Modelinde Otokorelasyon, Heteroskedasite ve Birimler arası Korelasyon'un Sınanması

Tesadüfi etkiler modelinde Otokorelasyon sınavında, Durbin Watson ve Baltagi -Wu testleri kullanılmaktadır. Literatürde kritik değerler verilmemesine rağmen test istatistiği 2'den küçükse otokorelasyonun önemli olduğu yorumu yapılmaktadır (Baltagi ve Wu, 1999). Test çıktılarına göre (Tablo 4) değerler 2'den küçük olduğu için sabit etkiler modelinde otokorelasyon problemi olduğunu gözlemlemekteyiz. Ayrıca her iki testin de boş hipotezi yani birinci dereceden seri korelasyon bulunmadığı hipotezi reddedilmektedir. Bu durumda modelimizde otokorelasyon olduğu yorumu yapılabilmektedir.

Tablo 4. Tesadüfi Etkiler modelinde Otokorelasyon Testi

F testi $u_i = 0$: F (26, 456) =	2,28
Baltagi- Wu LBI	0,53293
Durbim Watson	0,22850
Prob > F =	0,0004

Sabit etkiler modelinde hata kalıntılarındaki birimlere göre heteroskedasitenin varlığı Değiştirilmiş Wald testi ile sınanmaktadır. Bu test hataların normal dağılmadığı durumlarda da kullanılmaktadır (Baltagi, 2005). Elde edilen test sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilmekte varyansın birimlere göre değiştiği yani heteroskedasitenin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır

Tablo 5. Tesadüfi Etkiler Modelinde Heteroskedasitenin Test Edilmesi

Chi2 (27)	4747,46
Prob > Chi2	0,00000

Son olarak tesadüfi etkiler modelinde birimler arası korelasyonun ölçülmesinde, zaman boyutunun (T) küçük ve yatay kesit boyutunun (N) büyük olduğu durumlarda önerilen Pesaran CD testi uygulanmıştır (Pesaran, 2004). Test sonuçlarına göre H_0 boş hipotezi reddedilmekte ve dolayısıyla birimler arası korelasyon olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan birimler arası korelasyonun tespitinde Frees' (1995, 2004) testi de güçlendirme amaçlı kullanılmıştır. Buna göre; Frees' testine ait istatistik değerinin ise tüm olasılık değerlerine (%1, %5, %10) karşılık gelen kritik değerlerden büyük olması, modelde birimler arası korelasyon sorunu (yatay kesit bağımlılığı) olduğunu ifade etmektedir. Test sonuçları Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Birimler arası korelasyon, Pesaran CD ve Frees' Testleri

Pesaran'ın kesitsel bağımsızlık testi	21.533, olasılık: 0.000000
Frees' test istatistiği= 7.795	
Frees' Testi kritik Değerleri	
alpha = 0.10 : 0.1438	
alpha = 0.05 : 0.1888	
alpha = 0.01 : 0.2763	

3.4. Tesadüfi Etkiler Tahmincisi (Dirençli Standart Hatalar)

Sonuç olarak modelde heteroskedasite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon bulunmaktadır. Bu durumda modeldeki parametrelerin hesaplanması için dirençli standart hatalar tahmincisi kullanılmalıdır (Tatoğlu, 2016). İlgili testin sonuçları Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7. Dirençli Standart Hatalar (Tesadüfi Etkiler Modeli) Tahmin Sonuçları

Wald chi2= 80.72	prob>chi2 =0.000					R ² =0.611
Değişkenler	katsayı	std hata	z ist	p >z	%95 güven aralığı	
CO ₂ verimliliği	0.15573	0.02747	5.67	0.000	0.10187	0.20958
Yeşil teknoloji	0.01602	0.00360	4.45	0.000	0.00895	0.02308
Sbt	9.301	0.15682	59.31	0.000	8.99392	9.6086

Dirençli standart hatalar ile hesaplanan z istatistiklerini göre CO₂ verimliliği ve yeşil teknolojilerin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi pozitif ve anlamlıdır. Wald testi anlamlı ve R² %61 civarındadır.

3.5. Panel Birim Kök Testi ve Eşbütünleşme Analizi

Panel veriler kullanılarak oluşturulan regresyon modellerinde, durağan olmayan değişkenler kullanıldığında parametrelerin istatistiksel anlamlılık değerlerinde hatalı sonuçlar verebilir. Granger ve Newbold'un (1974) belirttiği "Sahte regresyon" olasılığının üstesinden gelmek için modellerin orijinal serileri yerine değişkenlerin ilk farkları kullanılarak model oluşturulur.

Regresyon modeli

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \varepsilon_t \quad (7)$$

Burada Y_t ve X_t , I(1) durağan olmayan zaman serileridir (birim kök içerirler); Bununla birlikte, eğer hata terimini gösteren ε_t I(0) ise (durağandır), o zaman $Y_t - \beta X_t$ de I(0)'dır, bu da $Y_t - \beta X_t$ 'nin doğrusal kombinasyonunun durağan bir durumun istatistiksel özelliklerine sahip olduğunu gösterir. Bu durumda değişken ve değişkenler Y_t ve X_t eşbütünleşiktir.

MW (Maddala & Wu) ve CIPS (Pesaran) testleri için Boş hipotez değişkenlerin I(1) olduğu yönündedir. MW testi kesitler arasında birimler arası bağımlılığın olmadığını, CIPS testi ise birimler arası bağımlılığın olduğu varsayımına dayanmaktadır. Yapılan ön testler sonucunda modelde birimler arası korelasyon sorunu bulunmaktadır. Her iki testin sonuçları Tablo 8'de raporlanmıştır.

Tablo 8. Panel Birim Kök Testi

Yöntem		Maddala & Wu		Pesaran (CIPS)	
H ₀ : Birim kök var		İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık
Kişi Başına Gelir Büyüme (Düzy)	Sabit	35.166	0.978	0.567	0.715
	Sabit ve Trend	34.789	0.980	6.137	1.000
D.Kişi Başına Gelir Büyüme I (1)	Sabit	118.811	0.000 *	-8.400	0.000*
	Sabit ve Trend	83.854	0.006 *	-6.004	0.000*
Yeşil Teknoloji (Düzy)	Sabit	55.739	0.409	-0.604	0.273
	Sabit ve Trend	24.401	1.000	1.444	0.926
D.Yeşil Teknoloji I (1)	Sabit	74.309	0.035 **	-1.857	0.032**
	Sabit ve Trend	77.592	0.019 **	-5.538	0.000*
CO ₂ verimliliği (Düzy)	Sabit	4.543	1.000	2.623	0.044**
	Sabit ve Trend	59.710	0.276	2.779	0.062***
D.CO ₂ verimliliği I (1)	Sabit	114.030	0.000	-4.106	0.000
	Sabit ve Trend	106.360	0.000	-5.045	0.000

*Gecikme sayıları Shwarz Bilgi kriteri ile seçilmiştir. *,** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade eder.

Birim kök test sonuçlarına göre değişkenler düzeyde durağan değilken birinci farkları alındığında durağandır. Ancak yeşil teknoloji değişkeni CIPS testinde sabitli olduğu durumda %5 düzeyinde durağan iken, sabitli ve trend olduğu durumda %10 anlamlılık düzeyinde durağan durumdadır. Birim

kök sınaması yapıldıktan sonra CO₂ verimliliği ve yeşil teknolojilerin, ekonomik büyüme üzerindeki etkisini test etmek için Pesaran vd. (1999) tarafından geliştirilen Panel Autoregressive Distributed Lag (Panel ARDL) model kullanılmıştır. Panel ARDL modeli grup tahmincisi (mean grup-mg), ve dinamik sabit etkiler modeline dayanmakta ve temel panel ARDL denklemi şu şekilde oluşturulmaktadır:

Model 3:

$$\Delta \text{LnBüyüme}_{it} = \delta_0 + \sum_{i=1}^m \delta_{1i} \Delta \text{LnBüyüme}_{t-i} + \delta_0 + \sum_{i=0}^m \delta_{2i} \Delta \text{LnCO}_2 \text{ verimliliği}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{3i} \Delta \text{LnYeşil Teknoloji}_{t-i} + u_{it} \quad (8)$$

ARDL yöntemi değişkenlerin I(0), I(1) veya her ikisinin karışımını sergileyip sergilemediğine bakılmaksızın kullanılan bir yöntemdir (Pesaran ve Shin, 1998). Bu doğrultuda çalışmada panel ARDL yöntemi ile CO₂ verimliliği ve yeşil teknolojilerin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ele alınan farklı 27 ülke için ARDL modeli ile test edilmiştir. ARDL modeli için DFE (Dynamic Fixed Effects) ve MG (Mean Group) tahmincilerle ilişkin sonuçlar aşağıda tablo 8'de raporlanmaktadır. Tablo 8 incelendiğinde DFE tahmin sonuçları hem kısa hem de uzun dönemde CO₂ verimliliğinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif yönlü bir etkisi olduğunu göstermekte ve her iki dönem için katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmektedir. Bir diğer panel ARDL tahmincisi olarak kabul edilen MG sonuçları da CO₂ verimliliği değişkeninin hem kısa hem de uzun katsayısının pozitif olduğunu gösterirken söz konusu etki kısa ve uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlıdır. Öte yandan yeşil teknoloji değişkeninin kısa dönemde ve uzun dönemde katsayıları MG tahmincisi için negatiftir ancak istatistiksel olarak anlamlı değildir. DFE modeline göre yeşil teknolojilerin katsayısı kısa dönemde pozitif ve anlamlı uzun dönemde negatif olarak hesaplanmaktadır. Hata düzeltme katsayısı beklenildiği gibi negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tablo 9. MG ve DFE Tahmincilerinin Uzun ve Kısa Dönem Katsayıları

Uzun Dönem Katsayılar	MG	DFE
CO verimliliği	0.238 (0.000)*	0.112 (0.009)*
Yeşil Teknoloji	-0.008 (0.693)	-0.047 (0.028)**
Hata Düzeltme Katsayısı		
ECT	-0.099 (0.005)*	-0.044 (0.000)*
Kısa Dönem Katsayılar		
CO verimliliği (D1)	0.019 (0.060)***	0.031 (0.000)*
Yeşil Teknoloji (D2)	-0.0005 (0.685)	0.001 (0.025)**

. *,** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade eder.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmadaki temel araştırma sorusu, yeşil teknolojik yeniliklerin ve CO₂ verimliliğinin ekonomik büyümeye etkin bir şekilde katkıda bulunup bulunamayacağını test etmektir. Çalışmada 2000-2018 yılları arasında analize dahil edilen OECD ülkeleri için uygulanan dirençli standart hatalar (tesadüfi etkiler modeli) tahmin sonuçlarına göre, CO₂ verimliliği ve yeşil teknolojilerin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi pozitif ve anlamlıdır. ARDL testi sonucunda uygulanan MG (ortalama grup) tahmincisinin sonuçları hem kısa hem de uzun dönemde CO₂ verimliliğinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif yönlü bir etkisi olduğunu göstermekte ve her iki dönem için katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmektedir. Diğer taraftan yeşil teknolojiler değişkeninin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi DFE (dinamik sabit etkiler) tahmincisine göre istatistiksel olarak anlamsızdır.

Düşük karbon ekonomisine geçişte yeşil teknolojilerin rolü önemlidir. Ancak literatür taramasının sonuçlarına göre gelişmiş ekonomilerde, yeşil teknolojik yeniliklerin emisyonları önemli ölçüde azalttığı görülürken bazı ülkelerde aralarındaki ilişki anlamsız ya da ters yönde olabilmektedir. Çalışmamızın ampirik bulgularından yola çıkarak CO₂ verimliliğinin ekonomik büyümeyi artırdığını ancak yeşil teknolojiler için bulguların kompleks olduğunu söyleyebiliriz. Uyguladığımız panel veri analizi modellerinden tesadüfi etkiler modeli, CO₂ verimliliği ve yeşil teknolojilerin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini pozitif ve anlamlı bulurken; uzun ve kısa dönem katsayılarını içeren DFE tahmincisine göre yeşil teknolojiler değişkeninin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsızdır.

CO₂, küresel ısınmaya katkıda bulunan başlıca sera gazı olarak kabul edilmektedir. CO₂ verimliliği, yayılan CO₂ birimi başına üretilen reel GSYİH olarak hesaplanmaktadır. Bu ampirik sonuçlar ışığında politika önerilerimiz, ülkelerin 2050 yılı için koydukları karbon nötr hedefi kapsamında yeşil teknolojileri geliştirmeleri ve CO₂ verimliliğini artırmalarıdır. Sonuç olarak, yeşil ekonomik büyümenin en önemli unsurunun, daha az karbon salınımına yol açan teknolojilerin kullanılması yoluyla gerçekleşen üretim olduğunu söyleyebiliriz.

KAYNAKÇA

- Asteriou, D. ve S. G. Hall, (2021). *Applied Econometrics*. Bloomsbury Publishing Plc.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. Wiley.
- Baltagi, B. ve Wu, P.X. (1999). 'Unequally Spaced Panel Data Regressions with Ar(1) Disturbances. *Econometric Theory*, 15(6), 814-823
- Bowen, A. ve Frankhauser, S. (2012). The Green Growth Narrative: Paradigm Shift or Just Spin? *Global Environmental Change*, 21, 1157-11159
- Das, P. (2019). *Econometrics in Theory and Practice: Analysis of Cross Section, Time Series and Panel Data with Stata 15*. 1, Springer Singapore Pte. Limited.
- Ghazouani, T. (2021). Impact of FDI Inflow, Crude Oil Prices, and Economic Growth on CO2 Emission in Tunisia: Symmetric and Asymmetric Analysis Through ARDL and NARDL Approach. *Environ. Econ.* 12(1), doi:10.21511/ee.12(1).2021.01
- Granger, C.W.J. & Newbold, P. (1974). Spurious Regression in Econometrics. *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.
- Grosman, G. M. & Krueger, A. B. (1991). Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement. NBER Working Paper, No: 3914.
- Hussain, Z., Mehmood, B., Khan, M.K. & Tsimisaraka, R.S.M. (2021). *Green Growth, Green Technology, and Environmental Health: Evidence from High-GDP Countries*. *Frontiers in Public Health*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.816697>
- Nathaniel, S.P. ve Iheonu, C.O. (2019). CO2 Abatement in Africa: The Role of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption. *Science of the Total Environment*, 679, 337-345.
- Nosheen, M., Iqbal, J. ve Abbasi, M. A. (2021). Do Technological Innovations Promote Green Growth in the European Union? *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 21717–21729
- OECD (2017). Green Growth Indicators. OECD Environment Statistics (database), <http://dx.doi.org/10.1787/data-00665-en>
- Oğuztürk, B.S. ve F. Özbay, (2022). The Relationship Between Green Innovation, CO2 Emissions, Gross Domestic Product, and Renewable Energy Supply: A Panel Data Analysis for BRICS Countries and Turkey. *Istanbul Business Research*, 51 (1), 1-20.
- Pesaran, M.H. & Shin, Y. (1998) *An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis*. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, 31, 371-413.
- Pesaran, M.H., Yongcheol, S. & Ron, P. S. (1999). Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621-634.
- Pesaran, M. H. (2004). *General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels*. IZA DP, No. 1240
- Pandey, S. & Mishra, M. (2016). CO2 Emissions and Economic Growth of SAARC Countries: Evidence from a Panel VAR Analysis. *World Journal of Applied Economics*, 1(2), 23-33.
- Tatoğlu, F. (2016). *Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı*. Beta Yayınları: İstanbul.
- Umar, M., Ji, X., Kirikkaleli, D., Shahbaz, M. ve Zhou, X. (2020). Environmental Cost of Natural Resources Utilization and Economic Growth: Can China Shift Some Burden through Globalization for Sustainable Development? *Sustain Develop*, 28(6),1678-1688.

- Ulucak, R., Danish, B. ve Ozcan, B. (2020). Relationship Between Energy Consumption and Environmental Sustainability in OECD Countries: The Role of Natural Resources Rents. *Resour. Pol.*, 69, 101803. doi:10.1016/j.resourpol.2020.101803
- UNESCAP (t.y.), <https://www.unescap.org/our-work/environment-development/green-growth>, erişim: 28.04.2022
- Wang, Y., Li, Y., Zhu, Z. ve Dong, J. (2021). Evaluation of Green Growth Efficiency of Oil and Gas Resource-Based Cities in China. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(4),1-11.
- Zakari, A., Adedoyin, F.F. ve Bekun, F.V. (2021). The Effect of Energy Consumption on the Environment in the OECD Countries: Economic Policy Uncertainty Perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 52295-52305.
- Zhang, J. & Zhang, Y. (2020). Tourism, Economic Growth, Energy Consumption, and CO2 Emissions in China. *Tourism Econ.* 27, 1354816620918458. doi:10.1177/1354816620918458.