



# YÜKSEK KARBON EMİSYONUNA SAHİP AVRUPA ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ VE FİNANSAL GELİŞMENİN KARBON EMİSYONLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ<sup>1</sup>

## THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION AND FINANCIAL DEVELOPMENT ON CARBON EMISSIONS IN EUROPEAN COUNTRIES WITH HIGH CARBON EMISSIONS

Mehmet Hanifi ATEŞ\*, Canan DAĞIDIR ÇAKAN \*\*, Sabri KURTOĞLU\*\*\*

\*Doktora Öğrencisi, Marmara Üniversitesi, mehmetates@marun.edu.tr, 

\*\*Doç. Dr., Marmara Üniversitesi, cdagidir@marmara.edu.tr, 

\*\*\*Doktora Araştırmacı, The University of Zurich, sabri.kurtoglu@uzh.ch, 

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><b>Gönderilme Tarihi</b> 15.05.2024</p> <p><b>Revizyon Tarihi</b> 26.07.2024</p> <p><b>Kabul Tarihi</b> 19.08.2024</p> <p><b>Makale Kategorisi</b> Araştırma Makalesi</p> <p><b>JEL Kodları</b> E02 O44 Q44</p>	<p>Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nde (SKH) küresel ısınmayla mücadele etmek ve küresel sıcaklık artışlarını 1.5 °C ile sınırlamak için yenilenebilir enerjinin ve finansal gelişmenin kritik bir bileşenler olduğu ve SKH'leri gerçekleştirmede yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Sürdürülebilir Kalkınmanın Avrupa ülkelerinde önemli bir konu haline gelmesi, araştırmacıları sürdürülebilir kalkınma göstergeleri arasındaki geniş etkileşimleri incelemeye yönlendirmiştir. Bu amaçla finansal gelişme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin, çevrenin korunmasına nasıl katkıda bulunduğunu belirlemek için en çok karbon emisyonu değerlerine sahip on Avrupa ülkesi incelenmektedir. Çalışmada 2000 ile 2021 yılları arasındaki dönemde finansal gelişme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerindeki etkisi, Westerlund (2007) eşbütünleşme testi ve CCE-AMG tahmincileri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tüm değişkenlerin uzun dönemde eşbütünleşik olduğunu ve yenilenebilir enerjinin çevresel bozulma üzerinde negatif, finansal gelişmenin ise pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Dumitrescu ve Hurlin (D-H) nedensellik testi sonuçlarına göre ise finansal gelişme ve ekonomik büyümeden CO2 emisyonlarına doğru tek yönlü nedensellik bulunurken, yenilenebilir enerji tüketimini ile CO2 emisyonları arasında çift yönlü nedenselliğin mevcut olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular, yenilenebilir enerji kullanımının ve finansal gelişmenin Avrupa ülkeleri için çevre politikası açısından önemli kazanımlar sağlayacağını göstermektedir.</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Karbon Emisyonu, Yenilenebilir Enerji, Finansal Gelişme</p>

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Received</b> 15.05.2024</p> <p><b>Revized</b> 26.07.2024</p> <p><b>Accepted</b> 19.08.2024</p> <p><b>Article Classification:</b> Research Article</p> <p><b>JEL Codes</b> E02 O44 Q44</p>	<p>In the Sustainable Development Goals (SDGs) set by the United Nations, renewable energy and financial development are considered to be critical components to combat global warming and limit global temperature increases to 1.5 °C and will help in achieving the SDGs. The fact that Sustainable Development has become an important issue in European countries has led researchers to examine the broad interactions between sustainable development indicators. For this purpose, the ten European countries with the highest carbon emissions are examined to determine how financial development, renewable energy consumption and economic growth contribute to environmental protection. In the study, the impact of financial development, renewable energy consumption and economic growth on carbon emissions in the period between 2000 and 2021 was analyzed using Westerlund (2007) cointegration test and CCE-AMG estimators. The results show that all variables are cointegrated in the long run and that renewable energy has a negative effect on environmental degradation and financial development has a positive effect. According to the results of Dumitrescu and Hurlin (D-H) causality test, while there was a unidirectional causality from financial development and economic growth to CO2 emissions, it was observed that there was a bidirectional causality between renewable energy consumption and CO2 emissions. The findings show that it may have important consequences for European countries in terms of environmental policy.</p> <p><b>Keywords:</b> Carbon Emissions, Renewable Energy, Financial Development</p>

<sup>1</sup>II. ICOFESP (2024) Kongresinde sunulan sözlü bildirinin gözden geçirilmiş ve düzenlenmiş halidir.

**Atıf (Citation):** Ateş, M. H., Dağdır Çakan, C. & Kurtoglu, S. (2024). "Yüksek Karbon Emisyonuna Sahip Avrupa Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Finansal Gelişmenin Karbon Emisyonları Üzerindeki Etkisi", *Ekonomi Maliye İşletme Dergisi*, 7(2): 87-109



### Extended Abstract

Climate change is basically caused by the increase in the concentration of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere, and an average of 50 billion tons of greenhouse gases are released into the atmosphere every year in the world. Greenhouse gas pollution, such as CO<sub>2</sub> emissions, is considered one of the causes of climate change and global warming. As the negative effects of environmental degradation began to be experienced at a global level over time, including climate change and global warming, this problem has led governments to seek a common solution (IPCC, 2022). According to research published by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), global warming caused by human activities has caused average temperatures to increase by approximately 1°C compared to previous industrial periods. The effects of the recent 1°C global warming have also been seen in the form of severe weather events, rising sea levels and other harmful changes. Following these concerns, countries have adopted both the Kyoto and Paris climate agreements to reduce greenhouse gas emissions.

According to the 2022 Energy Institute World Energy Statistics Report, Europe's ten highest emitting countries (Germany, Türkiye, United Kingdom, Italy, Poland, France, Spain, Netherlands, Ukraine and Belgium) account for more than 11% of total carbon emissions. (EI, 2023). Therefore, urgent measures must be taken to reduce the carbon emissions produced by these ten countries so that sustainable development and prosperity can be achieved in these economies.

We chose these countries because they collectively account for 11% of global carbon emissions, 17.86% of global GDP, and have 6.47% of the global population (WDI, 2023). In addition, these emitting countries play a critical role in reducing emissions on a global scale, covering both developed and developing countries, and the commitments of these countries will be decisive in achieving the targets set in the Paris Agreement and the net zero emissions target by 2050 (Bouckaert et al., 2021).

Previous studies have either focused solely on renewable energy consumption in reducing environmental degradation (Adebayo, Ghosh, et al., 2023; Akan, 2023; Bulut, 2017; Chen and Lei, 2018; Eluwole et al., 2020; Kartal et al., 2024; Kirikkaleli et al., 2024; 2022; Nan et al., 2022) or focused on the impact of growth determinants on environmental degradation (Acheampong et al., 2022; Al-Mulali et al., 2015; Ehigiamusoe and Lean, 2019; Pejovic et al., 2021; Sharma et al., 2021 ; Zhang and Zhang, 2024 ). Our study makes important contributions to the existing literature. First, this is a pioneering study to explore the effects of financial development (FDI), renewable energy use (REC) and economic growth on the carbon emissions of ten major emitters from European countries.

In this study, the impact of renewable energy use (REC), Financial development (FDI) and economic growth (GDP) on carbon emissions (CE) of the ten European countries with the highest carbon emission values in the 2000-2021 period was examined. Firstly, cross-sectional independence and slope homogeneity were investigated in the data sets. Then, due to the heterogeneous nature of the data sets and the presence of cross-sectional dependence, Westerlund (2007) panel cointegration test was performed. After the presence of cointegration was detected, CCE and AMG estimators were used to examine the effects, and finally, Dumitrescu and Hurlin (2012) two-way panel causality test was applied to obtain the causality relationship between the variables. The results obtained show that all variables are cointegrated in the long run. The results also show that renewable energy has a negative impact on environmental degradation and helps reduce environmental risks. According to the findings, the control variables FDI and GDP are positively associated with CO<sub>2</sub> emissions. As expected, the effect of REC is also negative, which contributes to reducing CO<sub>2</sub> emissions in the countries included in the research. Finally, the findings of the causality test reveal that a two-way causal relationship from REC to CO<sub>2</sub> is confirmed, while there is also a unidirectional causal relationship from FDI and GDP to CO<sub>2</sub>.

In order for renewable energy production sectors to develop low-cost energy sources, governments in countries should invest significant funds in R&D projects and reduce tax tariffs. However, renewable energy needs to be installed with cost-saving technologies over time. Countries should focus on less costly renewable energy sources such as solar or biomass. European governments can offer more financial incentives to companies developing renewable energy technologies and guarantee this through legal regulations. Additionally, by expanding carbon taxes, policymakers will encourage producers to turn to energy sources such as solar and wind power.

## Giriş

Üretim ve tüketim hızlarının artmasıyla birlikte ulusların hızlı ekonomik genişleme hedeflerine ulaşma çabaları, küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarında dramatik bir artışa yol açmıştır. Bu süreçte hükümetler, ülkelerinin kalkınmasını teşvik etmek amacıyla olumsuz çevresel etkileri göz ardı etmiş ve yıllar içinde CO<sub>2</sub> emisyonlarında artışa neden olmuştur. İklim değişikliği temelde atmosferdeki sera gazı (Greenhouse gas) (GHG) yoğunluğundaki artıştan kaynaklanmaktadır ve dünyada her yıl ortalama 50 milyar ton sera gazı atmosfere salınmaktadır. CO<sub>2</sub> emisyonları gibi sera gazı kirliliği, iklim değişikliği ve küresel ısınmanın nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Çevresel bozulmanın olumsuz etkileri zamanla iklim değişikliği ve küresel ısınma da dahil olmak üzere küresel düzeyde yaşanmaya başladığından, bu sorun hükümetleri ortak bir çözüm arayışına yönlendirmiştir (IPCC, 2022).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) raporlarına göre, yüksek kirlilik içeren enerji kaynaklarının yanması sonucunda karbon emisyonları yıllık olarak %1.9 artmaktadır (IPCC, 2014). İnsani faaliyetlerin sonucu olarak yenilenemeyen enerji kullanımı nedeniyle kirlilik emisyonları sera gazı artışına ciddi anlamda katkı sunarken özellikle son 150 yılda atmosferdeki sera gazlarındaki artışın neredeyse tamamının insani faaliyetler ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir (EPA, 2022). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayımlanan araştırmaya göre, insan faaliyetlerinden kaynaklanan küresel ısınma, önceki sanayi dönemlerine kıyasla ortalama sıcaklıkların yaklaşık olarak 1°C artmasına neden olmuştur. Son dönemdeki 1°C'lik küresel ısınmanın etkileri, şiddetli hava olayları, yükselen deniz seviyeleri ve diğer zararlı değişiklikler olarak da görülmüştür. Kirliliğin mevcut formunda artış devam ederse, iklim değişikliğinden kaynaklanan sıcaklık artışlarının 2030 ile 2050 yılları arasında 1.5°C'lik artışa ulaşacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2018).

Bu endişelerin ardından ülkeler sera gazı emisyonlarını azaltmak için hem Kyoto hem de Paris iklim anlaşmalarını benimsemişlerdir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir bir ekonomik büyüme ve enerji arzı çeşitliliğinin sağlanmasına yönelik politika arayışları önemli konu haline gelmiştir. Bu bağlamda Kyoto protokolü ile sera gazının özellikle karbondioksit emisyonunun küresel ısınmanın en temel sebebi olduğu vurgusu yapılarak çevresel sürdürülebilirlik ve yenilenebilir enerji tüketiminin önemi ortaya konulmuştur (Eryer ve Konuk, 2022, p. 235). Paris iklim anlaşması temel alınarak Avrupa Birliği (AB) ülkeleri, dünyanın en büyük sera gazı emisyoncularından biri ve önemli bir enerji tüketicisi olarak, küresel ortalama sıcaklığı 2°C'de tutmayı ve sera gazı emisyonlarını 2030'a kadar 1990 seviyesine kıyasla en az %40 azaltmayı taahhüt etmektedirler (Radmehr vd., 2021; UNFCCC, 2016).

Tüm ülkelerde çevresel kirlilik, ekonomik büyüme, küreselleşme, endüstrileşme, yatırım ve kentleşme gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Avrupa Birliği genelinde hava kirliliği, ekonomiler için ciddi bir tehlike oluştururken; sanayinin yayılması, nüfus artışı, konut ve altyapı geliştirmesindeki artış, artan araç trafiği ve etkisiz hava kirliliği kontrol programları gibi faktörler bu sorunun ana sebepleri olarak değerlendirilmektedir (Akan, 2023). Karbon emisyonlarını hafifletmek için enerji tüketim karışımının yapısını çeşitlendirerek yenilenebilir ve diğer kirlilik yapmayan enerji türlerinin payını artırmak karbonsuz bir ekonomiye geçişi sağlayacaktır. Bu doğrultuda, Avrupa Birliği 2050 yılı için iklim nötrlüğü hedefini benimsemiş ve 2030'a kadar yenilenebilir enerji payını %45'e çıkarma hedefini de amaçlamaktadır (EUR, 2022). Ekonomik büyümenin çevresel bozulma ile doğrudan ilişkili olduğu ve kirli havanın insanlara ve çevreye verebileceği zarar dolayısıyla toplumun geniş bir kesiminde hava kalitesine dair yaygın bir endişe bulunmaktadır (Hanif vd., 2019; Zhang ve Zhang, 2024). Yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeyi ve çevresel kaliteyi dengeleme potansiyeline sahip olması nedeniyle yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi konusu özellikle AB ülkeleri olmak üzere birçok ülkenin dikkatini çekmiştir. AB'nin 2030 iklim ve enerji çerçevesi, yenilenebilir enerjinin katkısını artırmaya ve enerji verimliliğini teşvik etmeye yönelik yeni hedefler belirlemiştir. Yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi, karbon emisyonlarını azaltmak ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için etkili bir yaklaşım olarak kabul edilmiştir (Lee, 2019). AB'nin yenilenebilir enerji tüketimini artırma kararı göz önüne alındığında, bu çalışma AB'deki ekonomik

büyüme, çevresel kirlilik ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi yeni bir ekonometrik yaklaşım kullanarak incelemeyi amaçlamaktadır (Radmehr vd., 2021).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA, 2017) tarafından yapılan projeksiyona göre, 2050 yılına kadar yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin küresel olarak %44 oranında artması beklenmektedir. Küresel ısınmayı azaltma stratejileri arasında enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji gibi yeşil teknolojilerin, küresel ısınmayı %60'tan fazla azaltmada öncü olması beklenmektedir. Ancak farklı ülkelerde yeşil teknoloji inovasyonlarının gerçek etkisinin bireysel ekonomik veya sosyal koşullara bağlı olarak değişebilmesinden dolayı yeşil teknoloji inovasyonlarının benimsenme ve yayılma düzeyleri önemli ölçüde farklılık göstermektedir (IEA, 2020). Yeşil teknolojilerin geliştirilmesi için önemli Ar-Ge yatırımlarına ihtiyaç vardır. Bu hedefe ulaşmak ve teknolojik ilerlemeyi desteklemek amacıyla güçlü bir finansal sektör gerekmektedir. Mevcut literatüre göre, enerji emisyonlarını izlemede finans sektörü enerji sektöründeki teknolojik ilerlemeyi destekleyerek karbon emisyonlarını azaltmayı amaçlamaktadır. (Acheampong, 2019; Chen vd., 2019). Finansal gelişmenin, karbon emisyonlarını azaltma çabalarına yapıcı katkıda bulunabileceği gözlemlenmektedir. Özellikle sağlam bir finansal sistem, araştırma ve geliştirmeye (Ar-Ge) yapılan yatırımları artırabilir, doğrudan yabancı yatırımı (FDI) çekebilir ve yatırımlarda asimetri ve belirsizliği azaltarak çevresel sürdürülebilirliği artırabilir (Hayat vd., 2018). Finansal gelişme çeşitli kanallar aracılığıyla çevre kalitesi üzerinde etkili olabilir (Bayar vd., 2020; Ergün ve Polat, 2022; Majeed ve Mazhar, 2019).

1-Finansal gelişme sanayi ve fabrika faaliyetleri için gerekli sermayeleri sağlayarak çevre kirliliğine yol açabilir.

2-Finansal araçlar çevreyi iyileştirecek çevre dostu teknolojilere erişebilir.

3- Finansal gelişme çevresel projeler için daha az maliyetle daha fazla finansal kaynak sağlayabilir. Tüm dünya çevresel kalitenin bozulmasından kaynaklanan tehditlere maruz kalsa da dünyayı bu tehditlerden kurtarma sorumluluğu büyük miktarda çevre kirliliğine neden olan ülkelerin kararlılığına bağlıdır (Ergün ve Polat, 2022; Shahbaz vd., 2018). 2022 Enerji Enstitüsü'nün Dünya Enerji İstatistik Raporu'na göre, Avrupa'nın en yüksek emisyon yapan on ülkesi (Almanya, Türkiye, Birleşik Krallık, İtalya, Polonya, Fransa, İspanya, Hollanda, Ukrayna ve Belçika), toplam karbon emisyonlarının %11'inden fazlasını oluşturmaktadır (EI, 2023). Bu ülkelerde sürdürülebilir kalkınma ve refahın sağlanabilmesi için ülkelerin ürettiği karbon emisyon miktarlarını azaltılması yönünde acil önlemlerin alınması gerekmektedir.

Son dönemde iklim değişikliği dünya genelinde en önemli ve tartışmalı konulardan biri haline gelmiştir. Önceki araştırmalar ya çevresel bozulmanın azaltılmasında yalnızca yenilenebilir enerji tüketimine odaklanmıştır (Adebayo, Ghosh, vd., 2023; Akan, 2023; Bulut, 2017; Chen ve Lei, 2018; Eluwole vd., 2020; Kartal vd., 2024; Kirikkaleli vd., 2022; Nan vd., 2022) ya da büyüme belirleyicilerinin çevresel bozulma üzerindeki etkisine odaklanmıştır (Acheampong vd., 2022; Al-Mulali vd., 2015; Ehigiamusoe ve Lean, 2019; Pejovic vd., 2021; Sharma vd., 2021; Zhang ve Zhang, 2024). Çalışmamız mevcut literatüre önemli katkılarda bulunmaktadır. İlk olarak, bu çalışma Avrupa ülkelerinden on büyük emisyoncunun karbon emisyonları üzerinde finansal gelişme (FDI), yenilenebilir enerji kullanımı (REC) ve ekonomik büyümenin etkilerini keşfetmeye yönelik öncü bir çalışmadır.

Tablo 1'deki veriler incelendiğinde, Türkiye ve Polonya dışında kalan seçili ülkelerin dünyadaki karbon emisyon paylarında 2000 yılına göre azalış olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca Türkiye hariç çalışmaya dahil edilen diğer ülkelerin dünyadaki karbon emisyon miktarlarındaki azalış görülmüştür. Bu veriler ışığında çalışmada bu ülkeleri seçmemizin nedeni, topluca küresel karbon emisyonlarının %11'ini, küresel GSYİH'nin %17,86'sını oluşturmaları ve küresel nüfusun %6,47'sine sahip olmalarıdır (WDI, 2023). Ayrıca bu karbon emisyoncusu ülkeler hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeleri kapsayarak küresel ölçekte emisyonları azaltmada kritik bir rol oynamasının yanı sıra bu ülkelerin taahhütleri, Paris Anlaşması'nda belirlenen hedeflerin ve 2050'ye kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için belirleyici olacaktır (Bouckaert vd., 2021). İkinci olarak, finansal gelişmenin enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin finansal gelişmenin göstergelerine bağlı olarak değişebileceği savunulmaktadır (Akan, 2023; Habiba vd., 2022; Park vd., 2018; Pata, 2018). Bu farklı finansal gelişme göstergelerinin karbon emisyonu üzerinde çeşitli etkilere sahip olabileceği anlamına

gelmektedir. Önceki çalışmalarda finansal gelişme genellikle özel krediler/GSYİH veya hisse senedi piyasa değeri/GSYİH gibi basit rasyolarla ölçülürken bu çalışmada IMF tarafından oluşturulan finansal kurumların ve piyasaların erişim, derinlik ve verimlilik açısından ne kadar gelişmiş olduğunu ölçen finansal kalkınma endeksi kullanılmıştır. Üçüncü olarak, çalışmamız CIPS panel birim kök testi, Westerlund eşbütünleşme testi, CCE-AMG tahmincisi ve Dumitrescu ve Hurlin (2012) (D-H) panel heterojen nedensellik yöntemi gibi ikinci nesil tahminciler kümesini kullanmaktadır. Çalışmada finansal gelişme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin, çevre korumasına nasıl katkıda bulunduğunu belirlemek amacıyla en çok karbon emisyonları değerlerine sahip on Avrupa ülkesinin karbon emisyonlarına finansal gelişmenin, ekonomik büyümenin ve yenilenebilir enerji kullanımının etkileri incelenmiştir.

**Tablo 1:** *Avrupa Ülkelerinde Karbon Emisyon Miktarı (Metric Ton)*

Ülke	2000	2021	2022	2000 payı	2021 payı	2022 Payı
Almanya	854,4	642,8	634,9	3,6%	1,9%	1,8%
Türkiye	205,7	412,6	409,7	0,9%	1,2%	1,2%
Birleşik Krallık	566,6	341,4	344,6	2,4%	1,0%	1,0%
İtalya	434,4	314,4	317,7	1,8%	0,9%	0,9%
Polonya	299,8	309,9	295,7	1,3%	0,9%	0,9%
Fransa	381,5	274,4	269,7	1,6%	0,8%	0,8%
İspanya	309,3	243,6	260,9	1,3%	0,7%	0,8%
Hollanda	216,2	177,0	169,1	0,9%	0,5%	0,5%
Ukrayna	335,9	167,7	108,8	1,4%	0,5%	0,3%
Belçika	136,3	113,5	108,2	0,6%	0,3%	0,3%

**Kaynak:** (Energy Institute Statistical Review of World Energy 2023)

## 1. Literatür İncelemesi

### 1.1. Yenilenebilir Enerji Kullanımı ve Karbon Emisyonu

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji ihtiyaçlarını karşılamanın doğal bir yoludur ve çevreyi etkilemeden enerji üretirler. Yenilenebilir enerji kaynaklarının faydaları göz önüne alındığında, araştırmacılar enerji kaynaklarını yenilenebilir ve yenilenemez olarak ayırmış ve bu farklı enerji kaynaklarının çevresel kaliteyi nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Aşağıda bu konudaki araştırmaların bulgularına yer verilmektedir.

Farhani ve Shahbaz (2014), (MENA) ülkeleri için (FMOLS) modeli kullanarak yenilenebilir enerji ve yenilenemeyen enerji kullanımı ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemişler ve hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen enerji kullanımının karbon emisyonlara arttırdığı sonucuna varmışlardır. Bulut (2017), Türkiye için 1970-2013 yılları arasındaki dönemde hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen enerji kullanımının karbon emisyonlarını arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Anwar vd. (2021), ASEAN ülkeleri için MMQR modelini kullanmış ve yenilenebilir enerjinin karbon emisyonlarının etkisini azalttığını ifade etmişlerdir. Zhang vd. (2017), yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kullanımının emisyonları azaltmadaki etkinliğini DOLS, FMOLS ve ARDL tekniklerini kullanarak inceledikleri çalışmada, yenilenebilir enerjinin Pakistan'da karbon emisyonları önemli ölçüde azalttığını bulmuştur. Jin ve Kim (2018), 1990-2014 döneminde 30 ülke için yaptıkları araştırmada yenilenebilir enerji kullanımının karbon emisyonlarını azalttığını ancak nükleer enerji kullanımının karbon emisyonlarını azaltmada etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Anwar vd. (2021), QARDL yöntemini kullanarak 1990-2018 yılları çeyreklik verilerine göre Çin'de yenilenebilir enerji kullanımının karbon emisyonlarını azalttığını ifade etmişlerdir. Habiba vd. (2021), CCEMG modelini kullanarak 1981-2017 döneminde G20 üye ülkelerinde sermaye piyasalarının ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel bozulmayı azalttığı ifade edilmiştir. Usman ve Makhdom (2021), 1990 ile 2018 arasında BRICS-T ülkelerinde yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkisini FMOLS, AMG ve CCEMG yöntemleri analiz etmemişlerdir. Analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre yenilenemez enerji kullanımının karbon emisyonları artırıcı bir etkisi olduğunu, ancak yenilenebilir enerjinin karbon emisyonları azaltıcı bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Bayar vd. (2020), 1995-2017 dönemde AB üyesi

ülkelerinin birincil enerji tüketiminin karbon emisyonlarını arttırdığını ifade etmişlerdir. Kirikkaleli vd. (2022), 1990-2017 döneminde ARDL yöntemi, FMOLS ve DOLS tahminçileri sonuçlarına göre Şili’de yenilenebilir enerjinin karbon emisyonları azaltmada olumlu katkısı olduğunu önermişlerdir. Shan vd. (2021) 1990-2018 döneminde Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini ARDL yöntemi ile analiz etmiştir. Analiz sonucunda yenilenebilir enerji kullanımının karbon emisyonlarının azalmasında olumlu katkısı olduğu tespit edilmiştir. Ganda (2019), GMM yöntemi ile elde edilen bulgulara göre 25 OECD üyesi ülkenin 2000-2014 yılları arasında yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerinde azaltıcı etkiye sahip olduğunu önermişlerdir. Literatürde yer alan çalışmaların sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji kullanımının farklı zamanlarda ve farklı bölgelerdeki ülkelerde karbon emisyonlarını azalttığı yönünde genel bir görüş hakimdir. Ancak, birincil enerji kullanımının karbon emisyonları üzerindeki etkisinin kullanılan yöntem ve ülke grubuna göre farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Enerji tüketiminin çevreye olumsuz etkisinin ortaya konduğu çalışmalarda ise, bu etkinin ekonomik gelişmişlik düzeyi ile de ilintili olduğu bulgusu paylaşılmaktadır.

## 1.2. Finansal Gelişmişlik Endeksi ve Karbon Emisyonu

Finansal sektörün kalkınması finansal hizmetlerin iyileşmesine ve yeşil büyümeyi artıracak yabancı yatırımcıları çekmeye imkân verir. Bu nedenle her ülke açısından finansal sektörlerinin çevreye duyarlı büyümeyi teşvik etmede aktif rol oynamasını sağlamak önem taşımaktadır (Ergün ve Polat, 2022). Literatürde yer alan önceki çalışmaların sonuçları arasında tutarsızlıklar bulunmaktadır. Bazı araştırmalar finans sektörü gelişiminin emisyon seviyelerini azalttığını savunurken (Acheampong, 2019; Hasni vd., 2023; Shahbaz vd., 2018); diğerleri bu gelişimin karbon emisyonlarını artırdığını öne sürmektedir (Acheampong vd., 2020; Bayar vd., 2020; Habiba vd., 2022; Le vd., 2020; Shahbaz vd., 2016). Bir diğer grup ise, finansal kalkınmanın karbon emisyonları ile herhangi bir ilişkisinin olmadığını iddia etmektedir (Omri vd., 2015) (Maji vd., 2017). Bu bağlamda, önceki araştırmaların tutarsız sonuçlarını göz önünde bulundurarak bu çelişkilerin çözülmesi için daha fazla ampirik araştırmanın yapılması gereklidir.

Shahbaz vd. (2018), finansal gelişimin ve doğrudan yabancı yatırımlarının Fransada karbon emisyonlarını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Acheampong (2019), 46 Sahra Altı Afrika ülkelerinde özel sektöre sağlanan krediler aracılığıyla finansal gelişimin karbon emisyonlarını pozitif yönde etkilediğini belirtmiştir. Ehigiamusoe ve Lean (2019), 122 ülkeyi gelir gruplarına göre ayırdıkları panel veri analizinin sonuçlarına göre yüksek gelir grubundaki ülkelerde finansal gelişimin karbon emisyonlarını azaltıcı etkiye sahip olduğu, orta ve düşük gelir grubundaki ülkelerde ise finansal gelişimin karbon emisyonlarını arttırıcı etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bayar vd. (2020), 1995-2017 döneminde çalışmaya dahil edilen 11 AB üyesi ülkelerde finansal gelişimin karbon emisyonlarını arttırdığını ifade etmişlerdir. Acheampong vd. (2020), gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde finansal gelişimin karbon emisyonlarını arttırdığını ifade etmiştir. Shahbaz vd. (2020), ARDL yöntemi ve nedensellik analizine göre Birleşik Arap Emirliklerin de finansal gelişimin karbon emisyonlarını arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Habiba vd. (2021), G20 ülkelerinde sermaye piyasalarının ve finansal piyasaların gelişmişliğinin karbon emisyonları üzerinde etkisi incelemiştir. CCEMG yöntemi ile elde edilen bulgulara göre finansal gelişimin karbon emisyonlarını arttırdığını, sermaye piyasaların gelişmişliğinin ise karbon emisyonlarını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Habiba vd. (2022), Dumitrescu ve Hurlin (D-H) nedensellik testi sonuçlarına göre, en büyük 12 karbon emisyonuna sahip ülkelerde finansal gelişimin karbon emisyonları arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Anwar vd. (2022), FMOLS ve DOLS tahminçileri ile elde edilen bulgulara göre 15 Asya ülkesinde finansal gelişimin karbon emisyonları arttırdığını tespit etmişlerdir. Paramati vd. (2021), 1991-2016 dönemi için 25 OECD ülkesinde AMG ve FMOLS tahminçileri sonuçlarına göre finansal gelişimin karbon emisyonlarını azalttığını tespit etmişlerdir. Wang vd. (2023), 124 ülke için finansal gelişimin Ar-Ge harcamalarını arttırarak karbon emisyonlarını azaltıcı etki gösterdiğini belirtmiştir. Hasni vd. (2023), Asya-Pasifik ülkelerinde PMG-ARDL yöntemi sonuçlarına göre finansal gelişimin ve finansal istikrarın karbon emisyonları üzerinde etkisinin azalma yönünde olduğunu belirtmişlerdir.

Xu vd. (2023), 2010-2020 dönemi için 5 Asya ülkesinde CS-ARDL metodu sonuçlarına göre uzun dönemde finansal gelişmenin karbon emisyonlarını azalttığını ifade etmişlerdir.

### 1.3. Ekonomik Büyüme ve Karbon Emisyonu

Ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki bağlantı, teorik olarak "Çevresel Kuznets Eğrisi" (EKC) olarak bilinen kavram ile desteklenmektedir. Bu eğriye göre ekonomik büyüme kişi başına düşen gelir belirli bir seviyeye yükselene kadar kirliliğe yol açar, bu seviyeden sonra ise ekonomik büyüme, çevresel farkındalığın artması ve üretimin daha temiz sektörlere kayması nedeniyle kirliliği azaltır. Dolayısıyla ekonomik büyümenin, gelir eşliğinin altında olan Az Gelişmiş Ülkeler (AGÜ) ve Gelişmekte Olan Ülkelerde (GOÜ) çevre kirliliğini artırması beklenmektedir (Kuznets, 1955). Öte yandan gelişmiş ülkelerdeki sıkı çevre düzenlemelerinin varlığı, ciddi çevre kirliliğine yol açan ürünlerin, çevre düzenlemelerinin ya hiç olmadığı ya da zayıf bir şekilde uygulandığı AGÜ ve GOÜ'lerde üretilmesine neden olmaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki birçok şirket, kendi ülkelerindeki yasal düzenlemelerden kaçınmak için üretimlerini çevrenin rahatça kirletilebileceği ülkelere taşıyabilir. Literatürde "Kirlilik Limanları Hipotezi" olarak adlandırılan bu olgu, son zamanlarda doğrudan yabancı yatırımın (DYY) nedenlerini ve sonuçlarını inceleyen ampirik çalışmalarda dikkate alınmaktadır (Deger ve Pata, 2017, s32). Bu hipoteze dayanarak, Grossman ve Krueger (1991) 1990'larda çevre kirliliğinin ekonomik büyümenin ilk yıllarında artacağını, ancak büyümenin ilerlemesiyle azalacağını ileri sürmüşlerdir. Başka bir deyişle, gelişmekte olan ülkelerde çevresel faktörlerin olumsuz etkisinin, kalkınmanın ilk adımlarında yüksek olacağı, ancak ülke geliştikçe bunun telafi edileceği varsayılmaktadır.

Ekonomik büyüme ile CO2 emisyonları arasında bir bağlantı olduğu birçok çalışmanın bulgularında gösterilmiştir. Zhang ve Zhang (2024), Euro-27 ülkelerinde ekonomik büyümenin, yenilenebilir enerji kullanımının ve finansal gelişmenin karbon emisyonları üzerinde pozitif etkisi olduğunu belirtmiştir. Kirikkaleli ve Adebayo (2021), ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki sonraki etkileri göz önünde bulundurmadan ekonomilerini genişletme çabalarının bir sonucu olarak küresel ekonomik büyümenin çevresel kaliteyi bozduğunu belirtmişlerdir. Radmehr vd. (2021), AB ülkeleri için ekonomik büyüme, karbon emisyonları ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki üç yönlü ilişkileri keşfetmek için mekânsal eşzamanlı denklemler modellerini kullanmış ve ekonomik büyümenin, karbon emisyonları veya yenilenebilir enerji tüketiminden daha güçlü bir şekilde mekânsal olarak korelasyonlu olduğunu göstermiştir. Hanif vd. (2019), Asya ülkelerinde ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerinde arttırıcı etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Hashmi ve Alam (2019), 29 OECD ülkesi için ekonomik büyümenin karbon emisyonun arttırdığını; Huntington ve Liddle (2022), 18 OECD ülkesinde enerji fiyatları ve ekonomik büyümenin karbon emisyonlarını arttırdığını; Pejovic vd. (2021), 27 Avrupa ülkesi ve Balkan ülkelerinde 2008-2018 döneminde yenilenebilir kaynaklarından enerji tüketiminin azalttığını ve kişi başı GSYİH'nın karbon emisyonlarını arttırdığını; Radmehr vd. (2021), 1995-2014 dönemi için AB ülkelerinde ekonomik büyümenin karbon emisyonlarının arttırdığını; Singh ve Kaur (2022), Hindistan için karbon emisyonunun arttığında ekonomik büyüme hızının da arttığını ampirik çalışmalar neticesinde belirtmişlerdir.

Ehigiamusoe ve Lean (2019), 122 ülke üzerinde yaptıkları çalışmada ekonomik büyümenin yüksek gelirli ekonomilerde karbon emisyonlarını azaltırken, orta ve düşük gelirli ekonomilerde tam tersi etkiye sahip olduğunu; Acheampong vd. (2022), 1995-2019 dönemi için AB'de ekonomik büyümenin karbon emisyonlarını azalttığını enerjinin tüketiminin ise emisyonları arttırdığını; Raihan ve Tuspekova (2022), 1999-2019 dönemi için DOLS tahminci ile elde edilen bulgulara göre Singapurda ekonomik büyümenin karbon emisyonlarını azalttığını; Bosah vd. (2023), 159 ülkenin verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada benzer şekilde ekonomik büyümenin çevresel kalite üzerinde olumlu etkileri olduğu sonucuna varmışlardır.

Finansal gelişme ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkisi hakkında nispeten zengin bir literatüre rağmen, Zhang ve Zhang (2024), Radmehr vd. (2021), Pejovic vd. (2021), Radmehr vd. (2021) gibi sadece birkaç çalışma, bu değişkenlerin Avrupa ülkelerindeki karbon emisyonları üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Bu çalışma Avrupa ülkelerinin son derece gelişmiş olmalarını, dünyadaki yenilenebilir enerji üreticilerinin başında gelmelerini ve 2050'de iklim



nötrlüğüne ulaşmayı hedeflemelerini dikkate alarak, ekonomik büyüme, finansal gelişme, yenilenebilir enerji ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi araştırmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın mevcut literatüre katkıları şunlardır: (1) Avrupa ülkelerinde finansal gelişme ve yenilenebilir enerjinin karbon emisyonlarına etkisini modellemek için yatay kesit bağımlılıklara izin veren heterojen panel tahmin tekniklerinin kullanılması; (2) Avrupa ülkelerindeki finansal gelişme ve yenilenebilir enerji kullanımının karbon emisyonları üzerindeki etkisine yeni bir bakış sunması; (3) Ekonomik gelişim düzeyi ve finansal gelişmişlik düzeyinin karbon emisyonlarını azaltmada oynadığı rolü vurgulaması; (4) Araştırmacılar, akademisyenler, hükümetler ve politika yapımcılar için yararlı bulgular sağlayarak Avrupa ülkelerinde çevre ve enerji politikalarının tasarlanmasına katkıda bulunması olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada, 2000'den 2021'e kadar olan dönemi kapsayan on büyük karbon emisyonuna sahip Avrupa ülkelerinin dengelenmiş panel verilerini kullanarak FDI, REC ve GDP'nin CO<sub>2</sub> üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının 2000'li yıllardan itibaren yaygınlaşarak artması ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji kullanımının çeşitlendirilmesi nedeniyle 2000 yılı sonrasındaki dönem çalışmaya dahil edilmiştir (EI, 2023). Çalışmada CIPS panel birim kök testi, Westerlund eşbütünlük testi, CCE-AMG tahmincisi ve Dumitrescu ve Hurlin (2012) (D-H) panel heterojen nedensellik yöntemi gibi ikinci nesil tahminciler kümesini kullanılmaktadır. Çalışmanın 2000-2021 arası dönemde kısa zaman diliminin kullanılması bu çalışmanın bir kısıtı olarak değerlendirilebilir ve gelecekte farklı zaman aralıkları ve farklı zaman kısıtlımları üzerinden karşılaştırmalı analizler yapılabilir.

## 2. Veri Seti ve Metodoloji

### 2.1. Veri Seti

Çalışmada en yüksek karbon emisyonuna sahip on Avrupa ülkesinin (Almanya, Türkiye, Birleşik Krallık, İtalya, Polonya, Fransa, İspanya, Hollanda, Ukrayna ve Belçika) 2000-2021 dönemi için yıllık veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın ampirik çerçevesi, finansal gelişmişlik endeksi (FDI), yenilenebilir enerji tüketimi (REC) ve kişi başı GSYİH (GDP) değişkenlerine dayanmaktadır; bunlar açıklayıcı değişkenler olarak modele dahil edilirken karbon emisyonları (CO<sub>2</sub>) bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Bu değişkenlerin ölçümü ve elde edilen veri tabanı Tablo 2'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

**Tablo 2:** Veri Seti ve Veri Tabanları

	Değişken	Notasyon	Veri Tabanı
Bağımlı Değişken	Kişi Başı Karbon Emisyonu Miktarı	CO <sub>2</sub>	Dünya Kalkınma Göstergeleri
Bağımsız Değişken	Kişi Başı Yenilenebilir Enerji Tüketimi	REC	Dünya Enerji İstatistikleri
Bağımsız Değişken	Finansal Gelişim Endeksi	FDI	IMF Veritabanı
Bağımsız Değişken	Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları)	GDP	Dünya Kalkınma Göstergeleri

Önceki araştırmalar, finansal kurumların ekonomik faaliyetleri finanse etmede ve hanelere, işletmelere düşük maliyetli finansman sağlamada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu durumda enerji talebini artırırken aynı zamanda çevresel bozulmaya da katkıda bulunur. Bu bağlamda, çalışma FDI ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında pozitif bir korelasyon öngörmektedir. Tablo 3'te sunulan korelasyon analizinde, yenilenebilir enerji tüketimi karbon emisyonları ile negatif ilişkili iken finansal gelişmişlik ve ekonomik büyümenin karbon emisyonları ile pozitif ilişkili olduğu görülmektedir.



**Tablo 3:** Korelasyon Matrisi

	CO2	REC	FDI	GDP
CO2	1			
REC	-0.5630	1		
FDI	0.3062	0.1126	1	
GDP	0.2437	-0.446	0.0502	1

Bu model, daha önceki araştırmalardan bulgularla uyumlu bir şekilde (Adebayo, Ghosh, vd., 2023; Al-Mulali vd., 2024; Chen ve Lee, 2020; Habiba vd., 2022; Shahbaz vd., 2016; Xu vd., 2023) düzenlenmiştir. Mevcut araştırmada tahmin edilen modelde bağımlı değişken CO2'dir; bağımsız değişkenler ise FDI, REC ve GDP'dir. Çalışmada kullanılan değişkenlerle oluşturulan modelin denklemi eşitlik (1) 'de gösterildiği gibidir.

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 REC_{it} + \beta_2 FDI_{it} + \beta_3 GDP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Denklem 1'de yer alan CO2 = Karbon Emisyonu, FDI = Finansal Gelişme, REC = Yenilenebilir Enerji Tüketimi, GDP = Ekonomik Büyüme,  $\beta_0$ , sabit terim katsayısını  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  eğim katsayılarını,  $t$ , zaman periyodu,  $i$  ülke,  $\varepsilon$  hata terimini ifade etmektedir.

## 2.2. Araştırma Yöntemi

### 2.2.1. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Heterojenlik

Genel olarak temel panel verilerin, göstergeler arasında meydana gelebilen ve yanlış ve önyargılı sonuçlara yol açabilen bir yatay kesit bağımlılığı (CD) olduğu varsayılır (Pesaran, 2007a). Mevcut çalışmalara dayanarak panel veri modellerinin yüksek CD göstermesi gerektiği savunulmaktadır (Fareed vd., 2022). Ayrıca ülkeler arasındaki önemli ekonomik ve finansal bağlantılar göz önüne alındığında, seçilen uluslararası yatay kesit bağımlılığının değerlendirilmesi için önemli bir unsur olacaktır. (Wang vd., 2021). Panel veri analizi için CD testleri yapmak önemlidir. Bu nedenle, (Breusch ve Pagan, 1980), (Pesaran, 2004), (Pesaran vd., 2008) ve sapması düzeltilmiş ölçekli (Baltagi vd., 2012) LM CD testlerini kullanılmıştır. (Pesaran, 2004) CD testinde  $N \rightarrow \infty$  ve  $T \rightarrow \infty$  olması durumunda kullanılabilir ve matematiksel ifadesi denklem (2)'deki gibi sunulur:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left( \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij} \right) \sim N(0,1)_{i,j} \quad (2)$$

Denklem (2) de  $\hat{p}_{ij}$  basit regresyon tahminlerinden elde edilen her çift hata serisi arasındaki korelasyonu gösterir. CD testi hem  $N > T$  hem de  $T > N$  olduğunda kullanılabilir. Yatay kesit bağımlılık testinin boş hipotezi aşağıdaki gibidir.

$$H_0: p_{ij} = \text{corr}(\mu_{it} + \mu_{jt}) = 0 \forall i \neq j \quad (3)$$

Ancak  $CD_{LM}$  testi, grup ortalaması ve sıfır ve bireysel ortalama sıfırdan farklı olduğunda sapmalı sonuçlar vermektedir. Pesaran vd. (2008), test istatistiğine varyans ve ortalamayı ekleyerek bu sapmayı düzeltilmişlerdir. Pesaran vd. (2008), tarafından sunulan test istatistiği aşağıda gösterilmektedir.

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)} \left( \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{v_{Tij}} \hat{\rho}_{ij} \right)} \sim N(0,1) \quad (4)$$

Denklem (4)'te  $\mu_{Tij}$  ortalamayı  $v_{Tij}$  de varyansı sembolize etmektedir.

Eğim heterojenliğinin anlaşılması regresyon analizini etkileyebilir ve hipotez testini bozabilir. Bu nedenle eğim katsayılarının homojen veya heterojen olup olmadığını belirlemek için Pesaran ve Yamagata (2008) testi kullanılmıştır. Pesaran ve Yamagata (2008) homojenlik testi hem  $N > T$  hem de  $T > N$  olduğunda kullanılabilen olup  $\hat{\Delta}$  ve  $\hat{\Delta}_{adj}$  homejenlik test istatistikleri sırasıyla şöyledir:

$$\hat{\Delta} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}\check{\xi} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (5)$$

$$\hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}\check{\xi} - E(\check{Z}_{iT})}{\sqrt{Var(\check{Z}_{iT})}} \right)$$

Delta testlerinde hipotezler:

$$H_0: \beta_i = \beta \text{ (Tüm } \beta_i \text{ ler için)} \quad (6)$$

$$H_a: \beta_i \neq \beta \text{ (En az bir } \beta \text{ için)}$$

şeklinde olup  $H_0$  hipotezinin kabulü homojenliğin,  $H_a$  hipotezinin kabul edilmesi ise heterojenliğin olduğu anlamına gelmektedir (Pesaran vd. 2008).

### 2.2.2. Birim Kök Testi

Yatay kesit bağımlılığını test ettikten sonraki aşama değişkenlerin durağanlık seviyelerini belirlemektir. Küreselleşme nedeniyle tüm ülkelerin temel bağımlılığı göz önüne alındığında, birinci nesil panel birim kök testleri olası CD etkilerini, boyut özelliklerinin eksikliğini, heterojenliği ve boş hipotezi aşırı reddetme sorunlarını göz ardı ettiğinden anlamsızdır. Bu endişelerden dolayı (Pesaran, 2007b) tarafından geliştirilen ikinci nesil birim kök testleri olan yatay kesit Im, Pesaran ve Shin (CIPS) ve yatay kesitli Genişletilmiş Dickey-Fuller (CADF) gibi testler kullanılarak ele alınmaktadır. CADF test istatistiği parametrelerin birinci farkta sabit olduğunun doğrulandıktan sonra başlar ve bu yaklaşım denklem (7)'te sunulmuştur.

$$\sigma Z_{it} = \gamma_i + \Delta_i Z_{i,t-1} + \delta_i \bar{Z}_{t-1} + \sigma_i \varphi \bar{Z}_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Denklem (7)'e birinci farkları eklendiğinde denklem (5) aşağıdaki gibi elde edilir;

$$\sigma Z_{it} = \gamma_i + \Delta_i Z_{i,t-1} + \delta_i \bar{Z}_{t-1} + \sum_{j=0}^p \sigma_{i,j} \varphi \bar{Z}_{t-j} + \sum_{j=1}^p \varphi_{i,j} \varphi Z_{i,t-j} \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$\varphi Z_{i,t-j}$  ve  $\bar{Z}_{t-j}$  sırasıyla ortalama seviye gecikmiş ve birinci farkı gösterir. Ayrıca, CIPS istatistiği, önceki değerlerin basit bir ortalaması alınarak hesaplanır. Pesaran (2007b) tarafından önerilen CIPS testinin matematiksel gösterimi aşağıda gibidir;

$$CIPS(N, T) = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (9)$$

Tüm N ülke için T zaman aralığında geçerli olmak üzere  $t_i(N, T)$  CADF regresyonundaki t-istatistiklerini gösterir.

### 2.2.3. Eşbütünleşme Testi

Eşbütünleşme süreci parametrelerin birinci farkta sabit olduğunun doğrulandıktan sonra başlar. Bu yaklaşım parametreler arasında uzun vadeli bağlantıların olup olmadığını yani parametrelerin zaman içinde birlikte hareket edip etmediğinin belirlenmesini sağlar. Westerlund (2007) yöntemi hem yatay

kesit bağımlılığını hem de heterojenliği dikkate almasından dolayı diğer birinci nesil testlere göre ikinci nesil bir yöntem olarak adlandırılmaktadır ve panel eşbütünleşme analizinde oldukça avantajlıdır. Bu nedenle bu çalışmada, daha güvenilir ve tutarlı sonuçlar üretmek için CD sorununu uygun şekilde ele alan Westerlund (2007) tarafından geliştirilen ikinci nesil Westerlund uzun vadeli eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Bu eşbütünleşme testi şu şekilde açıklanmaktadır:

$$\varphi X_{it} = \lambda_i m_t + \varphi_i (X_{i,t-1} - \theta_i Y_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^p \varphi_{i,j} \varphi X_{i,t-j} + \sum_{j=0}^p \eta_{i,j} \varphi Y_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Denklemden (10)'da  $m_t$  yaklaşık belirlenmiş bileşenleri hesaplayan  $(1 - t)$ ' gösterirken  $\lambda_i$  bilinmeyen parametre vektörünü gösteren  $(\lambda_{1i}, \lambda_{2i})$ ' temsil eder.

#### 2.2.4. Uzun Dönem Tahmin Modeli

Kesitsel verilerin yatay kesit bağımlılığı ve birim kök özelliği gösterdiği durumlarda ve ayrıca ilgili değişkenlerin uzun dönemli eşbütünleşme özelliği taşıdığı durumlarda, regresörlerin uzun dönem esnekliğinin tahmininde en uygun teknikler, sırasıyla Pesaran ve Smith (1995), Eberhardt ve Teal (2010), Pesaran (2006)'ın önerdiği ikinci nesil panel veri tahmin yöntemleri olan Ortalama Grup (MG), Artırılmış Ortalama Grup (AMG) ve Ortak Korelasyonlu Etki Ortalama Grup (CCEMG) gibi heterojen panel regresyonlarıdır. Ancak bu heterojen paneller için homojen eğim tahmini testleri, yanıltıcı ve sahte sonuçlar doğurabilir (Usman ve Makhdum, 2021).

AMG tahmin yaklaşımı kesitler arasında heterojen eğim katsayılarına izin verir. Böylece gruba özgü tahminciler elde edilir ve panel kategorileri arasında basit bir ortalama alınır. AMG tahmincisi iki aşamalı tahminciler içerir. Birinci aşama AMG tahmincisinin matematiksel ifadesi şu şekilde formüle edilir:

$$\delta Y_{it} = \Psi_i + \delta_i \delta X_{it} + \theta_i f_t + \sum_{t=2}^T \pi_i \delta D_t \quad (11)$$

AMG tahmincisinin ikinci aşaması

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

Denklemden (11)'de  $\Psi_i$  sabit terimi,  $Y_{it}$  ve  $X_{it}$  ilgili gözlemlenebilir değişkenleri,  $f_t$  gözlenemeyen ortak faktörleri ve heterojen bileşenleri, D serilerin birinci farkını,  $\pi_i$  belirtilen  $t$  zaman boyutlarına ilişkin dummy parametreleri,  $\hat{\delta}_{AMG}$  AMG tahmincilerini ve  $\varepsilon_{it}$  rastgele hata terimini ifade eder. Diğer bir tahminci yaklaşımı olan CCEMG, aynı zamanda kesitler arasında heterojen eğim katsayılarına izin verir ve her  $i$  kesit katsayısının ortalamasını dikkate alır ve seri korelasyon, birim kök, yapısal kırılma, gözlemlenemeyen ve eşbütünleşmemiş ortak yönlerin varlığında bile tarafsız, güçlü ve etkili katsayılar sağlar. Kapetanios vd. (2011) önerdiği CCEMG tahmincisinin matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$Y_{it} = \alpha_{1i} + \beta_i Z_{it} + \pi_i m_{it} + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

AMG tahmincisine benzer şekilde CCEMG tahmincisinde,  $Z_{it}$  ve  $Y_{it}$  gözlemlenebilir değişkenler olarak belirtilir ve  $\alpha_{1i}$  tüm panellerdeki zaman  $t$  heterojenliğini doğrulayan panel bireysel etkileri gösterirken,  $\beta_i$  açıklayıcı değişkenler üzerindeki kesit katsayılarını belirtir.  $m_t$   $\pi_i$ , terimleri heterojenliği içeren gözlemlenemeyen ortak faktörleri ifade eder ve son olarak,  $\varepsilon_{it}$  stokastik hata

terimini gösterir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin tüm  $i$  kesitlerinin ortalamasıyla artırılmış hali aşağıdaki gibidir:

$$Y_{it} = \alpha_{1i} + \beta_i Z_{it} + \phi_i \bar{y}_{it} + \eta_i \bar{z}_{it} + \pi_i m_{it} + \mu_{it} \quad (14)$$

OLS (Ordinary Least Squares) yöntemi her kesit için kullanılarak bu regresyon tahmin edilir. Her kesitin katsayısını tahmin etmek için Denklem (15) güçlü bir sonuç sağlar ve aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$CCEMG = N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{\theta}_i \quad (15)$$

### 2.2.5. Panel Dumitrescu and Hurlin (D-H) Nedensellik Testi

Panel AMG ve CCEMG tahmin yaklaşımları, aday değişkenlerin uzun vadeli elastikiyetinin büyüklüğünü sağlar ancak değişkenler arasındaki nedensellik yönünü sağlayamaz çünkü nedensellik ilişkisi, politika oluşturmada önemli bir rol oynamaktadır (Hayat vd., 2018; Kartal vd., 2024; Khan vd., 2020). Bu çalışmada CO<sub>2</sub>, REC, FDI ve GDP arasındaki nedensellik bağlantılarını keşfetmek için Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından geliştirilen panel Granger nedensellik testini kullanılmıştır. Bu testi uygulamanın nedeni, kesit bağımlılığı ve heterojenliği konusunu ele alması ile birlikte, küçük örnek veri setlerinde güçlü ve güvenilir tahminler üretme konusunda da yetkin bir test olmasıdır. Panel D-H nedensellik testinin fonksiyonel formu aşağıdaki gibidir:

$$X_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^J \lambda_i^j X_{i(t-j)} + \sum_{j=1}^J \beta_i^j Z_{i(t-j)} + \mu_{it} \quad (16)$$

$X$  ve  $Z$  tahmin edilen gözlemlenir değişkenleri temsil eder;  $\beta_i^j$  ve  $\lambda_i^j$  OLS regresyonu ve otoregresif tahminleri gösterir ve bunların bireysel  $i$  kesitlerine göre değiştiği varsayılır. Bu testin  $H_0$  boş hipotezi, Wald istatistik ortalaması ile tahmin edilir ve aşağıdaki gibi sunulur:

$$W_{N,T}^{HNC} = N^{-1} \sum_{i=1}^N W_{i,T} \quad (17)$$

$W_{i,T}$ , her  $i$  kesit için ayrı Wald test istatistiklerini gösterir. D-H nedensellik testinin boş ve alternatif hipotezleri şu şekilde oluşturulur:

$$H_0: \delta_i = 0 \quad \forall i \quad (18)$$

$$H_1: \begin{cases} \delta_i = 0 \text{ tüm } i \text{ için } i = 1, 2, 3, 4, \dots, N_i \\ \delta_i \neq 0 \text{ tüm } i \text{ için } i = N_1 + 1, 2, 3, 4, \dots, N \end{cases} \quad (19)$$

### 3. Bulgular ve Tartışma

Panel veri analizinde, eğitim heterojenliğinin test edilmesi ve yatay kesit bağımlılık (CD), en önemli konular olarak kabul edilir (Zhen vd., 2023). CD sorunu, panelde ortak şoklar ve gözlenmeyen faktörlerden kaynaklanır; benzer şekilde ülkeler arasındaki ekonomik entegrasyon da bu soruna kaynaklık eder (Adebayo vd., 2023). Bu nedenle olası heterojenlik ve CD'yi incelemek için (Breusch ve Pagan, 1980), (Pesaran, 2004) ve (Pesaran vd., 2008) CD testlerine dayalı eğitim heterojenliği kullanılmıştır. Pesaran (2004) yatay kesit bağımlılık testinde boş hipotez, kesitler arası bağımlılığın olmadığını, alternatif hipotez ise kesitler arası bağımlılığın var olduğunu belirtmektedir.

Eşbütünleşme ilişkisinin incelenmesinde kullanılan model için  $\hat{\Delta}$  ve  $\hat{\Delta}_{adj}$  homejenlik test sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.  $\hat{\Delta}$  ve  $\hat{\Delta}_{adj}$  sonuçlarına göre modelde  $p < 0.05$  olduğundan eğim homejenlik varsayımına dair  $H_0$  boş hipotezinin reddedildiği ve heterojenlik hipotezi kabul edildiği görülmektedir.

**Tablo 4: Eğim Homojenlik Testi Sonuçları**

Bağımlı Değişken CO2			
Delta $\hat{\Delta}$	Olasılık Değeri	Düzeltilmiş Delta $\hat{\Delta}_{adj}$	Olasılık Değeri
12.179	0.000	13.855	0.000

Tablo 5 ve Tablo 6'daki sonuçlar, Breusch-Pagan LM, Pesaran CD ve Pesaran-  $LM_{adj}$ 'deki p olasılık değeri kesitsel bağımlılığı doğrulamakta olup,  $H_0$  boş hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde başarılı bir şekilde reddedilmiştir. Bu sonuçlar kesitlerin birbirlerine olan bağımlılığını göstermekte ve herhangi bir faktördeki bir şokun bir ülkede diğer ülkeleri de etkileyeceği sonucuna varılmasını sağlamaktadır.

**Tablo 5: Pesaran (2004) Yatay Kesit Bağımlılık Testi**

Değişkenler	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
CO2	13.824	0.000
REC	19.374	0.000
FDI	1.982	0.000
GDP	27.944	0.000

**Tablo 6: Yatay Kesit Bağımlılık Testi Sonuçları**

Bağımlı Değişken CO2		
Test	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Breusch-Pagan LM Test (1980)	252.9008	$p < 0.05$
Pesaran scaled CD LM Test (2004)	21.91467	$p < 0.05$
Pesaran vd. $LM_{adj}$ Test (2008)	4.504538	$p < 0.05$

Yukarıdaki kriterlere dayanarak boş hipotez reddedilmiş ve kesitler arası bağımlılığın varlığı sonucuna varıldığından durağanlığı test etmek için ikinci nesil panel birim testinin kullanılması gerekmektedir. Son dönemdeki çalışmaların birçoğunda değişkenlerin durağanlık seviyesini belirlemek için birinci nesil birim kök testi yöntemlerinin uygun olmadığını ortaya koyulmaktadır ve CD'nin varlığında ikinci nesil birim kök testi yöntemlerinin uygulanmasını önerilmektedir (Gyamfi vd., 2022). Bu nedenle ele alınan değişkenlerin durağanlık seviyesini incelemek için CIPS yöntemi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 7'de gösterilmiştir.

**Tablo 7: CIPS Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	Sabitli		Sabitli ve Trendli	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
CO2	-0.5012	-9.4030***	-1.8738	-6.6880***
REC	-0.2474	-7.6762***	0.1343	-5.0329***
FDI	-1.1093	-13.0839***	-0.6402	-11.7392***
GDP	-1.0369	-7.8105***	1.4057	-6.5292***

Not: \*\*\* %1 anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Tablo 7'de sunulan birim kök testi sonuçlarına göre çalışmaya dahil edilen tüm değişkenlerin I(0) düzeyinde birim kök içerdiği ancak değişkenlerin birinci farklarının alınması ile I(1) seviyesinde %1 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca değişkenler arasındaki eşbütünleşmeyi

belirlemek ve uzun dönemli ilişkiyi kontrol etmek için heterojenlik ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Westerlund (2007) eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Eşbütünleşme testinin sonuçları Tablo 8'de sunulmuştur. Westerlund eşbütünleşme testi sonuçları %5 anlamlılık düzeyinde hiçbir eşbütünleşme olmadığını reddetmekte ve incelenen değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığı doğrulanmaktadır. Böylece 2000-2021 yılları arasında en yüksek karbon emisyonu değerlerine sahip ülkelerin FDI, REC, GDP ve CO2 değerlerinin uzun dönemde eşbütünleşik olduğunu söyleyebiliriz.

**Tablo 8:** *Panel Eşbütünleşme Sonuçları*

Bağımlı Değişken CO2		
Test	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Westerlund (2007)	-1.8473	0.0323

Değişkenlerin etkilerini değerlendirmek için CCE-AMG modeli kullanılmıştır. Modelde finansal gelişme, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme gibi değişkenler incelenmiş ve bu değişkenlerin farklı zamanlardaki etkileri araştırılmıştır. Panel boyunca AMG tahmincisi sonuçlarına göre finansal gelişmenin etkisi pozitif ve anlamlı iken, yenilenebilir enerji tüketiminin ise (-0.23739) karbon emisyonları üzerinde negatif anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde CCE tahmincisi sonuçlarına göre finansal gelişmenin ve ekonomik büyümenin pozitif ve anlamlı etkisi mevcut iken, AMG tahmincisinde olduğu gibi yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerinde negatif ve %1 düzeyinde anlamlı etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo 9:** *AMG-CCE Tahmincisi Sonuçları*

Değişkenler	AMG		CCEMG	
	Katsayı	p-value	Katsayı	p-value
REC	-0.23739	0.000	-0.15928	0.003
FDI	1.52813	0.045	1.41303	0.032
GDP	0.00012	0.238	0.00053	0.055
Sabit Terim	7.70731	0.000	-0.99458	0.340

**Tablo 10a:** *AMG Tahmincisi Sonuçları*

Değişkenler	Belçika	Fransa	Almanya	İtalya	Hollanda
REC	-0.26836*** (0.02141)	-0.19053*** (0.01353)	-0.16596*** (0.03898)	-0.25603*** (0.00913)	-0.30511*** (0.026235)
FDI	-2.19521 (1.70521)	-1.67810* (0.92847)	1.64709 (3.25128)	2.32391 (2.16760)	0.97098 (1.06019)
GDP	-0.00002* (0.00001)	-0.00003 (0.00006)	-0.00003* (0.00001)	-0.00005*** (0.00005)	0.00001*** (0.00004)
Sabit Terim	13.28749*** (0.91555)	9.00456*** (0.55558)	8.79537*** (2.56182)	6.16388*** (1.60172)	9.73782*** (0.94119)

**Not:** \*, \*\*ve \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %0,1 anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

() standart hata değerlerini göstermektedir.

**Tablo 10b: AMG Tahmincisi Sonuçları**

Değişkenler	Polonya	İspanya	Türkiye	Birleşik Krallık	Ukrayna
REC	-0.04325** (0.021779)	-0.25834*** (0.01280)	-0.15992** (0.065917)	-0.33407*** (0.027288)	-0.39232*** (0.043324)
FDI	3.26229*** (1.28380)	3.06838** (1.46337)	11.25145*** (2.41637)	0.75096 (2.39313)	4.32631 (4.25362)
GDP	-0.00002 (0.00002)	-0.00001** (0.00000)	-0.00010** (0.00004)	-0.00007 (0.00006)	0.00000*** (0.00002)
Sabit Terim	13.28749*** (0.91555)	6.61895*** (1.24255)	2.23942 (1.62287)	8.61841*** (2.12393)	5.84192*** (0.58819)

**Not:** \*, \*\*ve \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %0,1 anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

() standart hata değerlerini göstermektedir.

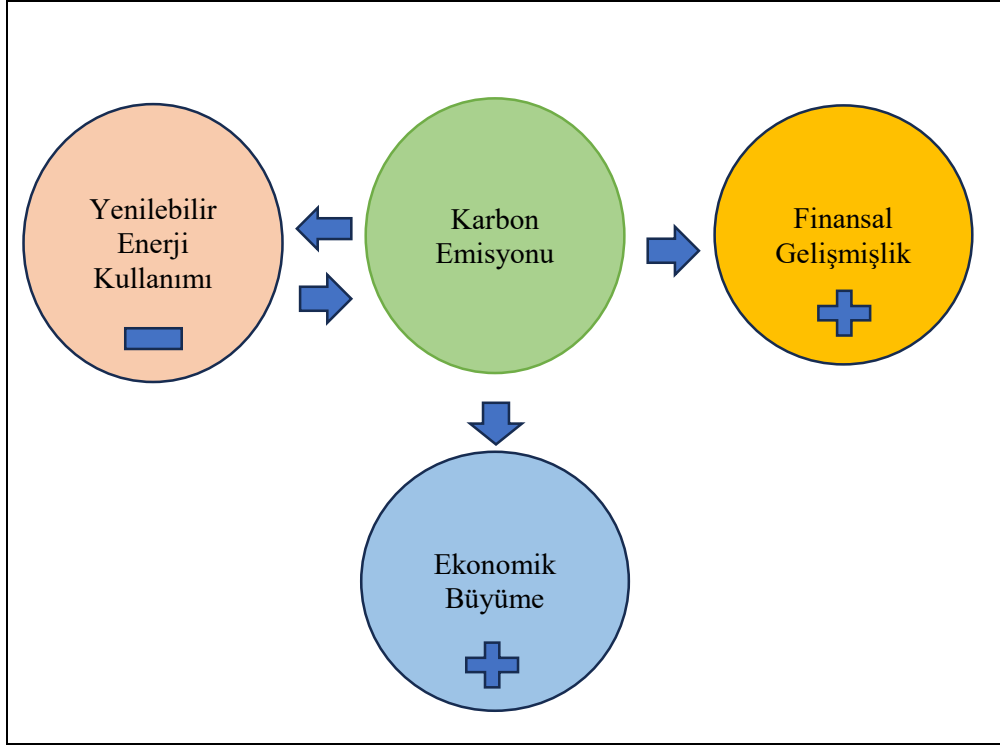
Her ülke için daha detaylı bir analiz yapmak amacıyla AMG tahmincisi kullanılarak uzun vadeli elastikiyet tahmin edilmiştir. Ayrıntılı (ülke bazında) analizin sonuçları Tablo 10(a) ve 10(b)'de sunulmuştur. FDI'nın tahmini katsayısının Polonya (3.26229) İspanya (3.06838) ve Türkiye (11.25145) de CO2 ile pozitif ve anlamlı uzun dönem korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Bu ülkelerde finansal kurumlardan ve sermaye piyasalarından finansal krediye erişimin yatırımı ve üretim düzeylerini artırdığını ve böylece çevreyi bozucu etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Fransa'da (-0.19053) ise FDI tahmini katsayısı CO2 üzerinde negatif ve anlamlı uzun dönem ilişkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo 11: Dumitrescu ve Hurlin (2012) Nedensellik Testi Sonuçları**

H <sub>0</sub> Hipotezi	W-İstatistiği	Z- İstatistiği	Olasılık Değeri	Sonuç
REC ≠ CO2	2.3228	2.9579	0.0031	<b>REC ↔ CO2E</b>
CO2 ≠ REC	3.1214	4.7436	0.0023	
FDI ≠ CO2	2.2771	2.8557	0.0043	<b>FDI → CO2E</b>
CO2 ≠ FDI	1.6835	1.5284	0.1264	
GDP ≠ CO2	3.4168	5.4041	0.0000	<b>GDP → CO2E</b>
CO2 ≠ GDP	0.6620	-0.7557	0.4498	

Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi tüm açıklayıcı değişkenler ile karbon emisyonları arasındaki nedensel etkileri belirlemek için kullanılmıştır. Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi için gecikme uzunlukları, Akaike bilgi kriterine göre belirlenmiş ve AIC kriteri, tüm testler için bir optimal gecikme uzunluğu seçilmiştir. Tablo 11'de verilen sonuçlar, FDI'dan ve GDP'den CO2'ye tek yönlü nedensellik olduğunu; REC ile CO2, arasında iki yönlü bir nedensellik olduğunu belirtmektedir. Elde edilen bu ampirik sonuçların daha önceki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir (Adebayo, Ghosh, vd., 2023; Zhang vd., 2023) (Adebayo, Ghosh, vd., 2023).





**Grafik 1:** D-H Nedensellik Sonucu ve Uzun Dönem Katsayı Tahminlerinin Şeması

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada 2000-2021 döneminde en yüksek karbon emisyon değerlerine sahip on Avrupa ülkesinin yenilenebilir enerji kullanımının (REC), Finansal gelişme (FDI) ve ekonomik büyümenin (GDP) karbon emisyonlarını (CE) üzerindeki etkisini incelenmiştir. İlk olarak veri setlerinde yatay kesit bağımsızlığı ve eğim homojenliği araştırılmıştır. Daha sonra veri setlerinin heterojen doğası ve yatay kesit bağımlılığın varlığı nedeniyle Westerlund (2007) panel eş-bütünleşme testi yapılmıştır. Eşbütünleşmenin varlığı tespit edildikten sonra etkileri incelemek için CCE ve AMG tahmincileri kullanılmış ve son olarak Dumitrescu ve Hurlin (2012) çift yönlü panel nedensellik testi, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini elde etmek için uygulanmıştır.

Çalışma, iklim değişikliğiyle ilgili ana endişe alanlarından karbon emisyonlarını en yüksek yayan ülkeleri modelleyerek kanıtlar sunmaktadır. Çalışmanın bulguları, incelenen ülkelerin ekonomik büyüme, finansal gelişime ve yenilenebilir enerjiden yararlanarak çevrenin kalitesini artırabileceğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, tüm değişkenlerin uzun dönemde eşbütünleşik olduğunu göstermektedir. Sonuçlar ayrıca yenilenebilir enerjinin çevresel bozulma üzerinde negatif bir etkisi olduğunu ve çevresel riskleri azaltmaya yardımcı olduğunu göstermektedir. Bulgulara göre FDI ve GDP kontrol değişkenleri CO<sub>2</sub> emisyonları ile pozitif bir şekilde ilişkilidir. Beklendiği gibi REC'in etkisi CO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde etkisi de negatiftir ve bu da araştırmaya dahil olan ülkelerde yenilenebilir enerji kullanımının CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Son olarak nedensellik testinin bulguları, REC'den CO<sub>2</sub>'ye iki yönlü bir nedensel ilişkinin doğrulandığını ortaya koymakta iken FDI ve GDP'den CO<sub>2</sub>'ye doğru tek yönlü bir nedensel ilişki bulunmaktadır. Sonuç olarak bu çalışma en yüksek karbon emisyon değerlerine sahip on Avrupa ülkesinin merkezi otoritelerine ve küresel politika yapıcılara SKA'ları başarmak ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını sınırlamak için öneriler sunmaktadır.

Yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonları ve çevre üzerinde olumsuz etkiler yarattığını bulunması nedeniyle yenilenebilir enerji girişimlerini destekleyen bir politika çerçevesi geliştirme ihtiyacı bulunmaktadır. Politikalar çevre dostu teknolojilerin ithalatını teşvik etmeye yönlendirilebilir, politika yapıcılar yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji karışımındaki önemli rolünü dikkate alarak ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını sınırlamak için önlemler almalıdır. Hükümet teşvikleri ve destekli fonlar, özel sektör yatırımlarını yenilenebilir enerji alanında teşvik etmek için

düşük faizli hibe ve krediler sunabilir. Yenilenebilir enerji üretim sektörlerinin düşük maliyetli enerji kaynaklarını geliştirebilmesi için ülkelerdeki hükümetler AR-GE projelerine önemli miktarda fon yatırmalı ve vergi tarifelerini azaltmalıdır. Bununla birlikte yenilenebilir enerjinin zamanla maliyet tasarruflu teknolojilerle kurulması gerekmektedir. Ülkeler güneş veya biyokütle gibi uygun maliyetli yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklanmalıdır. Bu yönlendirmeler, enerji verimliliğine ve sürdürülebilir büyümeye katkı sağlayacak ve emisyonlarla mücadeleyi destekleyecektir.

İkinci olarak finansal gelişme, en yüksek karbon emisyon değerlerine sahip on Avrupa ülkesinde kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda finansmana bağlı uzun vadeli enerji verimliliği yüksek projeler teşvik edilmelidir. Ayrıca güçlü finansal kurumlar, enerji verimliliği yüksek projelerin geliştirilmesinde faydalı olduğundan, sağlam bir finansal sistem geliştirilmelidir. Ek olarak ilgili ülkelerin merkezi otoriteleri, finansal gelişimi çevre dostu yatırımları artırmak için politikalarla ilişkilendirmelidir.

Araştırmaya konu edilen ülkelerdeki politika yapıcılarının sürdürülebilir ekonomik hedeflere ulaşmaları ve böylece çevreyi koruyacak olan sıfır karbon emisyonu hedeflerini uygulamak için fosil yakıt tabanlı üretimi yenilenebilir enerji çözümleriyle değiştirirken ekonomilerin büyüme modellerini bozmamaları gerekmektedir. Bu nedenle politika yapıcılarının, uzun vadeli ekonomik büyüme ve sürdürülebilirlik için yaygın olarak kullanılan ekonomik politikaları, özellikle de mali politikaları uygularken yeşil teknolojik yenilikleri ve yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemeye odaklanmaları gerekmektedir.

Avrupa hükümetleri, yenilenebilir enerji teknolojileri geliştiren şirketlere daha fazla mali teşvik sunabilir ve bunu yasal düzenlemelerle garanti altına alabilirler. Ek olarak politika yapıcılar, karbon vergilerini genişleterek, üreticilerin güneş ve rüzgâr enerjisi gibi enerji kaynaklarına yönelmelerini teşvik edebilirler. Yenilenebilir enerji alanındaki ülkeler arasındaki teknolojik farklılıkları dikkate alındığında; ülkelerin yenilenebilir enerji alanındaki teknolojik farkını kapatmak için Avrupa Merkez Bankası, yenilenebilir enerji alanında teknolojik olarak geri kalan ülkeleri finansal olarak desteklemeli ve diğer AB üye devletlerinden teknoloji transferine izin vermelidir. Böylece temiz ve yeşil enerji kaynakları sayesinde Avrupa toplumu, çevresel bozulmayı sınırlayarak daha iyi bir çevrede yaşayabilir ve insan sermayesini geliştirerek topluma çevresel ve ekonomik faydalar sağlayabilir.

Bu çalışmanın bazı kısıtları, diğer araştırmacıların gelecekteki çalışmalarını tasarımlarına yardımcı olacaktır. Mevcut çalışma önemli sonuçlara sahip olmasına rağmen, gelecekteki araştırmaların kentleşme, yabancı doğrudan yatırımlar, ticaret, küreselleşme, nüfus, sanayileşme, sermaye piyasası kapitalizasyonu gibi çeşitli çevresel sürdürülebilirlik parametrelerini kullanarak yapılması gerekmektedir. Bu çalışma CO2 emisyonlarını çevresel sürdürülebilirlikle ölçmek için kullanmıştır; gelecekteki araştırmalar diğer sera gazı emisyonları, ekolojik ayak izi ve yük kapasite faktörü gibi farklı ölçütleri kullanabilir. Ek olarak bu çalışmada en yüksek karbon emisyon değerlerine sahip on Avrupa ülkesi değerlendirilmiştir. Gelecekteki çalışmalarda G20, OECD, MENA, AB ve Asya-Pasifik gibi diğer bölgeler de kullanılabilir.

**Yazar Katkı Oranı (Author Contributions):** Mehmet Hanifi Ateş (%40), Canan Dağıdır Çakan (%30), Sabri Kurtoğlu (%30)

**Yazarların Etik Sorumlulukları (Ethical Responsibilities of Authors):** Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

**Çıkar Çatışması (Conflicts of Interest):** Çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**İntihal Denetimi (Plagiarism Checking):** Bu çalışma intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Acheampong, A. O. (2019). "Modelling for Insight: Does Financial Development Improve Environmental Quality?". *Energy Economics*, 83, 156-179.
- Acheampong, A. O., Amponsah, M., & Boateng, E. (2020). "Does Financial Development Mitigate Carbon Emissions? Evidence from Heterogeneous Financial Economies". *Energy Economics*, 88, 104768.
- Acheampong, A. O., Dzator, J., Dzator, M., & Salim, R. (2022). "Unveiling the Effect of Transport Infrastructure and Technological Innovation on Economic Growth, Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions". *Technological Forecasting and Social Change*, 182, 24, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121843>
- Adebayo, T. S., Ghosh, S., Nathaniel, S., & Wada, I. (2023). "Technological Innovations, Renewable Energy, Globalization, Financial Development, and Carbon Emissions: Role of Inward Remittances for Top Ten Remittances Receiving Countries". *Environmental Science and Pollution Research*, 30(26), 69330-69348. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-27184-x>
- Adebayo, T. S., Ullah, S., Kartal, M. T., Ali, K., Pata, U. K., & Ağa, M. (2023). "Endorsing Sustainable Development in BRICS: The Role of Technological Innovation, Renewable Energy Consumption, and Natural Resources in Limiting Carbon Emission". *Science of the Total Environment*, 859, 160181.
- Akan, T. (2023). "Investigating Renewable Energy-Climate Change Nexus by Aggregate or Sectoral Renewable Energy Use?". *Environmental Science and Pollution Research*, 30(1), 2042-2060. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22201-x>
- Al-Mulali, U., Ozturk, I., & Lean, H. H. (2015). "The Influence of Economic Growth, Urbanization, Trade Openness, Financial Development, and Renewable Energy on Pollution in Europe". *Natural Hazards*, 79(1), 621-644. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1865-9>
- Al-Mulali, U., Raboshuk, A., Ibrahim, R. L., & Saboori, B. (2024). "Evaluating the Asymmetric Effect of Patents Driven Environmental Technologies on Environmental Degradation in the E7 Countries: An Extended Model of STIRPAT". *Natural Resources Forum*, 22. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12439>
- Anwar, A., Sharif, A., Fatima, S., Ahmad, P., Sinha, A., Khan, S. A. R., & Jermsittiparsert, K. (2021). "The Asymmetric Effect of Public Private Partnership Investment on Transport CO<sub>2</sub> Emission in China: Evidence from Quantile ARDL Approach". *Journal of Cleaner Production*, 288, 125282.
- Anwar, A., Siddique, M., Dogan, E., & Sharif, A. (2021). "The Moderating Role of Renewable and Non-Renewable Energy in Environment-Income Nexus for ASEAN Countries: Evidence from Method of Moments Quantile Regression". *Renewable Energy*, 164, 956-967.
- Anwar, A., Sinha, A., Sharif, A., Siddique, M., Irshad, S., Anwar, W., & Malik, S. (2022). "The Nexus between Urbanization, Renewable Energy Consumption, Financial Development, and CO<sub>2</sub> Emissions: Evidence from Selected Asian Countries". *Environment, Development and Sustainability*, 1-21.
- Baltagi, B. H., Feng, Q., & Kao, C. (2012). "A Lagrange Multiplier Test for Cross-Sectional Dependence in a Fixed Effects Panel Data Model". *Journal of Econometrics*, 170(1), 164-177.
- Bayar, Y., Diaconu, L., & Maxim, A. (2020). "Financial Development and CO<sub>2</sub> Emissions in Post-Transition European Union Countries". *Sustainability*, 12(7), 2640.

- Bosah, C. P., Li, S., Ampofo, G. K. M., & Sangare, I. (2023). "A Continental and Global Assessment of the Role of Energy Consumption, Total Natural Resource Rent, and Economic Growth as Determinants of Carbon Emissions". *Science of the Total Environment*, 892, 164592.
- Bouckaert, S., Pales, A. F., McGlade, C., Remme, U., Wanner, B., Varro, L., D'Ambrosio, D., & Spencer, T. (2021). "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy sector".
- BP. (2023). *BP Energy Economics 2023*.
- 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.
- Bulut, U. (2017). "The Impacts of Non-Renewable and Renewable Energy on CO2 Emissions in Turkey". *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 15416-15426.
- Chen, W., & Lei, Y. (2018). "The Impacts of Renewable Energy and Technological Innovation on Environment-Energy-Growth Nexus: New Evidence from a Panel Quantile Regression". *Renewable Energy*, 123, 1-14.
- Chen, Y., & Lee, C.-C. (2020). "Does Technological Innovation Reduce CO2 Emissions? Cross-Country Evidence". *Journal of Cleaner Production*, 263, 121550.
- Chen, Z., Huang, W., & Zheng, X. (2019). "The Decline in Energy Intensity: Does Financial Development Matter?". *Energy Policy*, 134, 110945.
- Deger, M. K., & Pata, U. K. (2017). "The Symmetric and Asymmetric Causality Analysis between Foreign Trade and Carbon Emissions in Turkey". *Doguş University Journal*, 18(1), 31-44.
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). "Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels". *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement". *National Bureau of Economic Research*, working paper: 3914 .
- Eberhardt, M., & Teal, F. (2010). "Productivity Analysis in Global Manufacturing Production".
- Ehigiamusoe, K. U., & Lean, H. H. (2019). "Effects of Energy Consumption, Economic Growth, and Financial Development on Carbon Emissions: Evidence from Heterogeneous Income groups". *Environmental Science and Pollution Research*, 26(22), 22611-22624.
- Eluwole, K. K., Saint Akadiri, S., Alola, A. A., & Etokakpan, M. U. (2020). "Does the Interaction Between Growth Determinants a Drive for Global Environmental Sustainability? Evidence from World Top 10 Pollutant Emissions Countries". *Science of the Total Environment*, 705, 135972.
- EPA. (2022). *Overview of Greenhouse Gases. US EPA*.  
<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Ergün, S., & Polat, M. A. (2022). Finansal Gelişme Süreci ve Çevresel Kalite Üzerine Etkilerinin Ampirik Kanıtları. In A. Şit & C. Telek (Eds.), *Ekonomi ve Finans Alanında Ampirik Çalışmalar* (Vol. 1, pp. 2-30). Gazi Kitabevi.
- Eryer, A., & Konuk, T. (2022). İktisadi Büyüme, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Karbon Emisyonu İlişkisi: N11 Ülkelerine Yönelik Ekonometrik Tahmin. In H. Çelik & H. Yılmaz (Eds.), *İktisat ve Finans Yazınında Güncel Eğilimler* (Vol. 1. Baskı, pp. 231-245). Gazi Kitabevi.
- EUR. (2022). *Communication from the Commission to the European Parliament, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions: REPowerEU Plan*. T. E. Council. <https://eur-lex.europa.eu/legal-ntent/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN>

- Farhani, S., & Shahbaz, M. (2014). "What Role of Renewable and Non-Renewable Electricity Consumption and Output is Needed to Initially Mitigate CO2 Emissions in MENA Region?". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 80-90.
- Ganda, F. (2019). "The Impact of Innovation and Technology Investments on Carbon Emissions in Selected Organisation for Economic Co-Operation and Development Countries". *Journal of Cleaner Production*, 217, 469-483.
- Gyamfi, B. A., Agozie, D. Q., & Bekun, F. V. (2022). "Can Technological Innovation, Foreign Direct Investment and Natural Resources Ease Some Burden for the BRICS Economies Within Current Industrial Era?". *Technology in Society*, 70, 102037.
- Habiba, U., Xinbang, C., & Ahmad, R. I. (2021). "The Influence of Stock Market and Financial Institution Development on Carbon Emissions with the Importance of Renewable Energy Consumption and Foreign Direct Investment in G20 Countries". *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 67677-67688.
- Habiba, U., Xinbang, C., & Anwar, A. (2022). "Do Green Technology Innovations, Financial Development, and Renewable Energy Use Help to Curb Carbon Emissions?". *Renewable Energy*, 193, 1082-1093.
- Hanif, I., Raza, S. M. F., Gago-de-Santos, P., & Abbas, Q. (2019). "Fossil Fuels, Foreign Direct Investment, and Economic Growth have Triggered CO2 Emissions in Emerging Asian Economies: Some Empirical Evidence". *Energy*, 171, 493-501.
- Hashmi, R., & Alam, K. (2019). "Dynamic Relationship among Environmental Regulation, Innovation, CO2 Emissions, Population, and Economic Growth in OECD Countries: A Panel Investigation". *Journal of Cleaner Production*, 231, 1100-1109.
- Hasni, R., Dridi, D., & Ben Jebli, M. (2023). "Do Financial Development, Financial Stability and Renewable Energy Disturb Carbon Emissions? Evidence from Asia-Pacific Economic Cooperation Economics". *Environmental Science and Pollution Research*, 30(35), 83198-83213. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-28418-8>
- Hayat, F., Pirzada, M. D. S., & Khan, A. A. (2018). "The Validation of Granger Causality through Formulation and Use of Finance-Growth-Energy Indexes". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1859-1867.
- Huntington, H., & Liddle, B. (2022). "How Energy Prices Shape OECD Economic Growth: Panel Evidence from Multiple Decades". *Energy Economics*, 111, 17, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106082>
- IEA. (2017). "Renewables 2017: Analysis and Forecasts to 2022". <https://iea.blob.core.windows.net/assets/952fe0c1-8d57-4dcc-adbd-85c854674478/MRSrenew2017.pdf>
- IEA. (2020). *International Energy Agency (IEA) Renewables 2020: Analysis and Forecast to 2025*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2020>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers*. C. U. Press.
- IPCC. (2018). *Special Report Global Warming of 1.5 °C*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. C. U. Press.
- Jin, T., & Kim, J. (2018). "What is Better for Mitigating Carbon Emissions—Renewable Energy or Nuclear Energy? A Panel Data Analysis". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 464-471.

- Kapetanios, G., Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2011). "Panels with Non-Stationary Multifactor Error Structures". *Journal of Econometrics*, 160(2), 326-348. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2010.10.001>
- Kartal, M. T., Pata, U. K., & Alola, A. A. (2024). "Renewable Electricity Generation and Carbon Emissions in Leading European Countries: Dacily-Based Disaggregate Evidence by Nonlinear Approaches". *Energy Strategy Reviews*, 51, 20, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101300>
- Khan, Z., Ali, S., Umar, M., Kirikkaleli, D., & Jiao, Z. L. (2020). "Consumption-Based Carbon Emissions and International Trade in G7 Countries: The Role of Environmental Innovation and Renewable Energy". *Science of the Total Environment*, 730, 10, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138945>
- Kirikkaleli, D., & Adebayo, T. S. (2021). "Do Renewable Energy Consumption and Financial Development Matter for Environmental Sustainability? New Global Evidence". *Sustainable Development*, 29(4), 583-594. <https://doi.org/10.1002/sd.2159>
- Kirikkaleli, D., Güngör, H., & Adebayo, T. S. (2022). "Consumption-based Carbon Emissions, Renewable Energy Consumption, Financial Development and Economic Growth in Chile". *Business Strategy and the Environment*, 31(3), 1123-1137.
- Kukharets, V., Hutsol, T., Kukharets, S., Glowacki, S., Nurek, T., & Sorokin, D. (2023). "European Green Deal: The Impact of the Level of Renewable Energy Source and Gross Domestic Product per Capita on Energy Import Dependency". *Sustainability*, 15(15), 11817.
- Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality". *The American Economic Reviews*, 17, 57-84.
- Le, T.-H., Le, H.-C., & Taghizadeh-Hesary, F. (2020). "Does Financial Inclusion Impact CO2 Emissions? Evidence from Asia". *Finance Research Letters*, 34, 101451.
- 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.
- Maji, I. K., Habibullah, M. S., & Saari, M. Y. (2017). "Financial Development and Sectoral CO2 Emissions in Malaysia". *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 7160-7176.
- Nan, S. J., Huang, J. N., Wu, J. L., & Li, C. P. (2022). "Does Globalization Change the Renewable Energy Consumption and CO2 Emissions Nexus for OECD Countries? New Evidence Based on the Nonlinear PSTR Model". *Energy Strategy Reviews*, 44, 14, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100995>
- Omri, A., Daly, S., Rault, C., & Chaibi, A. (2015). "Financial Development, Environmental Quality, Trade and Economic Growth: What Causes What in MENA Countries". *Energy Economics*, 48, 242-252.
- Paramati, S. R., Mo, D., & Huang, R. (2021). "The Role of Financial Deepening and Green Technology on Carbon Emissions: Evidence from Major OECD Economies". *Finance Research Letters*, 41, 101794.
- Park, Y., Meng, F. C., & Baloch, M. A. (2018). "The Effect of ICT, Financial Development, Growth, and Trade Openness on CO2 emissions: An Empirical Analysis". *Environmental Science and Pollution Research*, 25(30), 30708-30719. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3108-6>
- Pata, U. K. (2018). "Renewable Energy Consumption, Urbanization, Financial Development, Income and CO2 Emissions in Turkey: Testing EKC Hypothesis with Structural Breaks". *Journal of Cleaner Production*, 187, 770-779.

- Pejovic, B., Karadzic, V., Dragasevic, Z., & Backovic, T. (2021). "Economic Growth, Energy Consumption and CO2 Emissions in the Countries of the European Union and the Western Balkans". *Energy Reports*, 7, 2775-2783.
- Pesaran, M. H. (2004). "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. Cambridge Working Papers". *Economics*, 1240(1), 1.
- Pesaran, M. H. (2006). "Estimation and Inference in Large Heterogeneous Panels with a Multifactor Error Structure". *Econometrica*, 74(4), 967-1012.
- Pesaran, M. H. (2007a). "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>
- Pesaran, M. H. (2007b). "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence". *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pesaran, M. H. (2021). "General Diagnostic Tests for Cross-Sectional Dependence in Panels". *Empirical economics*, 60(1), 13-50.
- Pesaran, M. H., & Smith, R. (1995). "Estimating Long-run Relationships from Dynamic Heterogeneous Panels". *Journal of Econometrics*, 68(1), 79-113.
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). "A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence". *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- 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>
- Radmehr, R., Henneberry, S. R., & Shayanmehr, S. (2021). "Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth Nexus: A Simultaneity Spatial Modeling Analysis of EU Countries". *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 13-27. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.01.006>
- Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). "The Nexus between Economic Growth, Energy Use, Urbanization, Tourism, and Carbon Dioxide Emissions: New Insights from Singapore". *Sustainability Analytics and Modeling*, 2, 100009.
- Shahbaz, M., Haouas, I., Sohag, K., & Ozturk, I. (2020). "The Financial Development-Environmental Degradation Nexus in the United Arab Emirates: The Importance of Growth, Globalization and Structural Breaks". *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 10685-10699.
- Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Roubaud, D. (2018). "Environmental Degradation in France: The Effects of FDI, Financial Development, and Energy Innovations". *Energy Economics*, 74, 843-857.
- Shahbaz, M., Shahzad, S. J. H., Ahmad, N., & Alam, S. (2016). "Financial Development and Environmental Quality: The Way Forward". *Energy Policy*, 98, 353-364.
- Shan, S., Genç, S. Y., Kamran, H. W., & Dinca, G. (2021). "Role of Green Technology Innovation and Renewable Energy in Carbon Neutrality: A Sustainable Investigation from Turkey". *Journal of Environmental Management*, 294, 113004.
- Sharma, G. D., Tiwari, A. K., Erkut, B., & Mundi, H. S. (2021). "Exploring the Nexus between Non-Renewable and Renewable Energy Consumptions and Economic Development: Evidence from Panel Estimations". *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 146, 17, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111152>
- Singh, K., & Kaur, J. (2022). "Do Energy Consumption and Carbon Emissions Impact Economic Growth? New Insights from India Using ARDL Approach". *OPEC Energy Review*, 46(1), 68-105.



- UNFCCC. (2016). *Preparations for the 21st Session of the Conference of the Parties (COP 21) to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*.
- Usman, M., & Makhdam, M. S. A. (2021). "What Abates Ecological Footprint in BRICS-T Region? Exploring the Influence of Renewable Energy, Non-Renewable Energy, Agriculture, Forest Area and Financial Development". *Renewable Energy*, 179, 12-28.
- Wang, Q., Wang, L., & Li, R. (2023). "Trade Protectionism Jeopardizes Carbon Neutrality–Decoupling and Breakpoints Roles of Trade Openness". *Sustainable Production and Consumption*, 35, 201-215.
- WDI. (2023). *World Development Indicators* (<https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>)
- Westerlund, J. (2007). "Testing for Error Correction in Panel Data". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709-748. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x>
- Xu, X., Dai, W., Muhammad, T., & Zhang, T. (2023). "The Dynamic Relationship between Carbon Emissions, Financial Development, and Renewable Energy: A Study of the N-5 Asian Countries". *Sustainability*, 15(18), 13888.
- Zhang, B., Zhang, T., Yu, S., Wang, H., Wang, X., Chang, Y., Mou, H., Zhang, P., Wang, L., & Jiang, Y. (2017). "Carbon-Wrapped Four-Component Na–Ni–Ti–Co oxides via sol–gel process for NIB Anode Material with Superior Cycling Stability". *Journal of Applied Electrochemistry*, 47, 855-864.
- Zhang, C. Z., & Zhang, L. Q. (2024). "The Relationship between Toxic Air Pollution, Health Expenditure, and Economic Growth in the European Union: Fresh Evidence from the PMG-ARDL Model". *Environmental Science and Pollution Research*, 17. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32342-w>
- Zhang, Y. Y., Li, Y., & Wei, Y. G. (2023). "Understanding the Relation between the Socio-Economic Development and CO2 Emission of 76 Contracting Countries in The Paris Agreement". *Environment Development and Sustainability*, 25(12), 14131-14153. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02653-4>
- Zhen, Z., Ullah, S., Shaowen, Z., & Irfan, M. (2023). "How do Renewable Energy Consumption, Financial Development, and Technical Efficiency Change Cause Ecological Sustainability in European Union Countries?". *Energy & Environment*, 34(7), 2478-2496. <https://doi.org/10.1177/0958305x221109949>