



**Abant Sosyal Bilimler Dergisi**  
Journal of Abant Social Sciences

2024, 24(1): 103-117, doi: 10.11616/asbi.1391389



**Türkiye’de Teknolojik Yenilikler ve Ekonomik Büyümenin Çevre Kalitesi Üzerindeki Etkileri: Ardl Sınır Testi**

Effects of Technological Innovations and Economic Growth on Environmental Quality in Turkey: Ardl Boundary Test

**Onur YAĞIŞ<sup>1</sup>**

Geliş Tarihi (Received): 15.11.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 21.02.2024

Yayın Tarihi (Published): 25.03.2024

**Öz:** Bu çalışmada, Türkiye için 1984-2021 dönemi yıllık verileri ile teknolojik yenilikler ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkisinin ARDL sınır testi yaklaşımı ile incelenerek literatüre katkı sağlaması hedeflenmiştir. Bu bağlamda, teknolojik gelişmeyi temsilen patent başvuruları kullanılmıştır. Karbon emisyonu bağımlı değişken iken, patent başvuruları, ekonomik büyüme ve kentleşme modelde kontrol değişken olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, teknolojik yeniliklerin çevre kalitesi bozulmasını azalttığı, ekonomik büyümenin ve kentleşmenin ise artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ekonomik büyümede ve kentleşmede gerçekleşen %1’lik yükseliş CO<sub>2</sub> emisyonunun %0.95 ve %1.54 artmasını sağlamıştır. Teknolojik yenilikte yaşanan %1’lik yükseliş CO<sub>2</sub> emisyonunun %-0.55 azalmasına neden olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Teknolojik Yenilikler, Ekonomik Büyüme, Çevre Kalitesi, ARDL Sınır Testi

&

**Abstract:** In this study, it is aimed to contribute to the literature by examining the annual data for the period 1984-2021 for Turkey and the impact of technological innovations and economic growth on environmental quality with the ARDL limit test approach. In this context, patent applications were used to represent technological development. While carbon emissions were the dependent variable, patent applications, economic growth and urbanization were used as control variables in the model. As a result of the study, it was concluded that technological innovations reduce the degradation of environmental quality, while economic growth and urbanization increase it. A 1% increase in economic growth and urbanization caused CO<sub>2</sub> emissions to increase by 0.95% and 1.54%. A 1% increase in technological innovation resulted in a -0.55% decrease in CO<sub>2</sub> emissions.

**Keywords:** Technological Innovations, Economic Growth, Environmental Quality, ARDL Bound Test

**Atf/Cite as:** Yağış, O. (2024). Türkiye’de Teknolojik Yenilikler ve Ekonomik Büyümenin Çevre Kalitesi Üzerindeki Etkileri: Ardl Sınır Testi. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 103-117. doi: 10.11616/asbi.1391389

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/asbi/policy>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2000 – Bolu

<sup>1</sup> Dr., Onur Yağış, Bağımsız Araştırmacı, [onuryagis@hotmail.com](mailto:onuryagis@hotmail.com). (Sorumlu Yazar)

## 1. Giriş

Enerji, toplumların refah düzeylerinin yükseltilmesinde ve ekonomik kalkınmanın sağlanmasında önemli bir role sahiptir. Sanayi Devriminin ardından endüstri alanında daha fazla kullanılması sebebiyle Dünya ile birlikte Türkiye’de enerji talebinde bir artış yaşanmıştır. Ekonomik ve sosyal kalkınmanın sağlanabilmesi için enerji faktörünün üretim aşamasında etkili biçimde kullanılması gereklidir. Ancak enerjiye olan talep artınca beraberinde karbon emisyonu da artmaktadır. Kentleşmenin ve endüstrileşmenin karbon emisyonu üzerinde artırıcı etkileri bulunmaktadır (Almulali vd., 2012). Nüfus ve endüstrileşmeyle birlikte 1980 sonrasında Türkiye’de enerji tüketimi artmıştır. Enerji tüketimindeki bu artış beraberinde fosil kaynaklı yakıtlara olan talep artışlarını beraberinde getirmiştir (İnançlı ve Akı, 2020). Karbon emisyonu seviyesi bu nedenlerden dolayı yıllar içerisinde artış göstermiştir. Aşağıdaki tablo 1’de Türkiye’de gazlara göre sera gazı emisyonunun yıllara göre değişimleri yer almaktadır.

**Tablo 1: Gazlara Göre Sera Gazı Emisyonu**

	1990	2010	2017	2019	2021	1990-2021 değişim(%)
<b>Toplam emisyon</b>	219,5	398,8	528,6	508,7	564,4	157,1
<b>CO<sub>2</sub></b>	151,6	316,2	430,9	402,7	452,7	198,6
<b>CH<sub>4</sub></b>	42,5	51,6	56,8	63,2	64,0	50,7
<b>N<sub>2</sub>O</b>	25,0	27,4	35,4	37,0	40,3	61,5
<b>F-gazlar</b>	0,5	0,5	5,4	5,8	7,4	1456,8

**Kaynak:** TÜİK, 2024

Yukarıda tablo 1’de Türkiye’de gazlara göre sera gazları emisyonu 1990-2021 dönemi değişimleri yer almaktadır. CO<sub>2</sub> emisyonu 1990 yılından 2017 yılına kadar artışını sürdürmüştür. 1990 yılında 151,5 milyon ton CO<sub>2</sub> eşd. gerçekleşirken 2017 yılında 430,9 milyon ton CO<sub>2</sub> eşd. gerçekleşmiştir. 2017 yılından sonra ise azalış trendine geçmiştir. 2021 yılında 2019 yılına göre 50 milyon ton CO<sub>2</sub> eşd. artarak 452,7 milyon ton CO<sub>2</sub> eşd. gerçekleşmiştir. Diğer sera gazlarına bakıldığında; CH<sub>4</sub> 1990 yılında 42,5 milyon ton CO<sub>2</sub> eşd. iken 2021 yılına gelindiğinde %50,7 artışla 64,0 milyon ton CO<sub>2</sub> eşd. ulaşmıştır. N<sub>2</sub>O 1990 yılında 25,0 milyon ton CO<sub>2</sub> eşd. iken 2021 yılına gelindiğinde %61,5 artışla 40,3 milyon ton CO<sub>2</sub> eşd. değerine ulaşmıştır. F- gazları 1990 yılında 0,5 iken 2021 yılına gelinde %1456,8 artışla 7,4 milyon ton CO<sub>2</sub> eşd. ulaşmıştır. 1990-2021 yılları arasında toplam emisyon %157,1 oranında artış göstermiştir.

Çevre kalitesinin bozulmasında en büyük pay sera etkisinin en önemli kaynaklarından biri olan CO<sub>2</sub> emisyonudur. CO<sub>2</sub> emisyonlarının önemli bir kısmı fosil kaynaklı yenilenemez enerji kaynaklarını tüketmek sonucunda ortaya çıkmaktadır. CO<sub>2</sub> emisyonları bir ülkede gelir, nüfus, kentleşme, enerji tüketimi gibi çeşitli demografik ve makroekonomik faktörlerden etkilenmektedir (Sehrawat vd., 2015). Bu problemlerin dünyayı tehdit etmeye başlamasıyla birlikte küresel çözüm arayışları başlamıştır (Çetin vd., 2018).

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı(UNCTAD), 2022 verilerine göre dünya nüfusunun %56,9’u kentsel bölgelerde ikamet etmektedir. Bu oranın 2050’de ise %68’e çıkması tahmin edilmektedir. Kentsel nüfustaki bu yükseliş yeni önlemlerin alınmasına neden olmuştur (UNCTAD, 2022). Dünya çapında yaşanan hızlı kentleşme, karbon emisyonunun yaklaşık %71-76’sının ve küresel enerji kullanımının %67-76’sının kentsel alanlarda yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Öte yandan kentleşmenin artması çevre kalitesinin bozulmasına, kaynakların fazla ve gereksiz kullanılmasına neden olmaktadır (Seto vd., 2014; BM, 2018). Ayrıca sağlık, ulaşım, altyapı, barınma, istihdam alanlarında da problemlere yol açmaktadır. Türkiye’de 2023 yılı itibariyle il ve ilçelerde yaşayan kentsel nüfus, toplam nüfusun %93’ünü oluşturmaktadır (TÜİK, 2023).

Ekonomik büyüme ve çevre kalitesi literatürde Çevresel Kuznets Eğrisi ilişkisine dayandırılmaktadır. Ters U eğrisi olarak ifade edilen bu durum ekonomik büyümenin çevre kirliliği üzerinde etkilerinin araştırılmasına dayanmaktadır. Ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişki başlangıçta problemler ortaya çıkarsa da sonraki dönemlerde bu problemlerin ortadan kalkacağını vurgulayan bir

yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır (Güriş ve Tuna, 2011; Aytun vd., 2017; Koçak, 2017; Jiang vd., 2020).

Teknoloji faktörü CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Karbon depolama ve yakalama gibi mühendislik teknolojileri sayesinde atmosferde bulunan sera gazının yok olmasını sağlayarak küresel karbon emisyonları seviyesinin azalmasını sağlamaktadır. Bu teknolojilere ilave olarak Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT), enerjide verimlilik ve daha az miktarda kaynak kullanımı yoluyla karbon emisyonlarının azalmasına katkı sağlamaktadır (BT, 2016).

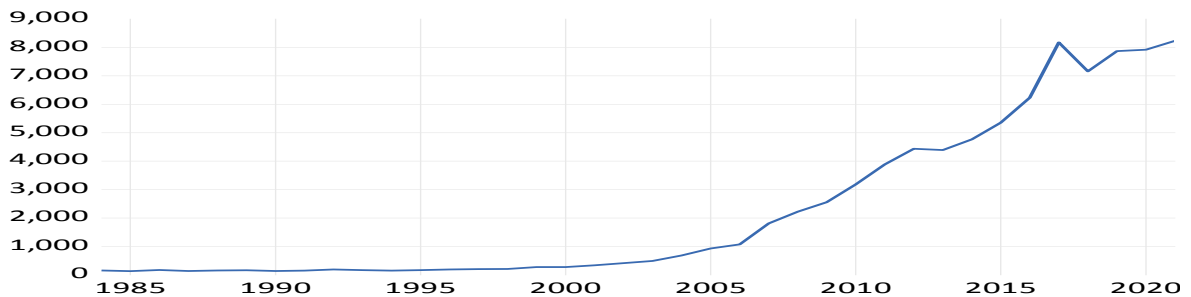
Teknolojik yenilik etmeni, kaynakların verimli kullanımını artıran Ar-ge çalışmaları ve yenilenemez enerji kaynakların daha etkili kullanımını sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak için ileri teknoloji elde etmeyi hedefleyen yeşil yatırımlara yönelerek çevresel kalitenin artmasına katkı sağlayabilmektedir (Ghita vd., 2018).

Teknolojik yenilik, bir ürünün üretilmesi için gerekli olan tüm süreçlerinde yeniliği kapsamaktadır. Teknolojik olarak yenilik, üretim teknolojilerinin geliştirilmesinin yanı sıra var olan teknolojik alt yapının da yenilenmesini içermektedir. Üretim sisteminde yenilik ortaya çıkan ürünün tüketiciye ulaştırılmasıyla sona ermektedir. Teknolojik ürünün yenilenmesi tüketiciye sunulması düşünülen ürüne ilave teknolojik özellikler eklenmesiyle mümkündür (Temelli ve Şahin, 2019).

Çevre problemlerinin ortaya çıkmasında uygulanan teknolojiler sorumlu tutulmaktadır. Bu yüzden var olan teknolojik gelişmelerin ve yenilenen teknolojilerin çevreye zarar vermeyecek şekilde planlanması beklenmektedir. Teknolojide yenilik politikası olarak çevre dostu “temiz üretim” yaklaşımı uygulanmalıdır. Temiz üretimde, üretim esnasında meydana gelebilecek insan sağlığını ve çevreyi tehdit eden uygulamaları ortadan kaldırmak amaçlanmaktadır. Bu üretim çeşidinde çevre yönetim politikaları uygulanarak verimliliğin artırılması anlayışı hakimdir (Demirer ve Mirata, 1999). Temiz üretim, bir mal ve hizmetin üretimi için gerekli olan ham madde ve enerji gibi diğer tüm gerekli girdilere ilave olarak ürünün hazırlanıp tüketiciye ulaştırılmasını ardından ortaya çıkabilecek olan tüm atıkların geri dönüşümünü kapsamaktadır. Teknolojik yenilik, iklim değişikliği, küresel ısınma, sürdürülebilir kalkınma gibi küresel politikalarda yardımcı olacaktır. Teknolojide yenilenme temiz üretim politikasının uygulanmasıyla mümkündür (OECD, 2007)

Teknolojik yeniliklerin en önemli göstergeleri arasında, ar-ge harcamaları, patent başvuruları ve ar-ge personel sayısı yer almaktadır. Teknolojik yeniliklerin gelişimi ekonomide enerji kullanımını azaltmakta, enerji verimliliğini artırmakta ve daha az enerji girdisi ile daha fazla çıktının elde edilmesini sağlamaktadır (Zhou vd., 2010; Shafiei vd., 2017). Teknolojik yenilik yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmektedir. (Greening vd., 2000). Patent başvuruları çevre kalitesinin artmasında teknolojik yeniliğin en önemli göstergeleri arasında yer almaktadır. Bu yüzden çevresel kalitenin artması için patent başvuru sayılarının artmasının avantajları bulunmaktadır. Patentlerin çevreyi koruması bakımından; her yıl ar-ge ve patent başvurularına teşvikler verilmektedir. Patentler başvuruları teknolojik gelişmelerin bir göstergesi olduğundan karbon emisyonlarıyla yakın ilişkisi bulunmaktadır. Yeni teknolojik gelişimler patentler sayesinde korunmaktadır (Sandner ve Block, 2011). Aşağıdaki şekil 1’de Türkiye’de yurt içi yapılan patent başvuru sayısının yıllara göre değişimleri yer almaktadır.

Şekil 1. Türkiye’de Yurt içi Yapılan Patent Başvuru Sayısı (1984-2021)



**Kaynak:** World Bank, 2024.

Türkiye’de yurt içi yapılan patent başvuru sayısı 1984-2021 yılları arasında incelendiğinde, 1984 yılından 2000’li yılların başına kadar patent başvurularında sabit bir görünüm izlenmektedir. 2000-2010 yılları arasında artış trendini sürdüren patent başvuruları 2013 ve 2018 yılında bir miktar azalmasına rağmen 2018 yılından itibaren verilen teşvik ve desteklerin yardımıyla artış trendini sürdürmüştür.

Bu çalışmanın amacı teknolojik yeniklerin ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır. Bu yüzden çalışmada, 1984-2021 zaman aralığı ele alınarak teknolojik yenilik ve çevre kalitesi ilişkisi Türkiye için araştırılmıştır. Çalışmada; Türkiye’de teknolojik yeniliklerin, ekonomik büyümenin ve kentleşmenin çevre kalitesi üzerinde etkisi var mı? sorusunun cevabı aranmıştır. ARDL sınır testi yaklaşımı yaklaşımının kullanıldığı çalışmada, teknolojik yenilik göstergesi olarak patent verileri kullanılmıştır. Çevre kalitesi göstergesi olarak ise karbon emisyonu kullanılmıştır. Literatürde sadece inovasyonun karbon emisyonu üzerindeki etkisine ya da sadece ar-ge harcamalarının karbon emisyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada ise Türkiye’de teknolojik yenilik göstergesi olarak yurt içi patent başvuruları kullanılmıştır. Bu çalışma bu yönüyle diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Bu bağlamda, patent, kentleşme ve büyümenin karbon emisyonunun üzerindeki etkileri araştırılarak en güncel veriler kullanılarak literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir. Çalışmada öncelikle giriş bölümüne yer verilmiştir. Literatür taramasının yapıldığı bölümün ardından ekonometrik analiz ile devam edilmiştir. Son bölüm olarak sonuç kısmı ile çalışma tamamlanmıştır.

## 2. Literatür

Çevresel bozulmanın ele alındığı çalışmalarda çoğunlukla ekonomik büyüme, kentleşme, sanayileşme, enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiye dair araştırmalar yapılmıştır. Fakat teknolojik yeniliklerin karbon emisyonları üzerindeki etkileri göz ardı edilmiştir. Bu değişkenler arasındaki ilişki çoğunlukla yabancı ülke ya da ülke grupları için analiz edilmiştir. Var olan çalışmalarda ya sadece inovasyonun karbon emisyonu üzerindeki etkisine ya da sadece ar-ge harcamalarının karbon emisyonu üzerindeki etkilerine yer verilmiştir. Yapılan literatür çalışmasında teknoloji inovasyonu, ar-ge faaliyetleri ve patent başvurularının karbon emisyonu üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalara yer verilmiştir.

Johnstone ve arkadaşları (2010), çalışmalarında teknoloji inovasyon göstergesi olarak patent sayılarını tercih etmişlerdir. Panel regresyon analizinin uygulandığı çalışmalarında, yüksek gelir grubundaki 25 ülke için araştırma yapmışlardır. Sonuç olarak kamu politikalarının teknolojik gelişimlere olumlu katkılar sağladığına ulaşılmıştır.

Albino, Ardito, Dangelico and Petruzzelli (2014), çalışmalarında patent sayıları ile düşük karbonlu enerji teknolojilerini incelemişlerdir. 1971-2010 dönemlerinin ele alındığı çalışmalarında özel sektörün daha az karbonlu enerji için daha etkili olduğuna ve patent sayısının oldukça yetersiz olduğuna ulaşılmıştır.

Ahmed, Uddin and Sohag (2016), yaptıkları çalışmalarında 24 Avrupa ülkesini incelemişlerdir. 1980-2010 dönemlerinin ele alındığı çalışmalarında teknolojik yeniliğin CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılmasına olumlu katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca ekonomik büyüme ve CO<sub>2</sub> emisyonları arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğuna fakat kısa dönemde bir ilişkinin bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Dinda (2018), çalışmasında ekonomik büyüme, teknolojik ilerleme ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasında uzun dönemli bir analiz yapmıştır. 1963-2010 dönemini ele aldığı çalışmasında gelir düzeyindeki artışla birlikte üretim teknolojisinin gelişeceğini bununla beraber CO<sub>2</sub> emisyonlarının azalmasına katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Fernandez, Lopez and Blanco (2018), 15 Avrupa birliği ülkesi için 1990 ve 2013 yıllarını ele alan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında inovasyon çabalarının CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmada olumlu bir etkisinin olup olmadığını araştırmışlardır. Araştırma ve geliştirme harcamalarının CO<sub>2</sub> emisyonunun azalmasına katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ganda (2019), çalışmasında inovasyon ve teknoloji yatırımlarının CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkilerini incelemiştir. OECD ülkeleri için 2000-2014 dönemini ele aldığı çalışmasında ar-ge harcamaları ile karbon emisyonları arasında negatif ve patent sayıları ile pozitif anlamlı bir ilişki bulmuştur.

Hashmi and Alam (2019), çalışmalarında 1999-2014 dönemleri için OECD ülkelerini ele almışlardır. Çalışmalarının sonucunda patentteki artışların karbon emisyonunu azalttığını tespit etmişlerdir.

Erdoğan, Yıldırım, Yıldırım ve Gedikli (2019) çalışmalarında 1971-2017 dönemleri için 14 adet G20 ülkesini ele almışlardır. Çalışma sonucunda sanayi sektöründe inovasyonun karbon emisyonunu azalttığını tespit etmişlerdir.

Temelli ve Şahin(2019) çalışmasında, Panel veri tekniğini kullanarak yükselen piyasa ekonomisi içerisinde yer alan 10 ülke için analiz yapmıştır. Finansal gelişme, ekonomik büyüme ve teknolojik gelişmenin çevresel kalitesine etkilerinin incelendiği araştırma sonucunda, ekonomik büyüme ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.

Chen and Lee (2020) çalışmalarında, 1996-2018 dönemi için teknolojik inovasyonun CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkilerini 96 ülke için incelemiştir. Çalışmalarının sonucunda yüksek teknoloji ülkelerde ar-ge faaliyetlerinin CO<sub>2</sub> emisyonlarını azalttığına düşük teknoloji ülkelerde ise artırdığını tespit etmişlerdir.

Cheng, Ren, Dong, Dong and Wang(2021) çalışmalarında, teknolojik inovasyonun CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkilerini 35 OECD üyesi ülke için 1996-2015 dönemini ele alarak incelemiştir. Teknolojik inovasyonun CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Akyol ve Mete(2021) çalışmasında, 18 OECD ülkesi için çevresel teknolojik inovasyon ve CO<sub>2</sub> emisyonun ilişkisini araştırmıştır. Panel genelleştirilmiş momentler metodu (GMM)'nin kullanıldığı araştırmada 2005-2018 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda enerji tüketimi ve büyüme ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında pozitif, patent başvuruları ile negatif bir ilişki bulunmuştur.

Dauda, Long, Mensah, Salman, Boamah, Ampon-Wireko, and Dogbe(2021), çalışmasında 9 Afrika ülkesi için 1990-2016 dönemi yıllık verilerini kullanarak araştırma yapmıştır. İnovasyon ve CO<sub>2</sub> emisyonu ilişkisinin incelendiği çalışmada eş bütünleşme ve GMM tekniği kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ters-U ilişkisi doğrulanmış,yenilenebilir enerji ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasında negatif ilişki bulunmuştur.

Kılınç (2021) çalışmasında, 2002-2016 yıllık verilerini kullanarak OECD ülkelerine dair inceleme yapmıştır. Panel veri tekniğinin uygulandığı çalışmada enerji Ar-ge harcamaları ve ekolojik ayak izi durumunu araştırmıştır. Araştırmasının sonucunda, enerji Ar-ge harcamaları ve ekolojik ayak izi arasında negatif, büyüme ile pozitif etki ilişkiye ulaşılmıştır.

Özpolat ve Özsoy (2022) çalışmalarında, OECD ülkelerinde Çevresel Kuznets Eğrisinin geçerli olmadığını bulmuşlardır. Analizlerinde teknolojik yeniliklerin çevre kalitesi üzerindeki etkilerini seçilmiş OECD ülkeleri için incelemiştir. İlave olarak teknolojik yeniliğin, çevresel bozulmayı azalttığını, enerji kullanımı ve kentleşme ise artırdığını tespit etmişlerdir.

Oğul(2022), çalışmasında ARDL sınır testi tekniğini kullanarak 1990-2018 dönemi yıllık verilerini kullanmıştır. Türkiye’de teknolojik yenilik, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile çevre kirliliği ilişkisine dair yapılan çalışma sonucunda, teknolojik yenilik ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesine olumlu büyümenin ise olumsuz etki oluşturduğuna ulaşılmıştır.

Şentürk, Sezgin, Demirel, ve Demirgil(2023) çalışmasında, AB27 ülkeleri için 2010-2021 dönemi yıllık verilerini kullanmıştır. Panel veri tekniğinin kullanıldığı çalışmada ticari açıklık, temiz enerji, sanayileşme, beşeri sermaye ve teknoloji ilişkisi analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, ticari açıklık ve yenilenebilir enerji, döngüsellik oranını negatif etkilediğine ulaşılmıştır.

Bianchi ve Cordella (2023) çalışmasında, 2010-2019 dönemi yıllık verilerini kullanarak panel veri tekniğini kullanmıştır. AB28 ülkelerinin ele alındığı araştırma sonucunda, döngüsel malzeme kullanımının ve CE sektörlerinde istihdamın yurt içi ekstraksiyonu azalttığı yargısına varılmıştır.

Erdinç ve Aydınbaş(2023) çalışmasında, seçilmiş ülkeler için 2007-2019 dönemini kullanarak panel veri tekniğinden yararlanmıştır. Sürdürülebilir kalkınma için çevre kirliliğiyle alakalı faktörlerin araştırıldığı çalışma sonucunda, CO<sub>2</sub> emisyonu ve büyüme arasında pozitif, yenilenebilir enerji arasında negatif ilişki tespit edilmiştir.

Literatürde yer alan panel ve zaman serisi araştırmalarında, farklı göstergelerin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki yaratmış olduğu etkiler görülmektedir. Elde edilen sonuçların zaman aralığı, ülke, değişken nedeniyle farklılık gösterebildiği söylenebilir. Teknolojik gelişme ve çevre kalitesinin incelendiği araştırmalarda farklı göstergelerinde analizlere dahil edildikleri görülmektedir. Çevresel kalite olarak ekolojik ayak izi ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının kullanıldığı görülmektedir. Teknolojik yenilikler ve CO<sub>2</sub> emisyonu genel olarak incelendiğinde, literatürde teknolojik yenilik olarak patent sayıları, ar-ge faaliyetleri ve teknolojik inovasyonun kullanıldığına ulaşılmıştır. Bu çalışmada ise veri yetersizliği nedeniyle teknolojik gelişme olarak patent başvuruları kullanılmıştır. Yapılan çalışmada literatürle paralel olarak patent başvurularındaki artışların CO<sub>2</sub> emisyonlarını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

### 3.Ekonometrik Analiz

#### 3.1. Veri

Ekonometrik uygulamada, Türkiye’de teknolojik yeniliklerin ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkileri 1984-2021 dönemi için incelenmiştir. Bu bağlamda, karbon emisyonları (metrik ton) olarak modele dahil edilmiştir. Teknolojik yenilik (yurt içi patent başvuruları), ekonomik büyüme (sabit 2015 ABD Doları) ve kentsel nüfus (toplam nüfusun yüzdesi) bağımsız değişkenler olarak modele eklenmiştir. Teknolojik yenilik (yurt içi patent başvuruları), ekonomik büyüme (sabit 2015 ABD Doları) ve kentsel nüfus (toplam nüfusun yüzdesi) verileri World Bank’tan elde edilmiştir. Karbon emisyonları (metrik ton) BP istatistikten alınmıştır.

Türkiye’de teknolojik yeniliklerin çevre kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmak için aşağıdaki model kurulmuştur;

$$\text{LNCO}_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \text{LNPAT}_t + \beta_2 \text{LNGDP}_t + \beta_3 \text{LNURB}_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

CO<sub>2</sub> : karbon emisyonu, PAT: patent başvuru sayısı, LNGDP: ekonomik büyüme, URB: kentleşme ve et kavramı ise hata terimini göstermektedir. Kurulan modelde tüm değişkenlerin logaritması alınarak modele dâhil edilmiştir.

#### 3.2. Ekonometrik Yöntem ve Bulgular

Çalışmada gerçekleştirilen uygulamada öncelikle kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin hangi seviyede(I(0) ya da I(1)) durağan oldukları birim kök uygulamasıyla tespit edilmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin farklı seviyede durağan olması nedeniyle uzun dönemli bir ilişkinin araştırılması ARDL sınır testiyle sınırdığı iki aşamadan oluşmaktadır.

##### 3.2.1. Birim Kök Testleri

ARDL modeli tespit edilmeden önce uygulamada kullanılan değişkenlerin durağanlıklarının sınanması gerekmektedir. ARDL modeli değişkenlerin birim köklü olup olmadığına bakılmaksızın yapılan bir testtir. Dickey ve Fuller (1979) oto korelasyon görmezden gelinmiştir. Dickey ve Fuller (1981) ise birim kök testi modeldeki hata terimlerinin otokorelasyonlu olduğunu varsaymışlar ve bu problemi ortadan kaldırmak için bağımlı değişkenin gecikmeli terimleri modele eklenmiştir. Bu çalışmada hareket noktaları hata terimleri arasında korelasyonun varlığı olmuştur. Modele ADF için üç model tasarlanmıştır.

$$\Delta Y_t = \gamma Y_t(t-1) + u_t \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = a + \gamma Y(t-1) + ut \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = a + bt + \gamma Y(t-1) + ut \quad (4)$$

Yukarıda bulunan denklem 2 sabitsiz – trendsiz modeli, denklem 3 sabitli – trendsiz modeli, denklem 4 sabitli – trendli modeli ifade etmektedir. Hipotezler aşağıda yer almaktadır.

H0 :  $\gamma = 0$  ( $p = 1$ ), birim kök mevcudiyeti söz konusudur.

H1 :  $\gamma < 0$  ( $p < 1$ ), birim kök mevcudiyeti söz konusu değildir.

H0 hipotezinin anlamlılık düzeylerinde reddedilmesi serilerin seviyelerin durağan oldukları anlamındadır. H1 hipotezinin reddedilmesi ise serilerin birinci farkları alındığında durağan oldukları anlamına gelmektedir. Bu durumda serilerin birim kök taşıdığı anlamı ortaya çıkmaktadır.

Phillips ve Perron, (1988)'de otoregresif hareketli ortalama süreci (ARMA) kullanılarak modeller oluşturulur. Phillips ve Perron (1988), DF ve ADF testlerinin eksikliklerine yönelik olarak geliştirilmiş bir birim kök testidir. Bu bağlamda PP modelleri üç şekilde kurulmaktadır.

$$A_t = \delta A(t-1) + ut \quad (5)$$

$$A_t = \beta_1 + \delta A(t-1) + ut \quad (6)$$

$$A_t = \beta_1 + \delta A(t-1) + \beta_2(t - T/2) + ut \quad (7)$$

Yukarıda bulunan denklem 5 sabitsiz modeli, denklem 6 sabitli modeli, denklem 7 sabitli ve eğim katsayılı modeli ifade etmektedir.

PP testi, hipotezi aşağıdaki yer almaktadır

Boş hipotez :  $\gamma = 0$ , birim kök mevcudiyeti söz konusudur.

Alternatif hipotez :  $\gamma < 0$ , birim kök mevcudiyeti söz konusu değildir.

### 3.2.2. ARDL Sınır Testi Yaklaşımı

ARDL sınır testi değişkenlerin farklı seviyelerde durağanlığını tespit etmek için geliştirilmiştir. Bu yönüyle Johenson ve Engle Granger eş bütünleşme testlerinden ayrılmaktadır. Johenson ve Engle Granger eş bütünleşme testleri değişkenlerin aynı seviyelerde durağan olmaları koşuluyla uygulanabilir.

ARDL modeli değişkenleri Peseran, Shin ve Smith tarafından geliştirilmiştir. Peseran ve Shin ile Peseran, Shin ve Smith tarafından literatüre kazandırılan En Küçük Kareler (OLS) yöntemine dayalı ARDL yaklaşımı, değişkenler arasındaki dinamik (otoregresif) ilişki yapısını açıklamak için kullanılmaktadır. Bu sayede seriler durağan yada birim köklü oldukları durumlarda kısa ve uzun dönemli etkileri ortaya koyabilmektedir. Aşağıda serilerin hata düzeltme mekanizması çerçevesinde uzun dönemli durumlarını ortaya koyan model tahmini bulunmaktadır (Esen vd., 2012 ).

$$Y_T = \varphi_0 \sum_{i=1}^m \varphi_1 \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \varphi_{2i} \Delta X_{1t-i} + \dots + \sum_{i=0}^r \varphi_{ki} \Delta X_{kt-i} + U_t \quad (8)$$

$$Y_T = \varphi_0 \sum_{i=1}^m \varphi_1 \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \varphi_{2i} \Delta X_{1t-i} + \dots + \sum_{i=0}^r \varphi_{ki} \Delta X_{kt-i} + \mu ec m_{t-1} + U_t \quad (9)$$

Hata düzeltme testinde uzun dönemli modelin gecikmeli şekli kısa dönem modeline eklenmektedir. Bu sayede kısa dönemde meydana gelen problemler uzun dönemde ortadan kalkmaktadır.

ARDL modelinde sınır testi denklemi aşağıdaki gibidir.

$$\Delta Y_T = \varphi_0 \sum_{i=1}^m \varphi_{1i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \varphi_{2i} \Delta X_{1t-i} + \sum_{i=0}^m \varphi_{3i} \Delta X_{k2-i} + \varepsilon_1 Y_{t-1} + \varepsilon_2 X_{1t-1} + \dots + \varepsilon_k X_{kt-1} + U_t \quad (10)$$

10 nolu denklemde  $\phi$ ; simgesi sabit terimi,  $\Delta$ ; simgesi fark terimi,  $u$ ; simgesi hata terimini ifade etmektedir. Uygun gecikme uzunluğu belirlenerek modelde eş bütünleşmenin sorgulanabilmesi sağlanabilmektedir. Akaike ve Swartz kriteri ile Gecikme uzunlukları belirlendikten sonra model EKK yöntemi ile tahmin edilebilir. ARDL modelinde eşbütünleşme ilişkisinin varlığı aşağıdaki hipotezler ile sorgulanmaktadır.

$H_0 : \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots = \varepsilon_k = 0$  (Eşbütünleşme yoktur.)

$H_1 : \varepsilon_1 \neq \varepsilon_2 \neq \dots \neq \varepsilon_k \neq 0$  (Eşbütünleşme vardır.)

Hipotez testlerinin sınanması için F testleri asimptotik kritik değerleri ile karşılaştırılır. Eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı boş hipotez için F istatistiği üst sınır kritik değerinden büyük olduğunda  $H_0$  hipotezi reddedilir ve değişkenler arasında eşbütünleşme olduğu söylenirken, F istatistiği alt sınır kritik değerden küçük olduğunda  $H_0$  hipotezi onaylanarak değişkenler arasında eşbütünleşme olmadığı söylenebilir. Hesaplanan F istatistiği alt ve üst sınır kritik değerleri arasında ise eşbütünleşme ile ilgili belirsizlik söz konusudur. Karar verilememesi durumunda diğer uzun dönemli testler incelenir.

### 3.2.3. Bulgular

Birim kök testleriyle serilerin durağanlıkları incelenmektedir. AIC (Akaike Information Criteria) dikkate alınarak modele ait uygun gecikme uzunlukları belirlenmiştir. Birinci aşama değişkenlerin durağanlığını analiz etmek için ADF ve PP birim kök testleri kullanılmıştır. Tablo 2’de yer almaktadır.

**Tablo 2:** Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler		ADF	PP
LNCO <sub>2</sub>	I(0)	0.462 (-1.619)	0.369 (-1.809)
	I(1)	-6.918 (0.000)***	-8.577 (0.000)***
LNPAT	I(0)	0.861 (0.993)	0.548 (0.986)
	I(1)	-5.800 (0.000)***	-5.947 (0.000)***
LNGDP	I(0)	-1.435 (0.553)	-1.434 (0.556)
	I(1)	-6.610 (0.000)***	-6.610 (0.000)***
LNURB	I(0)	-5.578 (0.000)***	-4.799 (0.000)***

\*\*\*: 0.01 anlamlılık düzeyini göstermektedir. ADF ve PP için, %1, %5 ve 10 için kritik değerler; -3,699, -2, 976 ve -2.627 şeklindedir.

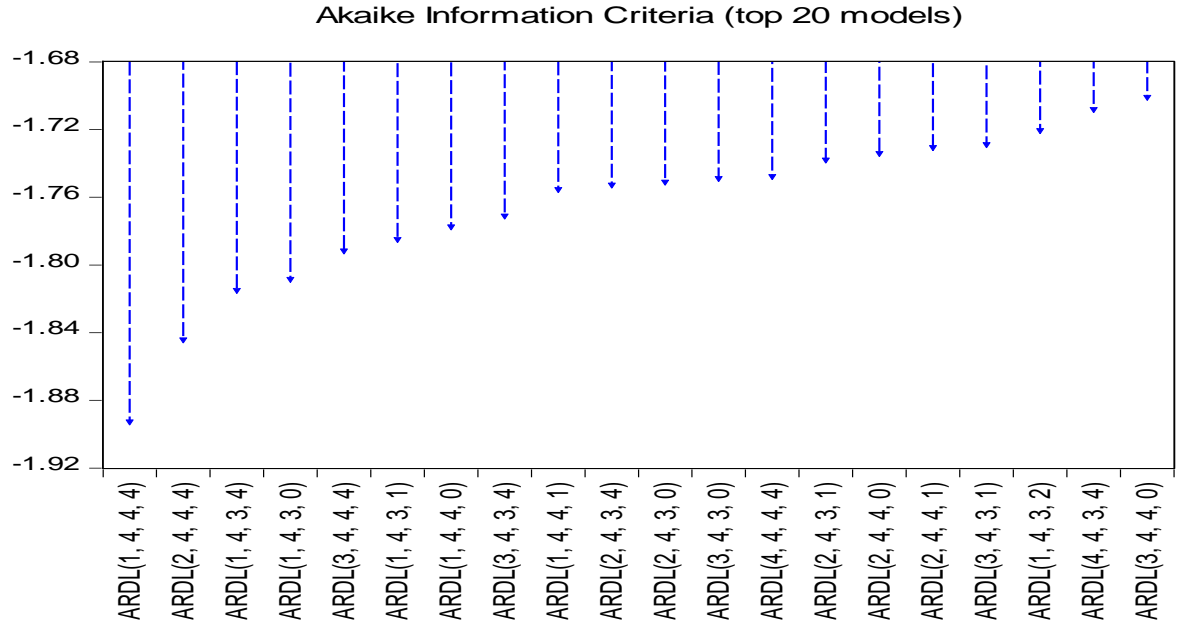
Test sonuçlarına göre bağımlı değişken olarak ele alınan karbon emisyonu I(1)’de durağan hale gelmiştir. Diğer değişkenler olan patent başvuru sayısı ve ekonomik büyüme I(1)’de durağan hale gelmiştir. Kentsel nüfus ise I(0)’da durağan hale gelmiştir. Bu sonuçlar kentleşme dışındaki diğer serilerin; karbon



emisyonu, patent başvuruları ve ekonomik büyümenin birim köklü olduklarını birinci farkları alındıktan sonra durağanlaştıklarını göstermektedir. Birim köklerin sonuçları, literatürde de belirtildiği gibi bağımlı ve bağımsız değişkenlerin farklı seviyede durağan olması nedeniyle ARDL modeli kurulmasının önünde bir engel bulunmadığı göstermektedir.

İkinci ön koşul ARDL modeli için uygun gecikme uzunluğunun tespit edilmesidir. Aşağıda gösterilmektedir.

Şekil 2: Gecikme Uzunluklarının Belirlenmesi



AIC koşulu ile gecikme uzunluğu belirlenmiştir. Bunun için 20 alternatif model belirlenmiştir. (1.4.4.4) modeli tahmin için uygun model olarak seçilmiştir. Model tahmini için en küçük değer belirlenmesinin ardından uzun dönemli ilişkiye sınır testiyle ulaşılmıştır. Sınır testine ait sonuçlar tablo 3’de bulunmaktadır.

Tablo 3: Sınır Testi Sonuçları

F Değeri	8.121	
Değer Aralığı	I(0)	I(1)
%10	2.37	3.2
%5	2.79	3.67
%1	3.65	4.66
Tanısal Testler		
Breusch LM	11.782(0.706)	
Jarque Bera	2.344(0.309)	
Heteroskedasticity Testi Breusch-Pagan-Godfrey	23.985(0.155)	
Ramsey Reset Test	0.0391 (0.969)	

Değişkenler arasında %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde eşbütünlük olup olmadığı Tablo 2’de gösterilmiştir. Hesaplanan F istatistik değeri, (8.121) %1 anlamlılık düzeyinde üst sınır kritik değerinden büyüktür. Dolayısıyla  $H_1$  hipotezi kabul edilerek değişkenler arasında eşbütünlük olduğu

belirlenmiştir. Bu sonuç uzun dönemde modelde kullanılan karbon emisyonları, patent başvuruları, ekonomik büyüme ve kentleşme arasında anlamlı bir ilişkiyi işaret etmektedir.

Modele ait tanısal test sonuçları değerlendirildiğinde; Prob. =0.706> 0.05 olduğu için yapılan ARDL analizinde otokorelasyon problemi bulunmamıştır. Jarque Bera Prob. =0.309>0.05 olduğundan normal dağılıma sahiptir. Heteroskedasticity testi olasılık değeri Prob. =0.155>0.05 olduğundan seride değişen varyans sorunu olmadığı bulunmuştur. Seride spesifikasyon problemi olmadığı Ramsey reset test olasılık değeri Prob. = 0.969>0.05 ile gösterilmiştir. Elde edilen bu eşbütünlük ilişkisi sonuçları ise Tablo 4’de belirtilmiştir.

**Tablo 4: Uzun Dönem Sonuçları**

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	T-İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
LNGDP	0.956412	0.040592	0.235614	0.005***
LNPAT	-0.554640	0.012399	4.473374	0.000***
LNURB	1.541053	0.233743	6.592948	0.000***
C	-5.667850	0.719518	-7.877285	0.000***

\*\*\* 0.01 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 4 uzun dönemli ARDL modeli ile hesaplanan parametrelerin değerlerini göstermektedir. Bu şekilde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin durumu belirlenebilir. Çalışmada karbon emisyonu bağımlı değişkeni, ekonomik büyüme, patent başvuruları ve kentleşme bağımsız değişkenleri göstermektedir. Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, patent başvuruları, ekonomik büyüme ve kentleşme değişkeleriyle karbon emisyonları arasında anlamlı ilişki elde edilmiştir. Katsayıların işaretleri değerlendirildiğinde ise patent başvuruları değişkeninin işareti negatif, ekonomik büyüme ve kentleşmenin ise işareti pozitifdir. Bu sonuç uzun dönemde patent başvurularının arttıkça karbon emisyonlarının azalacağını buna karşın kentleşme ve ekonomik büyüme arttıkça da karbon emisyonlarının artacağını göstermektedir. Ele alınan çalışmadaki açıklayıcı değişkenlerden en fazla kentleşmede meydana gelen artışlar çevre kalitesi üzerinde olumsuz etki yaratmıştır. Ekonomik büyümede gerçekleşen %1’lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunda % 0.95 birimlik artışa yaratmıştır. Patent başvurularında gerçekleşen %1’lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunda % -0.55 birimlik azalış yaratmıştır. Kentleşmede gerçekleşen %1’lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunda % 1.54 birimlik artış yaratmıştır.

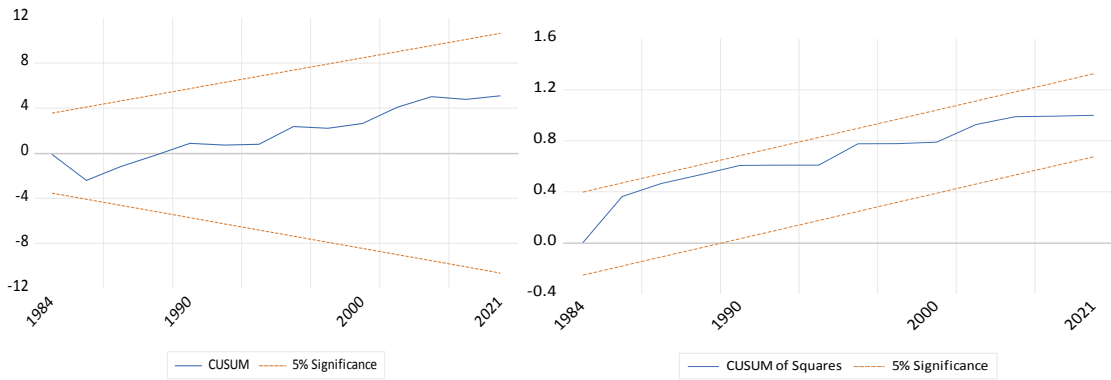
**Tablo 5: Hata Düzeltme Sonuçları**

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	T-İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
D(LNCO <sub>2</sub> (-1))	-0.224	0.146	-1.534	0.147
D(LNCO <sub>2</sub> (-2))	-0.327	0.139	-2.338	0.034
D(LNGDP)	0.007	0.038	0.202	0.842
D(LNGDP(-1))	0.086	0.054	1.588	0.134
D(LNGDP(-2))	0.208	0.055	3.753	0.002
D(LNGDP(-3))	0.098	0.049	2.009	0.064
D(LNPAT)	0.308	0.057	5.340	0.000
D(LNPAT (-1))	0.108	0.041	2.614	0.020
D(LNPAT (-2))	-0.077	0.041	-1.858	0.084
D(LNPAT (-3))	-0.184	0.057	-3.221	0.006
D(LNURB)	-20.330	5.470	-3.716	0.002
D(LNURB (-1))	23.974	7.558	3.171	0.006
D(LNURB (-2))	-21.427	7.345	-2.917	0.011
D(LNURB (-3))	-7.107	5.074	-1.400	0.183
CointEq(-1)*	-0.456	0.101	-4.479	0.000

Tablo 5’te görüldüğü gibi hata düzeltme değeri -0.456 (0.000) şeklinde görülmektedir. Bu değer kısa sürede gerçekleşebilecek bozulmaların uzun sürede ortadan kalkarak düzeleceğini göstermektedir. Bu sonuç ayrıca cari dönemdeki bir sapmanın %45’inin bir dönem sonra ortadan kalkacağını ifade etmektedir.

Katsayıların kararlılığı için CUSUM ve CUSUMQ grafikleri kullanılmıştır. İlgili test grafikleri Şekil 3’de gösterilmektedir.

Şekil 3: Cusum ve Cusum SQ



Yukarıdaki şekil 3’te tahmin edilen ARDL modelinin kararlı olduğunu göstermektedir. Yukarıdaki şekillerde değişkenlerin %5 düzeyinde kritik sınırlar arasında bulunmuştur. Böylece araştırmada kullanılan değişkenlerin katsayılarının kararlı olduğu sonucu elde edilmiştir.

#### 4.Sonuç

Enerji, ekonomik ve teknolojik gelişmenin itici gücü olduğu için dünyadaki tüm ülkeler için büyük önem arz etmektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji talebine uzun vadeli çözüm yolları sunabilmek sürdürülebilir kalkınmada büyük bir avantaj sağlamaktadır. Türkiye hızlı nüfus artışı ve dinamik ekonomik kalkınmaya sahip ülkeler arasında yer almaktadır. Sanayi sektöründe ve günlük hayatta daha fazla enerji talep edilmesi karbon emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Artan enerji talebini yenilenebilir enerji teknolojileri devreye sokularak karşılamak öncelikli amaç olmalıdır. Bu sayede hem karbon emisyonları azalabilir hem de enerji talebi karşılanmış olabilir. Bu sebeple, verimli enerji politikaları ve teknolojilerini geliştirmek son derece önemlidir.

Çalışmada, Türkiye’de teknolojik yeniliklerin ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkileri 1984-2021 dönemi için incelenmiştir. Çevre kalitesini etkileyen unsurlar olarak teknolojik yeniliği temsilen patent başvuruları, ekonomik büyüme ve kentleşme oranı ele alınarak ekonometrik olarak analiz edilmiştir.

Çalışmanın sonucunda ise, modelde bağımsız değişken olarak yer alan patent başvuruları, ekonomik büyüme ve kentleşme değişkenleriyle karbon emisyonları arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Katsayıların işaretleri değerlendirildiğinde ise patent başvuruları değişkeninin işareti negatif, ekonomik büyümenin ve kentleşme işareti ise pozitifdir. Bu sonuçlarda literatürde Ahmed, Uddin and Sohag (2016), Dinda (2018), Fernandez, Lopez and Blanco (2018), Ganda (2019), Hashmi and Alam (2019), Erdoğan, Yıldırım, Yıldırım ve Gedikli (2019) Chen ve Lee (2020) Cheng ve arkadaşları (2021) Özpolat ve Özsoy (2022), Erdinç ve Aydınbaş(2023) benzer bulgulara sahiptir. Bu sonuç uzun dönemde patent başvurularının arttıkça karbon emisyonlarının azalacağını buna karşın kentleşme ve ekonomik büyüme

artıkça da karbon emisyonlarının artacağını göstermektedir. Çalışmada teknolojik gelişmelerin artışı karbon emisyonları üzerinde azaltıcı etki yaratması teknolojinin etkili kullanıldığını karbon emisyonlarını azaltıcı politikaların uygulandığını göstermektedir. Ekonomik büyüme ve kentleşmenin özellikle sanayileşmeyle birlikte karbon emisyonları üzerinde artırıcı bir etki yaratmıştır.

Ekonomik büyümenin CO<sub>2</sub> emisyonlarını artırarak çevre kalitesi üzerinde olumsuz etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu noktada yatırımcıların çevreye önem vermediği daha eski teknolojileri kullandığı ve çevresel kirliliği artırarak çevresel kalitenin zarar gördüğü sonucu ortaya çıkmaktadır. Artan gelirle birlikte bireylerin çevreye karşı daha duyarlı olduğu ve yatırımcıların çevreye duyarlı olabilme hususunda zorlandığı görülmektedir. Türkiye’de istenilen gelir düzeyine ulaşılamadığı sonucuna varılmaktadır. Özellikle endüstri sektöründe fosil kaynaklı yenilenemez enerji tüketiminin kullanılması çevre kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Teknolojik gelişmenin CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltarak çevre kalitesi üzerinde olumlu etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu noktada çevreye duyarlı, daha az zarar veren, teknolojisi ve verimliliği yüksek enerji kaynaklarına yönelik söz konusudur. Teknolojideki gelişmelerle birlikte CO<sub>2</sub> emisyonlarının azalması bu alana yönelik yapılan yatırımların önemini göster önüne sermektedir. Bu noktada Türkiye’de çevre teknolojilerinde, patent sayılarında, ar-ge harcamalarında ve inovasyonlarda gerekli yatırımların gerçekleştiği söylenebilmektedir. Buna bağlı olarak çevre kalitesinin arttığını söylemek mümkündür.

Kentleşmenin CO<sub>2</sub> emisyonlarını artırarak çevre kalitesi üzerinde olumsuz etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun nedenleri olarak, kentleşmeyle birlikte daha fazla ekonomik aktivite ve enerji yoğun ürünlerin kullanılması, kentleşmeyle birlikte orman alanlarının azalması ve sera gazına yükselten kentsel nüfusa karşı yeterli olamaması, kentsel nüfusun gereksinimleri için hibrit tohumların kullanıldığı ve toprak verimliliğinin azalması, plansız kentleşmenin ve doğal kaynakların gereksiz şekilde kullanılması söylenebilmektedir.

Araştırmada patent başvurularının, kentleşmenin ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki önemi görülmektedir. Bu bağlamda teknolojik yenilik konusunda çalışan şirketlere teşvik ve finansal destekler sağlanmalıdır. Karbon salınımını azaltan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmelidir. Sanayi politikaları oluştururken çevresel bozulmanın dikkate alan politikalar üretilmelidir. Çevre kirliliğini en aza indirmek aynı zamanda sosyal ve kültürel eğitim politikaları gerçekleştirilmelidir. sürdürülebilir kalkınma için teknolojik gelişmenin artırılması ve kentleşmeyle birlikte karbon emisyonlarının azaltılması için çevre dostu politikalar geliştirilmesi önerilmektedir. İklimin değişmesi ile yenilenebilir enerjiye dair yeni proje fonlarının oluşturulması ve desteklenmesi, yeşil teknoloji transferinin desteklenmesi, enerjide tasarruflu teknolojik sistemlerin kullanılması, çevresel politikaların uygulanması, Ev ve işyerlerinde enerji tasarrufu bilincinin oluşturulması, Binalarda ısı yalıtım sistemlerinin kullanılması, motorlu araç kullanımı yerine yürüme ve bisiklet kullanımının artırılması, eski araç ve gereçlerde geri dönüşüm uygulamalarının teşvik edilmesi ve Ar-ge harcamalarının artırılması önerilmektedir.

#### **Finansman/ Grant Support**

Yazar(lar) bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

The author(s) declared that this study has received no financial support.

#### **Çıkar Çatışması/ Conflict of Interest**

Yazar(lar) çıkar çatışması bildirmemiştir.

The authors have no conflict of interest to declare.

#### **Açık Erişim Lisansı/ Open Access License**

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY NC).

Bu makale, Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY NC) ile lisanslanmıştır.

## Kaynaklar

- Ahmed, A., Uddin, G.S. and Sohag, K. (2016). Biomass Energy, Technological Progress and the Environmental Kuznets Curve: Evidence from Selected European Countries. *Biomass and Bioenergy*, 90, s. 202-208.
- Akyol, M., ve Mete, E. (2021).Çevresel Teknolojik Inovasyonların CO<sub>2</sub> Emisyonu Üzerindeki Etkisi: OECD Ülkeleri Örneği. *İstanbul İktisat Dergisi*, 71(2), s. 569-590.<https://doi.org/10.26650/ISTJECON2021-935480>
- Albino, V., Ardito, L., Dangelico, R. M., ve Petruzzelli, A. M. (2014). Understanding The Development Trends Of Low-Carbon Energy Technologies: A Patent Analysis. *Applied Energy*, 135, s. 836-854.
- Al-mulali, U., Che Sab, C.N. B., Fereidouni, H. G. (2012). Exploring The Bi-Directional Long Run Relationship Between Urbanization, Energy Consumption, And Carbon Dioxide Emission. *Energy*, 46(1), s. 156-167.<https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.08.043>.
- Aytun, C., Akın, C. ve Algan, N. (2017). Gelişen Ülkelerde Çevresel Bozulma, Gelir ve Enerji Tüketimi İlişkisi. *Ömer Halis Demir İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), s.1-11.
- Bianchi, M., and Cordella, M. (2023). Does Circular Economy Mitigate the Extraction of Natural Resources? Empirical Evidence Based on Analysis of 28 European Economies Over the Past Decade. *Ecological Economics*, 203, 107607.
- BM(2018). <https://www.un.org/en>(Erişim Tarihi: 16.02.2024).
- BT(2016),[https://www.btplc.com/Purposefulbusiness/Ourapproach/Ourpolicies/ICT\\_Carbon\\_Reduction\\_EU.pdf](https://www.btplc.com/Purposefulbusiness/Ourapproach/Ourpolicies/ICT_Carbon_Reduction_EU.pdf)(Erişim Tarihi: 16.02.2024).
- BP(2024) <http://www.bp.com/statisticalreview>(Erişim Tarihi: 16.02.2024).
- Chen, Y., ve Lee, C. C. (2020). Does Technological Innovation Reduce CO<sub>2</sub> Emissions? Cross-Country Evidence. *Journal Of Cleaner Production*, 263, s. 1-11.
- Cheng, C., Ren, X., Dong, K., Dong, X., ve Wang, Z. (2021). How Does Technological Innovation Mitigate CO<sub>2</sub> Emissions In Oecd Countries? Heterogeneous Analysis Using Panel Quantile Regression. *Journal Of Environmental Management*, 280, s. 1-11.
- Çetin, M., Kırıcı, B., Saygın, S. ve Alaşahan, Y. (2018). Ekonomik Büyüme, Finansal Gelişme, Enerji Tüketimi Ve Dış Ticaretin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Nedensellik Analizi (1960-2013). *Balkan Journal of Social Sciences/Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(13), s. 26-43. <http://hdl.handle.net/20.500.11776/2706>
- Dauda, L., Long, X., Mensah, C.N., Salman, M., Boamah, K.B., Ampon-Wireko, S. and Dogbe, C.S.K. (2021). Innovation, trade openness and CO<sub>2</sub> emissions in selected countries in Africa. *Journal of Cleaner Production*, 281, s. 1-11.
- Demirer, G., ve Mirata, M. (1999). Endüstriyel Kirlilik Önleme Ya Da Temiz Üretim. *Endüstri & Otomasyon*, 31, s. 110-113
- Dickey, D. A., ve Fuller, W. A. (1979).Disturbtion Of The Estimators For Autoregressive Series With A Unit Root. *Journal Of The American Statiscal Association*, 49, s. 427-431.

- Dinda, S. (2018). Üretim Teknolojisi Ve Karbon Emisyonu: Kısa Vadeli Dinamiklerle Uzun Vadeli İlişki. *Uygulamalı Ekonomi Dergisi* , 21 (1), s. 106-121.
- Erdoğan, Z. ve Aydınbaş, G. (2023). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Çevre Kirliliği İle İlişkili Unsurların Tespiti: Panel Veri Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(3), s. 1050-1067.
- Erdoğan, S., Yıldırım, S., Yıldırım, D. Ç., ve Gedikli, A. (2019). *G20 Ülkelerinde Inovasyon Ve CO<sub>2</sub> Emisyonu*. İstanbul: Basım Pazıl Reklam.
- Esen, E., Yıldırım, S., ve Kostakoğlu, F. (2012). Felstein - Horioka Hipotezinin Türkiye Ekonomisi İçin Sınanması: Ardl Modeli Uygulaması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7(1), s. 251-267.
- Fernandez, Y.F., Lopez, M. A. F., ve Blanco, B. O. (2018). Innovation For Sustainability: The Impact Of R&D Spending On CO<sub>2</sub> Emissions. *Journal Of Cleaner Production*, 172, s. 3459-3467.
- 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, s. 469-483
- Ghita, S. I., Saseanu, A. S., Gogonea, R. M., ve Huidumac-Petrescu, C. E. (2018). Perspectives Of Ecological Footprint In European Context Under The Impact Of Information Society And Sustainable Development. *Sustainability*, 10(9), 3224.
- Greening, L.A. (2000). Energy Efficiency And Consumption-The Rebound Effect-A Survey. *Energy Policy*, 28(6-7), s. 389-401.
- Güriş, S., ve Tuna E. (2011). Çevresel Kuznets Eğrisi'nin Geçerliliğinin Panel Veri Modelleriyle Analizi. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13 (2), s. 173-190.
- Hashmi, R., ve Alam, K. (2019). Dynamic Relationship Among Environmental Regulation, Innovation, CO<sub>2</sub> Emissions, Population, And Economic Growth In OECD Countries: A Panel Investigation. *Journal Of Cleaner Production*, 231, s. 1100-1109.
- İnançlı, S , ve Akı, A . (2020). Türkiye'nin Enerji İthalatı ve Yenilenebilir Enerji Arasındaki İlişkinin Ampirik Olarak İncelenmesi . *Econder International Academic Journal* , 4 (2) , 551-564 .
- Jiang, M., Kim, E. ve Woo, Y. (2020). The Relationship between Economic Growth and Air Pollution – A Regional Comparison between China and South Korea. *International Journal of. Environmental Research and Public Health*, 17, s. 1-20. doi:10.3390/ijerph17082761
- Johnstone, N., Hascic, I., ve Popp, D. (2010). Renewable Energy Policies And Technological Innovation: Evidence Based On Patent Counts. *Environmental And Resource Economics*, 45, s. 133-155.
- Kılınc, E. C. (2021). Ekolojik Ayak İzi-Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi: OECD Ülkeleri Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), s. 527-541. <http://doi.org/10.25287/ohuiibf.723064>.
- Koçak, E. (2017). Finansal Gelişme Çevresel Kaliteyi Etkiler Mi? Yükselen Piyasa Ekonomileri İçin Ampirik Kanıtlar. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(3), s. 535-552
- OECD (2007). Environmental Performance Reviews. [Available online at: <https://www.Oecd-ilibrary.Org/>], Retrieved on April 08, 2023

- Oğul, B. (2022). Türkiye’de Çevresel Teknolojik Inovasyonlar Ekolojik Ayak İzini Azaltıyor Mu? ARDL Sınır Testi Analizi. *İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, (INIJOSS), 11(2)*, s. 409-427
- Özpolat, A., ve F. Nakipoğlu, Ö. (2022). The Effect Of Technological Innovations On Environmental Quality In Selected Oecd Countries. *Sosyoekonomi, 30(51)*, s. 11-31.
- Phillips, C. B., ve Perron, P. (1998). Test For A Unit Root In Time Series Regression. *Biometrika, 75*, s. 335-346.
- Shafiei, M. W. M., ve Abadi, H. (2017). The Importance Of Green Technologies And Energy Efficiency For Environmental Protection. *International Journal of Applied Environmental Sciences, 12(5)*, s. 937-951.
- Sandner, P. G., ve Block, J. (2011).The Market Value Of R&D, Patents, And Trademarks. *Res Policy, 40(7)*, s. 969-985
- Sehrawat, M., Giri, A.K. ve Mohapatra, G. (2015). The Impact Of Financial Development, Economic Growth And Energy Consumption On Environmental Degradation. *Management of Environmental Quality: An International Journal, 26(5)*, s. 666-682. doi:10.1108/MEQ-05-2014-0063
- Seto, K. (2014). *Human Settlements, Infrastructure And Spatial Planning*, in: o. Edenhofer et al. (eds.), climate change 2014: mitigation of climate change, Contribution Of Working Group III To The Fifth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC, Geneva), (923-1000), Cambridge UK/New York: Cambridge University Press.
- Şentürk, C., Sezgin, A., Demirel, O., ve Demirgil, H.,(2023). Döngüsel Bir Ekonomiye Doğru: AB27’de Makroekonomik, Çevresel Ve Teknolojik Etkenlerin Analizi. *İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Özel Sayı(11)*, s. 163-179.
- Temelli F., ve Şahin D. (2019). Yükselen Piyasa Ekonomilerinde Finansal Gelişme, Ekonomik Büyüme ve Teknolojik Gelişmenin Çevresel Kalite Üzerine Etkisinin Analizi. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9 (2)*, s. 577-593
- TÜİK (2023). <https://www.tuik.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 16.02.2024).
- TÜİK (2024). <https://www.tuik.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 16.02.2024).
- UNCTAD(2022) <https://hbs.unctad.org/>(Erişim Tarihi: 16.02.2024).
- Zhou, N. (2010). Overview Of Current Energy-Efficiency Policies In China. *Energy Policy, 38(11)*, s. 6439-6452
- World Bank (2024). <https://data.worldbank.org/>, (Erişim Tarihi: 16.02.2024).