



# Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/aruuiibfdergisi>



## İnsani gelişme ve yenilenebilir enerji tüketimi çevresel sürdürülebilirlik için önemli mi? Türkiye için ampirik bir analiz

*Are human development and renewable energy consumption important for environmental sustainability? An empirical analysis for Türkiye*

Şeyma Şahin Kutlu<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Doç. Dr., Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, [ssahin@bandirma.edu.tr](mailto:ssahin@bandirma.edu.tr), ORCID: 0000-0002-1485- 642X

### MAKALE BİLGİSİ

#### Makale geçmişi:

Başvuru: 14 Ekim 2024

Kabul: 28 Ekim 2024

#### Anahtar kelimeler:

İnsani Gelişme,

Yenilenebilir Enerji Tüketimi,

Türkiye

#### Makale türü:

Araştırma makalesi

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 14 October 2024

Accepted: 28 October 2024

#### Keywords:

Human Development,

Renewable Energy Consumption,

Türkiye

#### Article type:

Research article

### ÖZET

Günümüzde küresel ekonomilerin kalkınma anlayışının ana odak noktası sürdürülebilirlik kavramıdır. Bu anlayış ile ekonomik çıktılar, çevresel ve sosyal boyutlarıyla birlikte değerlendirilmektedir. Daha açık bir ifade ile, bu yaklaşım salt ekonomik çıktılara odaklanmaktan ziyade çevresel ve toplumsal faydaların da öncelendiği bir çerçevede sunmaktadır. Bu durum politika yapıcılara ekonomi ve çevre arasındaki çelişkide dengeyi sağlamaya yönelik sorumluluklar yüklemektedir. Bu çalışma, insani gelişme ile yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini Türkiye ekonomisi için değerlendirmektedir. Ampirik analiz yöntemi olarak ARDL sınır testi yaklaşımının kullanıldığı çalışmanın veri aralığı 1990-2020 dönemidir. Çalışmanın amacı doğrultusunda ekolojik ayak izi, insani gelişme endeksi, yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayileşme değişkenleri analize dahil edilmiştir. Analizlerden elde edilen bulgular, uzun dönemde insani gelişmenin ekolojik ayak izini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklediğini göstermektedir. Bunun yanı sıra bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerine kısa ve uzun dönemli etkisinin negatif olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan çalışma bulguları, uzun dönemde sanayileşmenin Türkiye’de çevresel sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkilediğine işaret etmektedir.

### ABSTRACT

Today, the main focus of the development approach of global economies is the concept of sustainability. The evaluation of economic outcomes considers their environmental and social dimensions. This approach prioritizes environmental and social benefits rather than focusing solely on economic results. This situation imposes responsibilities on policymakers to ensure balance in the contradiction between the economy and the environment. The study examines the impact of human development and renewable energy consumption on environmental sustainability for the Turkish economy. The ARDL bounds test approach was used for the analysis. The analysis includes the periods 1990-2020. Ecological footprint, human development index, renewable energy consumption, and industrialization variables were included in the analysis. Findings from the analysis show that human development supports environmental sustainability by reducing its ecological footprint in the long term. In addition, the findings reveal that renewable energy consumption has a negative short—and long-term impact on ecological footprint. On the other hand, the study findings indicate that industrialization negatively affects Turkey’s long-term environmental sustainability.

\* Sorumlu yazar / Corresponding author

E-posta / E-mail: [ssahinkutlu@gmail.com](mailto:ssahinkutlu@gmail.com)

Atıf / Citation: Şahin Kutlu, Ş. (2024). İnsani gelişme ve yenilenebilir enerji tüketimi çevresel sürdürülebilirlik için önemli mi? Türkiye için ampirik bir analiz. *Ardahan Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6(2), 149-163. <http://doi.org/10.58588/aru-jfeas.1566884>

## 1. Giriş

Güzümüz modern iş dünyasında örgütler rekabet üstünlüğünü elde etmek ve sürdürmek için çalışanlarının proaktif davranışlarına daha fazla ihtiyaç duymaktadırlar. Örgüt içerisindeki birçok faktör astların proaktif davranışlarını olumlu veya olumsuz etkileyebilmektedir. Bu faktörlerin başında yöneticiler veya liderler gelebilmektedir. Yöneticiler, kaynakların ve önemli fırsatların astları arasında nasıl dağıtılacağına karar verme gücünü elinde bulundurabilmekte ve sahip oldukları kaynakları her astıyla aynı oranda paylaşmayabilmektedir. Yüksek kaliteli ilişkiye sahip olduğu astlarına daha fazla kaynak sağlayabilmekte, düşük kaliteli ilişkiye sahip olduğu astlarıyla daha az kaynak paylaşabilmektedirler. Bu durum astların algıladıkları değeri ve yaratıcılıklarını etkileyebilmektedir.

Bütün ekonomik faaliyetlerin temel motivasyonu toplumların refah düzeyinin artırılmasıdır. Geleneksel olarak refah kavramı, hasıla düzeyi ve söz konusu düzeyin bireyin yaşam standartlarında meydana getireceği iyileşme ile ilişkilendirilmektedir. Dolayısıyla politika yapıcılarının öncelikleri ilk husus hasıla artışının sağlanmasıdır. Ancak günümüzde hasıla artışını önceleyen politikaların yüksek yaşam standartlarını sağlamada yeterliliği tartışma konusudur. Zira artık refah arayışlarında sürdürülebilirlik kavramı öne çıkmaktadır. Sürdürülebilirliğin boyutlarından birinin çevre olduğu göz önünde bulundurulduğunda politika yapıcılara çevresel sorunları en aza indiren optimum hasıla düzeyini sağlama sorumluluğu yüklenmektedir. Nitekim son zamanlarda gelişmiş ülkelerin sera gazı salınımlarını sınırlandırmada bağlayıcı hedefleri bulunan Kyoto Protokolü ile küresel ısınmayı 2 derecenin tercihen 1.5 derecenin altında tutmayı amaçlayan Paris Anlaşması, taraflara küresel iklim değişikliğiyle ilgili önemli yükümlülükler getirmiştir. Ancak söz konusu uluslararası çabalar, bağlayıcılığı ve yaptırım gücü düşük anlaşmalardır. Bu durum küresel emisyonlarda keskin bir düşüş yaşanmamasına (Akadiri vd., 2020), sürdürülebilirliğe ilişkin kaygıların oluşmasına ve tartışmalara neden olmuştur. Tartışmaların önemli bir kısmı çevresel kaliteyi etkileyen ekonomik faktörleri anlamaya yöneliktir.

İktisadi literatür, çevresel bozulmanın azaltılmasında öncelikli olarak gelir düzeyi kavramı üzerinde durmuştur. Kişi başına düşen gelir düzeyi ile çevresel bozulma arasındaki ilişki ilk olarak Grossman ve Krueger (1991) tarafından test edilmiştir. Kişi başına düşen gelirin belirli bir eşik düzeyine kadar çevre kirliliğini artıracaklarını, bu eşik düzeyinden sonra kirliliğin azalmaya başlayacaklarını ileri süren ve kişi başına düşen gelir ile çevre kirliliği arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu varsayan çalışma bulguları, literatürde Çevresel Kuznets Eğrisi (Environmental Kuznets Curve, EKC) hipotezi olarak adlandırılmaktadır. Bir diğer ifadeyle, EKC hipotezi daha yüksek gelir seviyelerinde (ekonomik büyüme) çevresel farkındalığın artmasına ve yeni teknolojik süreçlerin yaşanmasına bağlı olarak çevre kalitesinin iyileştiğini savunur (Grossman ve Krueger, 1991). Ayrıca ticari açıklık (Jeetoo ve Chinyanga, 2023; Çelik ve Ünlü, 2024), doğrudan yabancı yatırımlar (Behera ve Dash, 2017; Shao vd., 2019; Usta, 2023), finansal gelişme (Dar ve Asif, 2018; Shah vd., 2019), sanayileşme (Patnaik, 2018, Zafar, vd., 2020) ve turizm faaliyetleri (Ansari ve Villanthenkodath, 2021; Şahin Kutlu ve Kutlu, 2022) çevresel bozulmanın azaltılmasında odaklanılan başlıca ekonomik değişkenlerdir. Bununla birlikte ekonomik büyümenin önemli unsurlarından biri olan insani gelişmenin çevresel sürdürülebilirliğe etkileri hakkında çok az şey bilinmektedir. Oysa insani gelişmenin söz konusu etkilerinin ortaya konulması sürdürülebilir kalkınma ve çevresel hedeflere ulaşmak için önemli bir rehberdir. İnsani gelişme, genel kabulde eğitim seviyesindeki artış veya insan sermayesindeki iyileşme olarak ifade edilmektedir (Teixeira ve Queirós, 2016). Bu tanımdan hareketle, mevcut literatür insani gelişmenin çevresel sürdürülebilirliğe ulaşmaya nasıl katkıda bulunduğunu eğitim üzerinden değerlendirmektedir. Eğitimin bireylerin çevresel farkındalıklarını artırdığına, çevreden ödün vermeden sürdürülebilir kalkınma yollarını aramaya teşvik ettiğine ve bireyleri çevresel sorunlara karşı daha sorumlu hale getirdiğine dair yaygın bir kabul vardır (Jain vd., 2019; Yao vd., 2020). Örneğin Sargın vd. (2016), bireylerin ve ebeveynlerinin eğitim seviyesinin çevreye karşı tutum ve sorumlulukları üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde Bano vd. (2018), bireylerin daha eğitilmiş hale gelmesiyle çevreyi koruma bilincine

vardıklarını ve bu nedenle politika yapıcıların çevresel bozulmayı azaltmada eğitim yatırımlarını genişletmeleri gerektiğini göstermişlerdir. Pelău ve Chinie (2018) ise daha yüksek eğitim seviyesine sahip olan bireylerin geri dönüşüm faaliyetlerine katılma isteğinin daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte Balaguer ve Cantavella (2018), yeni enerji kaynaklarının geliştirilmesini eğitim sürecinin bir çıktısı olarak değerlendirmişlerdir. Yao vd. (2019) ise eğitim düzeyinin fosil yakıt kullanımının azaltılmasında ve daha temiz enerji kullanımının desteklenmesinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle enerji tüketim profilinin değiştirilmesi için eğitime yatırım yapılmasını önermişlerdir. Öte yandan insani gelişme, teknolojik ilerleme sürecinde önemli bir rol oynar. Bu durum eğitimdeki artış veya insan sermayesindeki iyileşmenin yenilenebilir enerji arzı için de önemli bir girdi haline gelmesine yol açar. Bilimsel ve teknik bilgideki ilerleme, yenilenebilir enerji alanındaki teknolojik inovasyonu artırır ve yayılımını kolaylaştırır.

Çevresel kaygıların öne çıkardığı bir diğer değişken ise enerji tüketimidir. Enerji tüketimi ile çevresel bozulma arasındaki ilişki araştırmacılar arasında önemli bir endişe kaynağıdır. Çünkü ekonomik faaliyetlerin büyük bir bölümü fosil yakıt tüketimine dayanmaktadır. Bununla birlikte fosil yakıt tüketimi başta karbon emisyonu (CO<sub>2</sub>) olmak üzere diğer çevresel bozulma (küresel ısınma, iklim değişikliği, asit yağmurları gibi) biçimlerini içermektedir. 2023 yılının (1880'den beri) en sıcak yıl olduğu (NASA, 2023) ve küresel ısınmayı sınırlandırmak için küresel karbon emisyonlarının net sifıra ulaşması gerektiği (Küresel Karbon Atlası Raporu, 2022) ifade edilmektedir. Önümüzdeki dönemlerde küresel karbon emisyon seviyesinin yüksek kalmaya devam edeceği daha açık bir ifadeyle, 2035 yılına kadar fosil yakıtların enerji sektöründeki payının küresel bazda %79 seviyelerinde olacağı tahmin edilmektedir (IEA ve DOE). Bununla birlikte fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olduğu; petrol, gaz ve kömür rezervlerinin sırasıyla 2051, 2061 ve 2090'a kadar önemli ölçüde azalacağına dair kanıtlar vardır (Hofert, 2010). Dolayısıyla fosil yakıt kullanımının çevreyi koruma ve daha sürdürülebilir hale getirme çabalarıyla keskin bir tezat oluşturduğunu söylemek mümkündür. Bu durum alternatif enerji kaynaklarını gündeme getirerek yenilenebilir enerji kaynaklarına (hidroelektrik, biyokütle, rüzgâr, güneş ve jeotermal) yönelimi artırmıştır. Küresel enerji eğilimlerinde önemli değişiklikler (fosil yakıt kullanımının azalması ve yenilenebilir enerji kullanımının artması) olsa da (Berdysheva vd., 2021), birçok ülkenin ekonomik amaçları için fosil yakıt tüketimine güvenmeye devam ettiği gerçeği de göz önünde bulundurulmalıdır (İnal vd., 2022). Çevresel dezavantajlarına rağmen fosil yakıt kullanımı ekonomik amaçların gerçekleştirilmesinde önemli bir girdi olarak değerlendirilmektedir. Nitekim fosil yakıt kaynaklarına sahip olan ekonomilerin, fosil yakıt kaynaklarına sahip olmayan ekonomilere göre ortalama olarak daha hızlı büyüdüğüne dair çeşitli kanıtlar vardır (Oliver ve Upton, 2022). Bu kanıtlar, çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik büyüme arasında bir değiş-tokuş ilişkisi hakkındaki tartışmaları yoğunlaştırır. Bu tartışmaların bir diğer boyutu ise fosil yakıtların alternatifi olan yenilenebilir kaynaklarının çevresel sürdürülebilirliğe etkileri hakkındadır.

Bu çalışma Türkiye'de insani gelişme ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirliğe etkilerini ampirik olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Birleşmiş Milletler Kalkınma programının yayınladığı 2023-2024 yılı raporuna göre, Türkiye çok yüksek insani gelişme kategorisinde 193 ülke arasında 45. sırada yer almaktadır (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, 2023). Bunun yanı sıra Türkiye, yenilenebilir enerji kapasitesi bakımından dünyada 12. sırada yer almakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarını yaygınlaştırma çabası içerisinde (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Bu hususlar, çalışmanın motivasyonunu güçlendirmektedir. Bununla birlikte literatürün önemli bir kısmı çevresel sürdürülebilirliği/bozulmayı temsilen CO<sub>2</sub> değişkenine odaklanmıştır. Oysa çevresel bozulmalar yalnızca emisyonlarla sınırlı değildir. Bu nedenle çalışmada çevresel sürdürülebilirliği temsil etme kabiliyeti bakımından bütüncül bir yaklaşım sunan ekolojik ayak izi değişkenine odaklanılmıştır. Nitekim ekolojik ayak izi insan faaliyetlerinin ekosistemler ve biyolojik çeşitlilik üzerinde oluşan etkilerini ölçme yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Öte yandan çalışmada insani gelişmeyi temsilen insani gelişme endeksi kullanılmıştır. İnsan refahının en uygun göstergesi olduğu ifade edilen (Ulusal Ayak izi ve Biyokapasite Hesapları, 2021) insani gelişme endeksi, insani gelişimi üç boyutlu (sağlık, eğitim ve

yaşam standardı) bir yaklaşımla ortaya koymaktadır. Ancak insani gelişme endeksine ampirik literatürde son dönemlerde yoğunlaşmıştır. Dolayısıyla çalışmanın bu bakımından da literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın takip eden bölümünde ilgili literatür hakkında değerlendirmeler yapılarak çalışmada kullanılan yöntem ve veri seti hakkında bilgi verilmiştir. Devam eden bölümde ampirik bulgulara yer verilerek elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

## 2. Literatür Taraması

Literatürde çevresel sürdürülebilirliğin/bozulmanın belirleyicilerinin tespit edilmesine yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların önemli bir kısmı EKC hipotezi altında çevresel kaliteyi gelir düzeyi ile ilişkilendirmiştir. Daha sonraki literatür, gelir düzeyinin yanı sıra küreselleşme, ticari açıklık, doğrudan yabancı yatırımlar, sanayileşme, turizm faaliyetleri, enerji tüketimi gibi çeşitli ekonomik değişkenler üzerine inşa edilmiştir.

İnsan sermayesi ve yenilenebilir enerji tüketimi yoluyla çevrenin korunması birçok araştırmacı tarafından uzun süredir tartışılmaktadır. İnsan sermayesi ile çevresel sürdürülebilirliği ilişkilendiren yazın, farklı ülkeler için farklı dönemleri ele alan ve çeşitli yöntemlerin kullanıldığı çalışmalardan oluşmaktadır. İlgili yazın iki farklı kategoride ele alınmıştır. İlk kısımda insan sermayesi ile çevre kirliliğini/çevresel sürdürülebilirliği ele alan çalışmalara yer verilmiştir. İkinci kısım ise yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel bozulma ilişkisine dair literatürden oluşmaktadır.

Bano vd. (2018), Pakistan’da ortalama eğitim yılına ve öngörülen getiri oranına dayalı insan sermayesi endeksi ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında uzun vadeli bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Zafar vd. (2019), ABD ekonomisinde doğal kaynaklar, insan sermayesi ve doğrudan yabancı yatırımların ekolojik ayak izinin azaltılmasına yardımcı olduğu sonucuna varmışlardır. Pata ve Çağlar (2021), Çin’de küreselleşme, ticari açıklık ve gelir değişkenlerinin çevre kirliliğine yol açtığını insan sermayesinin ise uzun vadede ekolojik ayak izini azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı sonuca varmışlardır. Li ve Ullah (2022), BRICS ülkelerinde beşeri sermayeyi temsilen kullandıkları eğitim değişkenindeki olumlu değişimin uzun vadede CO<sub>2</sub> emisyonlarını azalttığı bulgusuna ulaşmışlardır. Chen vd. (2022) 110 ülkeyi ele aldıkları çalışmalarında küresel açıdan insan sermayesi ile ekolojik ayak izi arasında ters yönlü bir ilişki tespit etmişlerdir. Bununla birlikte alt örnekleme dayalı analiz bulguları, yüksek gelir grubundaki ülkelerin insan sermayesinin çevre kalitesini iyileştirdiğini düşük gelir grubunda ve yüksek nüfuslu ülkelerdeki insan sermayesinin çevre kalitesini bozucu etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Voumik ve Ridwan (2023), Arjantin’de nüfus artışının ve sanayileşmenin uzun vadede çevreye zarar verdiğini, eğitim harcamaları ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında kısa vadede ters yönlü bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Çamkaya vd. (2023), 1980-2018 dönemini ele aldıkları çalışmalarında eğitim tabanlı beşeri sermaye endeksinin hem CO<sub>2</sub>’yi hem de ekolojik ayak izini azalttığını buna karşın ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin CO<sub>2</sub> ve ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin pozitif olduğunu ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte küreselleşmenin çevre kalitesi üzerinde bir etkisinin olmadığı sonucuna varmışlardır. Nedensellik analizinden elde edilen bulgular ise finansal gelişme endeksi ile ekolojik ayak izi arasında çift yönlü, beşeri sermayeden ekolojik ayak izine, ekolojik ayak izinden küreselleşmeye doğru tek yönlü nedenselliğin olduğunu göstermektedir.

Literatür bulguları, insan sermayesinin çevresel sürdürülebilirliğe katkısının önemli olduğuna dair çıkarım yapmaya imkan sağlar. Ancak bu bulgular, insani gelişmenin yalnızca insan sermayesi/eğitim boyutuna odaklanmaları nedeniyle sınırlı kanıt sunmaktadır. Bu durum insani gelişmeyi daha geniş bir perspektifle ele almayı zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluk dikkate alındığında insani gelişme endeksi ön plana çıkmaktadır. Nitekim insani gelişme endeksi; doğumda beklenen yaşam süresi bakımından sağlığı, ortalama okul yılları ve okula başlama çağındaki çocuklar için beklenen okul yılları bakımından eğitimi ve kişi başına düşen gelir

bakımından yaşam standardını temsil etme kabiliyetine sahiptir. Nitekim Wang (2019) insani gelişme endeksine odaklanarak seçili OECD ülkelerinde insani gelişme ve finansal gelişmenin CO<sub>2</sub> emisyonlarını azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca finansal gelişme ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında çift yönlü, küreselleşme ve insani gelişme endeksinden CO<sub>2</sub> emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Opoku vd. (2022), OECD ülkelerinde insani gelişme endeksindeki iyileşmenin ekolojik ayak izini, CO<sub>2</sub> emisyonunu, sera gazı (GHG) emisyonunu ve hava kirliliğine maruz kalmayı azalttığını ifade etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgular, insani gelişmişliğin çevresel sürdürülebilirlik üzerine katkısını açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Çalışmanın bir diğer araştırma odağı yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel sürdürülebilirliği sağlamadaki rolüne ilişkindir. Yenilenebilir enerji kullanımı ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki son araştırmaların temel odak noktasıdır. Al-Mulali vd. (2015), Vietnam'da ithalat ve fosil yakıt tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu artırdığını, ihracat ve yenilenebilir enerji tüketiminin kirliliğin azaltılmasında önemli bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir. Asongu vd. (2019), 40 Afrika ülkesini ele aldıkları çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonlarını sürekli olarak azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte CO<sub>2</sub> seviyesi arttıkça yenilenebilir enerjinin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkisinin azaldığı sonucuna varmışlardır. Charfeddine ve Kahia (2019), 24 MENA ülkesinde yenilenebilir enerji tüketiminin ve finansal kalkınmanın CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkisinin zayıf olduğunu ifade etmişlerdir. Munir ve Riaz (2019), Güney Asya ülkelerinde gaz, elektrik ve kömür tüketimindeki artışın CO<sub>2</sub> emisyonlarını artırdığını, elektrik ve kömür tüketimindeki azalmanın uzun vadede CO<sub>2</sub> emisyonlarını azalttığını raporlamışlardır. Çalışmalarında çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için elektrik ve kömür tüketiminin önüne geçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Zhu vd. (2020), Japonya'da yenilenebilir enerji tüketimi ve enerji verimliliğindeki artış ile enerji yoğunluğundaki azalmanın çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığını raporlamışlardır. Sulaiman vd. (2020) ise benzer sonucu 27 Avrupa Birliği üyesi ülke için raporlayarak odun biyokütle enerji tüketiminde artışın CO<sub>2</sub> emisyonunun azalmasına yol açtığını ifade etmişlerdir. Achuo vd. (2022), 173 ülkede yenilenebilir enerji tüketiminin sera gazı emisyonlarını azalttığını yenilenemeyen enerji tüketiminin ise sera gazı emisyonlarını artırdığını raporlamışlardır. Elde edilen bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesini iyileştirdiğini göstermektedir. Omri vd. (2022) ise Fransa'da nükleer enerjinin CO<sub>2</sub> emisyonlarının azalttığını fosil yakıtların ve ticari açıklığın emisyonları arttırdığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca yenilenemeyen enerji kaynaklarının çevresel kalite üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için Ar-ge ve inovasyonların artırılması yoluyla yenilenebilir enerjiye geçişin sağlanmasını tavsiye etmişlerdir. Çalışmalardan bazıları çevresel sürdürülebilirliği temsilen ekolojik ayak izi değişkenine odaklanmıştır. Bu çalışmalardan Alola vd. (2019), 16 Avrupa Birliği ülkesinde yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirliği desteklediği, yenilenemeyen enerji tüketiminin ise çevresel kaliteyi bozduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Usman vd. (2020), en çok emisyon salan 15 ülkede finansal kalkınma, yenilenebilir enerji kullanımı ve ticari açıklığın ekolojik ayak izinin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunduğunu ekonomik büyüme ve yenilenemeyen enerji kullanımının çevresel bozulmadan sorumlu olduğunu raporlamışlardır. Sharma vd. (2021), Güney ve Güneydoğu Asya'nın gelişmekte olan sekiz ülkesinde yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izini önemli ölçüde azalttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca çalışmalarından elde edilen bulgular, kişi başına düşen gelir ile ekolojik ayak izi arasında N biçiminde bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra nüfus yoğunluğunun kirlilik emisyonlarını artırdığını, yaşam beklentisinin ekolojik ayak izine etkisinin olumlu ancak önemsiz olduğunu raporlamışlardır. Danish vd. (2020), BRICS ekonomilerinde yenilenebilir enerjinin, kentleşmenin ve doğal kaynak kirasının ekolojik ayak izini azalttığını ortaya koymuşlardır. Aynı şekilde BRICS ülkeleri için yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini azalttığı sonucunu ortaya koyan Nathaniel vd. (2021) çalışmalarında aynı zamanda ekonomik büyüme ve doğal kaynakların ekolojik ayak izini artırdığını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte çalışmalarında insan sermayesi değişkeninin de çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Raporlanan bulgular, insan sermayesinin çevresel sürdürülebilirliği desteklediğini ancak

etkinin arzu edilen düzeyde olmadığını göstermektedir. Abid vd. (2022), Suudi Arabistan’da insan sermayesi ve yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın ekolojik ayak izini azalttığını ticari açıklık ve ekonomik büyümedeki artışın ekolojik ayak izini artırarak çevre kalitesini bozduğunu raporlamışlardır. Bu bulgular neticesinde yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izinin azaltılmasında bir araç olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Chang vd. (2023), Bölgesel Kapsamlı Ekonomik İşbirliğine üye 15 ülkede ekonomik büyüme ve askeri harcamaların ekolojik ayak izi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu yenilenebilir enerji kullanımının ise çevresel zararları hafifletmede etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Türkiye için yapılmış çalışmalardan Sharif vd. (2020), 1965Q1-2017Q4 dönemini ele aldıkları çalışmalarında uzun vadede yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini azalttığını ancak ekonomik büyüme ve yenilenemeyen enerji kullanımının kısa ve uzun vadede ekolojik ayak izini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca nedensellik bulguları, yenilenebilir enerji, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında çift yönlü bir nedenselliğin olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde Türkiye’de 1990-2015 dönemi için yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesini iyileştirdiğini raporlayan Altay-Topçu (2021) ayrıca çalışmasında ihracatın ekolojik ayak izini azalttığını ithalatın ise ekolojik ayak izini artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Koçak (2024), 1990-2020 dönemini ele aldığı çalışmasında Türkiye’de kişi başına düşen gelirin ve finansal gelişmenin ekolojik ayak izini artırdığını bununla birlikte yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izini azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Bununla birlikte çevresel teknolojilerin ekolojik ayak izi üzerinde anlamlı bir etkisi bulunamamıştır.

### 3. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmanın amacı, insani gelişme ile yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ampirik olarak ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda çevresel sürdürülebilirliği temsilen bağımlı değişken olarak ekolojik ayak izi değişkeni kullanılmıştır. İnsani gelişme endeksi, yenilenebilir enerji tüketimi, sanayi sektörü katma değeri değişkenleri ise çalışmada bağımsız değişkenler olarak modele dahil edilmiştir. Sanayi sektörü katma değeri değişkeni sanayileşmeyi temsil etmektedir. Çalışmanın veri aralığı verilerin mevcudiyeti göz önünde bulundurularak 1990-2020 olarak belirlenmiş ve yıllık verilerle analizler gerçekleştirilmiştir. Modele dahil edilen değişkenlere ilişkin bilgiler ve değişkenlerin veri kaynakları Tablo 1’de yer almaktadır. Buna göre, ekolojik ayak izi değişkeni Küresel Ayak izi Ağından, insani gelişme endeksi Federal Rezerv Ekonomik Veri tabanından (FED), yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayi sektörü katma değeri değişkenleri Dünya Bankası’ndan temin edilmiştir. Çalışmada ekolojik ayak izi, insani gelişme endeksi, yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayi sektörü katma değeri değişkenleri sırasıyla EA, IGI, YET, SK olarak temsil ettirilmiştir. Tüm değişkenler logaritmik formda modele dahil edilmiştir.

**Tablo 1.** Değişkenlerin tanımlamaları

Değişken	Tanımlama	Kaynak
EA	Kişi başına düşen ekolojik ayak izi (küresel hektar)	Küresel Ayak İzi Ağı
IGI	İnsani gelişme endeksi	FED
YET	Yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketiminin %)	Dünya Bankası
SK	Sanayi sektörü katma değeri (GSYH’nın %)	Dünya Bankası

Çalışmada ampirik analiz yöntemi olarak ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. Pesaran vd. (2001) tarafından önerilen sınır testi prosedürünün ilk aşamasında değişkenlerin durağanlık düzeyleri belirlenmektedir. Bu yaklaşım geleneksel eşbütünlük testlerinin değişkenlerin aynı dereceden durağan olma zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Dolayısıyla bu yaklaşım farklı dereceden durağan değişkenler arasındaki eşbütünlük

ilişkisinin sınanmasına olanak sağlar. Değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi olup olmadığını test etmek amacıyla ilk olarak kısıtlanmamış hata düzeltme modelinin tahmini yapılmaktadır. Çalışmada kısıtlanmamış hata düzeltme modeli (1) numaralı denklem ile gösterilmektedir. (1) numaralı denklemin tahmin edilmesiyle birlikte bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birinci dönem gecikmeli değerlerinin topluca anlamlılığının sınanıldığı F testi yapılmaktadır. Hesaplanan F test istatistiği Pesaran vd. (2001) tarafından türetilen kritik tablo değeriyle karşılaştırılmaktadır. F test istatistiğinin Pesaran vd. (2001) tarafından türetilen kritik değerlerin üst sınırından büyük olması durumunda değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğuna yönelik karara varılmaktadır. Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olması halinde uzun dönemli ilişkilerin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada uzun dönemli ilişkilerin tespit edilmesi için (2) numaralı denklem ile gösterilen modelin tahmini gerçekleştirilmiştir. Uzun dönemli ilişkinin tespit edilmesi halinde uzun dönem katsayılarının tahmini yapılmaktadır. Bu amaçla (3) numaralı denklemde yer alan modelin tahmini gerçekleştirilerek uzun dönem katsayılarına ilişkin çıkarım sağlanmıştır. Son aşamada kısa dönemli ilişkilerin ortaya konulması amacıyla hata düzeltme modelinin tahmini yapılmaktadır. Bu amaçla çalışmada ARDL modeline dayalı (4) numaralı denklem ile gösterilen hata düzeltme modelinin tahmini yapılarak kısa dönemli ilişkiler belirlenmiştir.

$$\begin{aligned} \Delta EA_t = & \alpha_0 + \alpha_1 trend + \sum_{i=1}^m \alpha_2 \Delta EA_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_3 \Delta IGI_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_4 \Delta YET_{t-i} \\ & + \sum_{i=1}^m \alpha_5 \Delta SK_{t-i} + \alpha_6 EA_{t-1} + \alpha_7 IGI_{t-1} + \alpha_8 YET_{t-1} + \alpha_9 SK_{t-1} + e_t \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} EA_t = & \beta_0 + \beta_1 trend + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} EA_{t-i} + \sum_{i=1}^q \beta_{3i} IGI_{t-i} + \sum_{i=1}^r \beta_{4i} YET_{t-i} \\ & + \sum_{i=1}^s \beta_{5i} SK_{t-i} + e_t \end{aligned} \quad (2)$$

$$UzunDönemKatsayısı = \frac{\sum_{i=0}^q \beta_{2,i}}{1 - \sum_{i=0}^p \beta_{1,i}} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta EA_t = & \beta_0 + \beta_1 trend + \sum_{i=1}^p \beta_2 \Delta EA_{t-i} + \sum_{i=1}^q \beta_3 \Delta IGI_{t-i} + \sum_{i=1}^r \beta_4 \Delta YET_{t-i} + \sum_{i=1}^s \beta_5 \Delta SK_{t-i} \\ & + \beta_6 ECT_{(t-1)} + e_t \end{aligned} \quad (4)$$

#### 4. Bulgular

Değişkenlerin durağanlık sınamaları Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 2'de birim kök test sonuçları raporlanmıştır. Birim kök testi sonuçları lnEA, lnIGI, lnYET ve lnSK değişkenlerinin düzeyde durağan olmadıklarını, değişkenlerin farklarının alınmasıyla birlikte durağanlaştıklarını göstermektedir. Yani modele dahil edilen tüm değişkenlerin I(1) olduğu sonucuna varılmıştır.

**Tablo 2.** Birim kök testi sonuçları

ADF Birim Kök Testi Sonuçları				
Değişkenler	(Düzye)		(Birinci Fark)	
	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
lnEA	-1.4180 (0.5597)	-4.7316 (0.0036)	-9.4731 (0.0000)	-9.3571 (0.0000)
lnIGI	1.4759 (0.9986)	-3.1134 (0.1249)	-3.1167 (0.0393)	-3.3800 (0.0788)
lnYET	-1.6343 (0.4524)	-0.1017 (0.9922)	-5.8816 (0.0000)	-6.2928 (0.0000)
lnSK	-1.6160 (0.4623)	-1.3174 (0.8639)	-4.8188 (0.0006)	-4.3720 (0.0090)

PP Birim Kök Testi Sonuçları				
Değişkenler	(Düzye)		(Birinci Fark)	
	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
lnEA	-1.6323 (0.4542)	-4.7336 (0.0035)	-12.8672 (0.0000)	-13.0060 (0.0000)
lnIGI	-0.4199 (0.8933)	-2.0460 (0.5535)	-4.4052 (0.0017)	-4.3487 (0.0091)
lnYET	-1.4746 (0.5325)	-1.6640 (0.7421)	-6.5054 (0.0000)	-7.3631 (0.0000)
lnSK	-1.6346 (0.4531)	-1.3365 (0.8587)	-4.8237 (0.0006)	-4.9147 (0.0024)

Not: Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Modelin tahmin aşamasına geçmeden önce kısıtlanmamış hata düzeltme modelinin gecikme uzunlukları belirlenmiştir. Uygun gecikme uzunluklarının belirlenmesinde Akaike (AIC) bilgi kriteri dikkate alınmıştır. Minimum AIC değerini veren ve otokorelasyon sorunu içermeyen modelin farklı gecikme kombinasyonlarının sınanması neticesinde ARDL (4,4,2,3) olduğuna karar verilmiştir. Dolayısıyla (1) numaralı denklem ile gösterilen kısıtlanmamış hata düzeltme modelinin (4,4,2,3) gecikme uzunluğunda tahmini gerçekleştirilmiştir. Değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünlüşme ilişkisi olup olmadığını test etmek amacıyla uygulanan sınır testi sonuçları Tablo 3'te gösterildiği gibidir.

**Tablo 3.** Sınır testi sonuçları

k	F İstatistik Değeri	Kritik Tablo Değeri		
		%1	%5	%10
3	6.0984	4,3	3,38	2,97
		5,23	4,23	3,74

Not: k bağımsız değişken sayısını göstermektedir.

Hesaplanan F istatistik değerinin (6.0984) üst kritik değerden (5.23) büyük olması nedeniyle değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünlüşme ilişkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla ele alınan dönemde %1 anlamlılık düzeyinde lnEA ile lnIGI, lnYET, lnSK değişkenleri arasında uzun dönemli eşbütünlüşme ilişkisi bulunduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak sonraki aşamada değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiler araştırılmıştır.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin tespiti için (2) numaralı denklem ile gösterilen model ve (3) numaralı denklemde yer alan formül kullanılmıştır. ARDL (4,4,2,3) modelinin tahmin sonuçları Tablo 4'te yer almaktadır. Söz konusu sonuçlara göre; lnIGI ve lnYET değişkenleri, lnEA değişkenini negatif yönde



etkilemektedir. Bununla birlikte uzun dönem katsayılarından elde edilen bulgular, lnSK değişkeninin lnEA değişkenini pozitif yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Uzun dönem katsayıları ayrıntılı bir şekilde değerlendirildiğinde, lnIGI'daki %1'lik değişimin lnEA değişkenini %1,71 oranında azalttığı görülmektedir. lnYET'teki %1'lik değişim lnEA'yı %0,25 oranında ve ters yönde etkilemektedir. lnSK değişkenindeki %1'lik değişim lnEA değişkenini %0,49 oranında artırmaktadır. Ayrıca uzun dönem katsayılarına ilişkin bu bulguların istatistiki olarak anlamlı olduğu tabloda görülmektedir. Bununla birlikte elde edilen bu bulguların iktisadi beklentilerle de uyumlu olduğu ifade edilebilir. Zira daha yüksek bir IGI düzeyi bireylerin daha sağlıklı, daha eğitilmiş ve daha iyi yaşam standardına sahip olduğuna işaret eder. Nitekim yukarıda bahsedildiği üzere, IGI değişkeni insan refahı açısından bütüncül bir yaklaşım ortaya koyarken bahsi geçen üç unsur üzerine inşa edilmiştir. Bu bakımdan IGI'nın bileşenlerinden biri olan sağlık unsuru özelinde bireylerin beklenen yaşam sürelerini uzatmak ve sağlıklarını korumak için daha temiz bir çevre arayışına girecekleri çıkarımı yapılabilir. Bununla birlikte IGI'nın bir diğeri bileşeni olan eğitim seviyesi ile çevresel tutum ve davranışlar arasında aynı yönlü bir ilişki beklenmektedir. Nitekim daha yüksek eğitim seviyesine sahip bireylerin çevre bilincinin daha yüksek olacağı, çevresel sorunlar ve değerler üzerine daha hassas bir yaklaşım sergileyeceği düşünülmektedir. İlave olarak IGI'nın bir diğeri bileşeni olan kişi başına düşen gelir ile çevre kalitesi arasındaki ilişki bilindiği üzere EKC hipotezi bağlamında değerlendirilmektedir. Bu hipotez gelir düzeyinin belirli bir eşik düzeyine ulaşmasıyla çevre kirliliğinin azalacağını savunmaktadır. Dolayısıyla başlangıçta gelir düzeyinin artmasıyla birlikte çevre kirliliği artarken daha yüksek gelir seviyelerinde çevre kalitesinin iyileşeceği savunulmaktadır. Sonuç olarak IGI'daki bir iyileşmenin çevresel sürdürülebilirliği desteklediği şeklinde raporlanan bulgunun hem istatistiki hem de iktisadi olarak anlamlı olduğu çıkarımı yapılabilir. Ayrıca çalışmada YET değişkeninin EA değişkeni üzerindeki negatif etkisi ile yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirliği destekleme eğiliminde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Nihayetinde yenilenebilir enerji kullanımını temiz enerji uygulamalarını beraberinde getirdiği için ilgili bu sonucun beklentilerle uyumlu olduğu ifade edilebilir.

Çalışmada SK değişkeninin EA değişkenini artırdığı şeklinde ulaşılan sonuç, endüstriyel faaliyetlerin yol açtığı çevresel sorunlarla ilişkilidir. Her ne kadar sanayileşme bir ülkenin ekonomik büyüme ve kalkınma sürecinin önemli bir parçası olarak görülse de endüstriyel faaliyetlerin ekosistem başta olmak üzere doğal yapı unsurları üzerinde baskı oluşturduğu bilinen bir gerçekliktir. Özellikle sanayileşme sürecine eşlik eden fosil yakıt talebi başta karbon emisyonları olmak üzere doğal kaynakları tüketme düzeyini olumsuz yönde etkiler. Çalışmadan elde edilen bu bulgu çevresel sürdürülebilirliğin önündeki engellerden birinin sanayileşme süreci olduğunu ifade eder. Son olarak trend katsayısı istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Bu durum uzun dönemde çevresel sürdürülebilirliğin trend tarafından da etkilendiğini ortaya koymaktadır. Tablo 4 ayrıca tanısal istatistik sonuçlarını da göstermektedir. Tablo 4'te sunulduğu üzere, modelde otokorelasyon (Breusch-Godfrey LM testi), değişen varyans (Breusch-Pagan-Godfrey testi) sorunu ile model kurma (Ramsey Reset testi) hatası bulunmamaktadır. Ayrıca normallik testi (Jarque-Bera) sonuçları hata terimlerinin normal dağıldığını göstermektedir.

**Tablo 4.** ARDL (4,4,2,3) modelinden elde edilen uzun dönem katsayıları ve tanısal test sonuçları

Uzun Dönem Katsayıları				
Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t istatistiği	Prob.
lnIGI	-1.7175	0.5388	-3.1870	0.0111
lnYET	-0.2559	0.0662	-4.0891	0.0027
lnSK	0.4995	0.0607	8.2241	0.0000
@TREND	0.0296	0.0077	3.8361	0.0040

<b>Tamamlayıcı İstatistik Test Sonuçları</b>	
R <sup>2</sup> ve Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.97-0.93
Breusch-Godfrey Otokorelasyon Testi	0.3929(0.6891)
Ramsey-Reset Tanımlama Hatası Testi	3.8229(0.0755)
Jarque-Bera Normallik Testi	0.1609(0.9226)
Breusch-Pagan-Godfrey Değişen Varyans Testi	9.2690(0.0832)

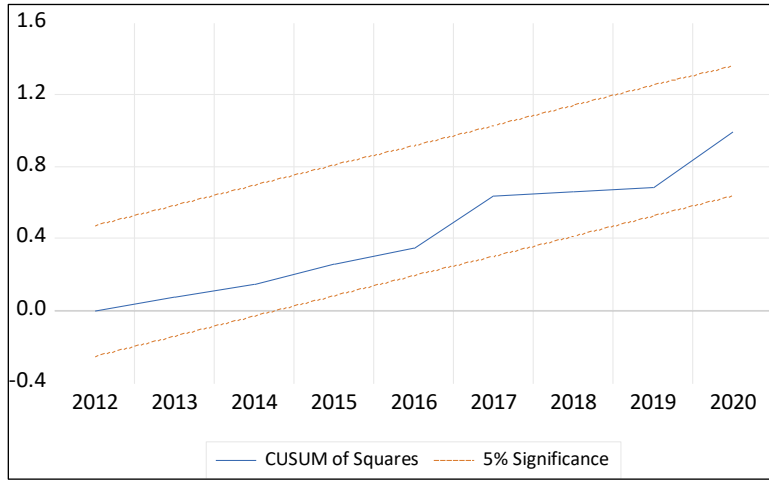
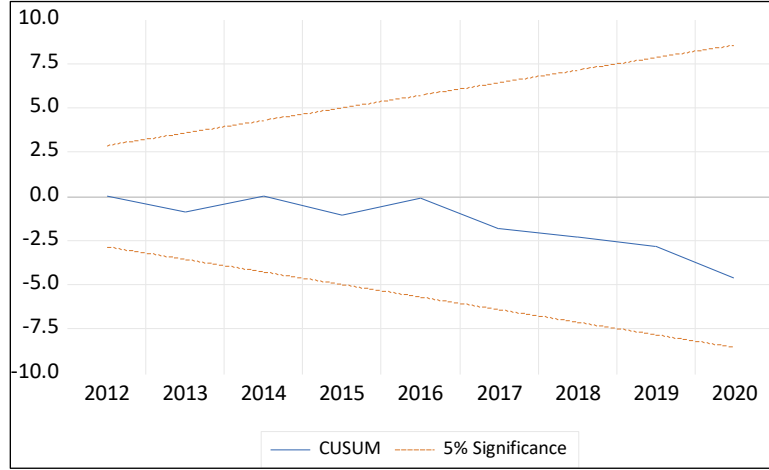
**Not:** Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Son aşamada değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişkilerin belirlenmesi amacıyla (4) numaralı eşitlik tahmin edilmiştir. Tablo 5 hata düzeltme modeli tahmin sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlar, lnEA değişkenine ilişkin gecikmeli değerlerin kendi üzerindeki etkisinin pozitif olduğunu ve etkinin üç yıl boyunca devam ettiğini göstermektedir. Ayrıca sonuçlar, lnIGI değişkeninin lnEA üzerindeki etkisinin ilk yılda ve ikinci yılda pozitif olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak ikinci yılda ortaya çıkan etkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Takip eden yılda insani gelişme ekolojik ayak izini azaltmaktadır ve söz konusu etki istatistiki açıdan anlamlıdır. Bununla birlikte lnYET değişkeninin lnEA üzerindeki etkisi de istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Buna göre lnYET değişkeni ilk yılda lnEA değişkenini azaltıcı bir etki ortaya çıkarırken ikinci yılda etki pozitif dönmektedir. Son olarak lnSK değişkeninin lnEA üzerindeki etkisi ilk ve ikinci yılda istatistiki açıdan anlamsız bulunmuştur. Etkinin üçüncü yılda negatif olduğu ve istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Hata düzeltme katsayısı ise negatif ve istatistiki olarak anlamlıdır.

**Tablo 5.** Hata düzeltme modeli sonuçları

<b>Bağımlı Değişken: lnEA</b>				
<b>Değişkenler</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Standart Hata</b>	<b>t istatistiği</b>	<b>Prob.</b>
D(lnEA(-1))	1.5371	0.3275	4.6932	0.0011
D(lnEA(-2))	0.5804	0.2196	2.6421	0.0268
D(lnEA(-3))	0.2654	0.1195	2.2211	0.0535
D(lnIGI)	4.0229	0.6632	6.0752	0.0002
D(lnIGI(-1))	0.6598	1.2267	0.5379	0.6037
D(lnIGI(-2))	5.5203	1.1328	4.8730	0.0009
D(lnIGI(-3))	-1.8694	0.8259	-2.2635	0.0499
D(lnYET)	-0.5488	0.0679	-8.0805	0.0000
D(lnYET(-1))	0.4503	0.0940	4.7892	0.0010
D(lnSK)	0.1531	0.1418	1.0798	0.3083
D(lnSK(-1))	-0.2323	0.2163	-1.0738	0.3108
D(lnSK(-2))	-0.3290	0.1577	-2.0863	0.0666
C	-2.4425	0.3794	-6.4374	0.0001
ECT(-1)	-2.5474	0.3838	-6.6365	0.0001

Grafik 1, CUSUM ve CUSUMQ test sonuçlarını göstermektedir. Buna göre, %5 anlamlılık düzeyinde parametreler istikrarlıdır. Dolayısıyla modelde yapısal kırılma olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.



**Grafik 1.** CUSUM ve CUSUMSQ testi sonuçları

## 5. Sonuç

Bu çalışma Türkiye’de insani gelişme ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini 1990-2020 dönemi için incelemeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda oluşturulan modele ekolojik ayak izi bağımlı değişken olarak dahil edilmiştir. İnsani gelişme endeksi, yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayi sektörü katma değeri değişkenleri bağımsız değişkenler olarak modelde kullanılmıştır. Çalışmada ampirik analiz yöntemi olarak ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır.

Çalışmanın ampirik bulguları, Türkiye’de ele alınan dönemde insani gelişmenin kısa vadede çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında etkin bir rol oynamadığı sonucunu ortaya koymaktadır. İnsani gelişmenin ekolojik ayak izi üzerindeki raporlanan kısa vadeli pozitif etkisinin iktisadi beklentilerle uyumlu olduğu ifade edilebilir. Nitekim eğitim, sağlık ve kişi başına düşen gelir unsurlarına dayalı olan insani gelişmenin artırılabilmesi için belirli düzeyde eğitim ve sağlık harcamaları gerekmektedir. Buna ilaveten insani gelişmenin bir diğer bileşeni olan kişi başına düşen gelir ile çevre kirliliği arasında başlangıçtaki pozitif yönlü ilişki EKC hipotezi bağlamında literatürce çokça doğrulanmıştır. Öte yandan çalışmada insani gelişmenin uzun vadede ekolojik ayak izini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Raporlanan bu bulgunun insani gelişmenin çevresel sürdürülebilirliğe katkısını çeşitli ülkeler için doğrulayan Zafar vd. (2019), Wang (2019), Pata ve Çağlar (2021), Chen vd. (2022), Opoku vd. (2022)’nin çalışmaları ile uyumlu olduğu ifade edilebilir. Aynı zamanda ampirik bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin kısa ve uzun vadede ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin negatif

olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın CO<sub>2</sub> emisyonunda azalmaya yol açtığını ortaya koyan Asongu vd. (2019) ve Zhu vd. (2020)'nin çalışmaları ile benzerlik göstermektedir. Ancak Al-Mulali vd. (2015) ile Charfeddine ve Kahia (2019) çalışmalarından elde edilen bulgularla farklılaşmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimi-ekolojik ayak izi ilişkisine dair Alola vd. (2019) tarafından ortaya konulmuş ters yönlü ilişki bu çalışmanın bulguları ile doğrulanmaktadır. Buna ilaveten Türkiye’de sanayileşmenin çevresel sürdürülebilirliği desteklemediği şeklinde raporlanan bulgunun Voumik ve Ridwan (2023) çalışması ile uyumlu olduğu ifade edilebilir.

Çalışma bulguları, Türkiye’de insani gelişmeyi çevresel sürdürülebilirlik stratejilerine dahil etmenin gerekliliğini ele alınan değişkenlerin güçlü temsiliyeti bakımından öne çıkarmaktadır. Bununla birlikte çalışmadan elde edilen bulgular, politika yapımcıların ve bireylerin enerji kaynakları konusunda daha bilinçli olmaları gerektiğinin altını çizmektedir. Ampirik analizden elde edilen bulgular, bazı önemli çıkarımlara olanak sağlamaktadır. Türkiye’de insani gelişmeyi destekleyen kamu yatırımlarını artırılması önerilmektedir. Bireylerin evsel kullanımda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeleri, politika yapımcıların ise yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapmaları gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Ayrıca ampirik bulgular, Türkiye ekonomisinde uzun dönemli sanayileşme-sanayileşme stratejilerinin oluşturulmasında kapsamlı ve bilinçli politika analizi yapılması gerekliliğinin önemini vurgulamaktadır. Bu durum politika yapımcılara sanayileşmeyi çevresel düzenlemeleri içeren ve sürdürülebilir bir planlama üzerine inşa etmeleri konusunda sorumluluk yüklemektedir. Bu bakımdan ekolojinin korunması amacıyla endüstriyel tesislerin yer seçiminin, geri dönüşüm faaliyetlerine öncelik verilmesinin ve atık yönetiminin en uygun şekilde yapılması sağlanmalıdır.

### **Yazar Katkı Oranı Beyanı**

Tüm süreç sorumlu yazar Şeyma Şahin Kutlu tarafından yürütülmüştür.

### **Çatışma Beyanı**

Çıkar çatışması yoktur.

### **Destek Beyanı**

Bu çalışma için herhangi bir kurumdan destek alınmamıştır.

### **Kaynaklar**

- Abid, M., Sakrafi, H., Gheraia, Z. ve Abdelli, H. (2022). Does renewable energy consumption affect ecological footprints in Saudi Arabia? A Bootstrap Causality Test. *Renewable Energy*, 189, 813-821.
- Achuo, E. D., Miamo, C. W. ve Nchofoung, T. N. (2022). Energy consumption and environmental sustainability: what lessons for posterity? *Energy Reports*, 8, 12491-12502.
- Akadiri S. S., Alola, A. A., Olasehinde-Williams, G. ve Etokakpan M.U. (2020). The role of electricity consumption, globalization and economic growth in carbon dioxide emissions and its implications for environmental sustainability targets. *Science of The Total Environment*, 708, 134653, 1-31.
- Al-Mulali, U., Saboori, B. ve Ozturk, I. (2015). Investigating the environmental kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy*, 76, 123-131.
- Alola, A. A., Bekun, F.V. ve Sarkodie, S. A. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *Science of the Total Environment*, 685, 702-709.
- Altay Topçu, B. (2021). The impact of export, import, and renewable energy consumption on Turkey’s ecological footprint. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 8(1), 31-38.

- Ansari, M.A. ve Villanthenkodath, M. A. (2021). Does tourism development promote ecological footprint? A nonlinear ARDL approach. *Anatolia*, 33(4), 614-626.
- Asongu, S. A., Iheonu, C.O. ve Odo, K. O. (2019). The conditional relationship between renewable energy and environmental quality in Sub-Saharan Africa. *EXCAS Working Paper*, 19074, 1-21.
- Balaguer, J. ve Cantavella, M. (2018). The role of education in the environmental kuznets curve, evidence from Australian Data. *Energy Economics*, 70(1), 289-296.
- Bano S., Zhao Y., Ahmad A., Wang, S. ve Liu, Y. (2018). Identifying the impacts of human capital on carbon emissions in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1082-1092.
- Behera, S. R. ve Dash, D. P. (2017). The effect of urbanization, energy consumption, and foreign direct investment on the carbon dioxide emission in the SSEA (South and Southeast Asian) region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 96-106.
- Berdysheva, S. ve Ikonnikova, S. (2021). The energy transition and shifts in fossil fuel use: the study of international energy trade and energy security dynamics. *Energies*, 14(17), 1-26.
- Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (2023). *İnsani Gelişme Raporu*, <https://www.undp.org/tr/turkiye/publications/human-development-report-2023>, Erişim Tarihi: 01.06.2024.
- Charfeddine, L. ve Kahia, M. (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO<sub>2</sub> emissions and economic growth in the MENA region: a Panel Vector Autoregressive (PVAR) Analysis. *Renewable Energy*, 139, 198-213.
- Çamkaya, S., Karaaslan, A. ve Uçan, F. (2023). Investigation of the effect of human capital on environmental pollution: empirical evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 23925–23937.
- Çelik, S. ve Ünlü, A. (2024). Ticari açıklık ve çevre kirliliği ilişkisine yönelik ampirik kanıtlar: MINT ülkeleri örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(89), 144-158.
- Chang, S., Chen, B. ve Song, Y. (2023). Militarization, renewable energy utilization, and ecological footprints: evidence from RCEP economies. *Journal of Cleaner Production*, 391, 136298.
- Chen Y., Lee C.C. ve Chen M. (2022). Ecological footprint, human capital, and urbanization. *Energy Environment*, 33(3), 1-4.
- Danish, Ulucak, R. ve Khan, S.U.D. (2020). Determinants of the ecological footprint: role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable Cities and Society*, 54, 1-33.
- Dar, J. A. ve Asif, M. (2018). Does financial development improve environmental quality in Turkey? An application of endogenous structural breaks based cointegration approach. *Management of Environmental Quality*, 29(2), 368-384.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2022). *2022 Değerlendirme Toplantısı*, <https://enerji.gov.tr/haber-detay?id=21085>, Erişim Tarihi: 15.03.2024.
- Grossman, G. ve Kreuger, A. (1991). Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. *NBER Working Paper*, 3914, 1-57.
- Hofert, M. I. (2010). Farewell to fossil fuels? *Science*, 329(5997), 1292–1294.
- İnal, V., Addi, H.M., Çakmak, E. E., Torusdağ, M. ve Çalışkan, M. (2022). The nexus between renewable energy, CO<sub>2</sub> emissions, and economic growth: empirical evidence from African oil-producing countries. *Energy Reports*, 8, 1634-1643.
- Jain, M. ve Nagpal, A. (2019). Relationship between environmental sustainability and human development index: a case of selected South Asian Nations. *Vision*, 23(2), 125–133.
- Jeetoo, J. ve Chinyanga, E. R. (2023). A spatial econometric analysis of the environment kuznets curve and pollution haven hypothesis in Sub-Saharan Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 58169–58188.

- Koçak, E. (2024). Yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izi üzerine etkisi: Türkiye örneği. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(1), 256-265.
- Li, X. ve Ullah S. (2022). Caring for the environment: how CO<sub>2</sub> emissions respond to human capital in BRICS economies? *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 18036–18046.
- Munir, K. ve Riaz, N. (2019). Energy consumption and environmental quality in South Asia: evidence from panel non-linear ARDL. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 29307-29315.
- Nathaniel, S. P., Yalçiner, K. ve Bekun, F.V. (2021). Assessing the environmental sustainability corridor: linking natural resources, renewable energy, human capital, and ecological footprint in BRICS. *Resources Policy*, 70, 101924.
- Oliver, M.E. ve Upton, G.B. (2022). Are energy endowed countries responsible for conditional convergence? *The Energy Journal*, 43(3), 1-39.
- Omri, E. ve Saadaoui, H. (2022). An empirical investigation of the relationships between nuclear energy, economic growth, trade openness, fossil fuels, and carbon emissions in France: fresh evidence using asymmetric cointegration. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 13224–13245.
- Opoku, E.E.O., Dogah, K. E. ve Aluko, O. A. (2022). The contribution of human development towards environmental sustainability. *Energy Economics*, 106, 1-15.
- Pata, U. K. ve Çağlar, A. E. (2021). Investigating the EKC hypothesis with renewable energy consumption, human capital, globalization and trade openness for China: Evidence from augmented ARDL approach with a structural break. *Energy*, 216, 119220.
- Patnaik, R. (2018). Impact of industrialization on environment and sustainable solutions – reflections from a South Indian region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 120, 1-8.
- Pelău, C. ve Chinie, A.C. (2018). Econometric model for measuring the impact of the education level of the population on the recycling rate in a circular economy. *Amfiteatru Economic*, 20(48), 340-355.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, R.S. (2001). Bound testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Şahin Kutlu, Ş. ve Kutlu, M. (2022). Turizm faaliyetlerinin ekolojik ayak izi üzerine etkisi: Türkiye örneği. *Maliye Dergisi*, 182, 233-249.
- Sargın, S. A., Baltacı, F., Katipoğlu, M., Erdik, C., Arbatlı, M. S., Karaardıç, H., Yumuşak A. ve Büyükcengiz, M. (2016). Öğretmen adaylarının çevreye karşı bilgi, davranış ve tutum düzeylerinin araştırılması. *Education Sciences*, 11(1), 1-22.
- Shah, W.U.H., Yasmeen, R. ve Padda, I.U.H. (2019). An analysis between financial development, institutions, and the environment: a global view. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 21437–21449.
- Shao, Q., Wang, X., Zhou, Q. ve Balogh, L. (2019). Pollution haven hypothesis revisited: a comparison of the BRICS and MINT countries based on VECM approach. *Journal of Cleaner Production*, 227, 724-738.
- Sharif, A., Barış-Tüzemen, Ö., Uzuner, G., Öztürk, İ. ve Sinha, A. (2020). Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: evidence from quantile ARDL approach. *Sustainable Cities and Society*, 57, 102138.
- Sharma, R., Sinha, A. ve Kautish, P. (2021). Does renewable energy consumption reduce ecological footprint? Evidence from eight developing countries of Asia. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124867.
- Sulaiman, C., Abdul-Rahim, A.S. ve Ofozor, C. A. (2020). Does wood biomass energy use reduce CO<sub>2</sub> emissions in European Union Member Countries? Evidence from 27 members. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119996.
- Teixeira, A. A. C. ve Queirós, A. S. S. (2016). Economic growth, human capital and structural change: a dynamic panel data analysis. *Research Policy*, 45(8), 1636-1648.

- Usman, M., Makhdam, M. S. A. ve Kousar, R. (2020). Does financial inclusion, renewable and non-renewable energy utilization accelerate ecological footprints and economic growth? Fresh evidence from 15 highest emitting countries. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102590.
- Usta, C. (2023). Doğrudan yabancı yatırımlarının çevresel kirliliğe etkisi: N-11 ülkeleri örneği. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 7(1), 58-73.
- Voumik, L. C. ve Ridwan, M. (2023). Impact of FDI, industrialization, and education on the environment in Argentina: ARDL approach. *Heliyon*, 9(1), 1-12.
- Wang, Z., Rasool, Y., Asghar, M. M. ve Wang, B. (2019). Dynamic linkages among CO<sub>2</sub> emissions, human development, financial development, and globalization: empirical evidence based on PMG Long-Run panel estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 36248–36263.
- Yao, Y., Ivanovski, K., Inekwe, J. ve Smyth, R. (2019). Human capital and energy consumption: evidence from OECD countries. *Energy Economics*, 84, 104534.
- Yao, Y., Ivanovski, K., Inekwe, J. ve Smyth, R. (2020). Human capital and CO<sub>2</sub> emissions in the long run. *Energy Economics*, 91, 104907.
- Zafar, A., Ullah, S., Majeed, M. T. ve Yasmeen, R. (2020). Environmental pollution in Asian economies: does the industrialisation matter? *Opec Energy Review*, 44(3), 227-248.
- Zafar, M. W., Zaidi, S. A. H., Khan, N.R., Mirza, F. M., Hou, F. ve Kirmani, S. A. A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: the case of the United States. *Resources Policy*, 63, 101428.
- Zhu, D., Mortazavi, S. M., Maleki, A., Aslani, A. ve Yousefi, H. (2020). Analysis of the robustness of energy supply in Japan: role of renewable energy. *Energy Reports*, 6, 378-391.