



The Relationship Between Renewable Energy, Economic Growth and CO₂ Emission

Kübra Özman^{1,a,*}, Hacı Ahmet Karadaş^{1,b}

¹ Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 13/06/2023

Accepted: 26/06/2023

ABSTRACT

Energy, which is indispensable for economic growth, has been obtained by using fossil resources throughout history. However, fossil fuels are an energy source that causes great harm to the environment as well as being depleted in the near future due to their limited nature. Renewable energy sources, which are alternatives to fossil fuels, are both more environmentally friendly than fossil fuels and will not run out as long as the world exists. In addition, each country has a renewable energy source suitable for its geography. In this context, the increase in the use of renewable energy can contribute positively to the reduction of global warming and the growth of economies by reducing foreign dependency. In this study, econometric analysis was applied to the data set of BRICS-T countries for the period 2000-2019. As a result of the causality test, it has been determined that there is a one-way causality running from per capita GDP and percentage of renewable energy use to carbon dioxide emissions per capita. In addition, as a result of the co-integration test applied, it was determined that the use of renewable energy reduces carbon dioxide emissions, while per capita GDP increases carbon dioxide emissions.

Keywords: Renewable Energy, Economic Growth, CO₂ Emission, Global warming

Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme ve CO₂ Salınımı Arasındaki İlişki

Süreç

Geliş: 13/06/2023

Kabul: 26/06/2023

Öz

Ekonomik büyümenin olmazsa olmazı enerji, tarih boyunca genellikle fosil kaynaklar kullanılarak elde edilmektedir. Ancak fosil yakıtlar, sınırlı yapıları nedeniyle yakın gelecekte tükenerek olmasının yanı sıra çevreye büyük zararlar veren bir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtların alternatifi olan yenilenebilir enerji kaynakları hem fosil yakıtlara oranla daha çevrecidir hem de dünya var olduğu sürece tükenmeyecektir. Buna ek olarak, her ülkenin coğrafyasına uygun yenilenebilir enerji kaynağı bulunmaktadır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kullanımının artması, küresel ısınmanın azalmasına ve dışa bağımlılığı azaltarak ekonomilerin büyümesine olumlu katkı sağlayabilir. Bu çalışmada, BRICS-T ülkelerinin 2000-2019 dönemine ait veri setine ekonometrik analiz uygulanmıştır. Uygulanan nedensellik testi sonucunda kişi başı GSYH ve yenilenebilir enerji kullanım yüzdesinden kişi başı CO₂ salınımına doğru tek yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca uygulanan eş bütünleşme testi sonucunda yenilenebilir enerji kullanımının CO₂ emisyonlarını azalttığı, kişi başı GSYH'nin ise CO₂ emisyonlarını artırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme, CO₂ salınımı, Küresel ısınma,

Copyright



This work is licensed under
Creative Commons Attribution 4.0
International License

^a kubraturke1796@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0003-4841-1909>

^a hkaradas@cumhuriyet.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-3088-1107>

How to Cite: Özman K, Karadaş H A (2023) The Relationship Between Renewable Energy, Economic Growth and CO₂ Emission, International Journal of Current Social Science, 2(1): 38-45, 2023

Giriş

Özellikle sanayi devriminden sonra değişen yaşam standartları, hızlı nüfus artışları ve gelir artışları talebin artmasına ve artan talebi karşılamak için üretim faaliyetlerinin de artmasına neden olmuştur. Üretim aşamasında en önemli girdi olan enerji ise büyük çoğunlukla fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil yakıtların dünya üzerinde dengesiz dağılmış olmasından ötürü gelişmiş ya da gelişmekte olan birçok ülke fosil yakıt ihtiyacını ithalat yoluyla karşılamaktadır. Ayrıca, fosil yakıtların oluşması milyarlarca yıl gerektirdiğinden arz sınırlıdır ve belirli bir süre sonra tükeneceği açıktır. Fosil yakıtların bu özellikleri ülke ekonomilerini dışa bağımlı hale getirmekte ve enerji arz sorunu gibi olumsuzluklarla karşı karşıya bırakmaktadır. Ekonomik olumsuzluklarına ek olarak, fosil yakıt kullanımı, dünyanın geleceğini tehlikeye sokan sera gazlarının salınımına neden olmaktadır. Atmosferde bulunan CO₂, N₂O, CFC, CH₄, O₃ ve CO gibi gazların miktarının olması gereken miktarı aşması, sera etkisinden ötürü dünyanın ısısının artmasına (yani küresel ısınmaya) neden olmaktadır. Fosil yakıtların çevreye ve ekonomiye olan zararları, alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi teşvik etmiş ve doğal süreç tarafından sürekli yenilenen ve çevreye zararı olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim sürecini başlatmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları doğada tükenmeyen ve doğal süreç tarafından yenilenme özelliğine sahip olan enerji türleridir. Bu enerji türleri güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biokütledir. Yenilenebilir enerji türleri, doğal süreç tarafından hızlı bir şekilde yenilendiği ve yerel olarak üretildiği için ekonominin dışa bağımlılığını azaltmaktadır. Ayrıca çevreye zarar vermemesi nedeniyle bu alanda yapılacak harcamaların ekonomide kalmasına neden olmaktadır.

Yukarıda belirtildiği gibi her ülke coğrafyası fosil enerji kaynağı bakımından avantajlı olmayabilir. Buna karşın her ülkede yenilenebilir enerji kaynaklarından bir veya birkaçı bulunabilmektedir. Türkiye yenilenebilir enerji potansiyeli açısından oldukça avantajlı bir ülkedir. Bu avantaj da stratejik ve ekonomik açıdan Türkiye'nin değerini artırmaktadır.

Yenilenebilir enerji kullanımı ve CO₂ salınımının ekonomi üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan bu çalışma 4 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO₂ salınımı arasındaki ilişkinin teorik çerçevesi sunulmuştur. Üçüncü bölümde, literatürdeki konu ile alakalı çalışma örneklerine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise yenilenebilir enerji kullanımı, CO₂ salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla BRICS-T ülkelerine ait veri setine ekonometrik analiz uygulanmıştır. Çalışmanın sonucuna beşinci bölümde yer verilmiştir.

Enerji, Ekonomik Büyüme ve Karbondioksit Salınımı

Enerji insanlığın var olduğu ilk günden bugüne kadar yaşamsal önem taşıyan bir faktördür. İlk zamanlarda ısınma, karnını doyurma, barınma gibi yaşamsal ihtiyaçlar

için kullanılmıştır. İnsanların yerleşik yaşama geçmeye başlamaları, coğrafi keşifler ve devletlerin kurulmaya başlaması ile birlikte enerjiye olan talep artmıştır. Bir ülkenin sahip olduğu enerji kaynaklarını belirleyen temel faktör, o devletin bulunduğu coğrafyadır (Bekar, 2020: 40).

Enerji kaynakları farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüm geçirmemiş haline birincil enerji denir. Doğalgaz, kömür, biyokütle, rüzgar, nükleer, güneş, petrol, hidrolik, dalga-gelgit birincil enerji kaynaklarıdır. Birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucunda oluşan enerjiye ise ikincil enerji denir. Benzin, petrol gazı ve elektrik ikincil enerjiye örnek olarak gösterilebilir (Koç ve Kaya, 2015: 37).

Tüm dünyada enerjiye olan talebin 2040 yılına kadar %30 düzeyinde artması beklenmektedir (Eyüboğlu vd., 2021:30). Enerji ihtiyacı devletlerin ekonomik olarak büyümelerinde, uluslararası ilişkilerinde ve birçok alan da önem teşkil etmektedir (Korkmaz ve Develi, 2012: 2). Giderek artan enerji talebinin üçte ikisi hızla gelişmekte olan Çin, Hindistan ve Asya ülkelerinden kaynaklanmaktadır. Enerji talebi yüksek olan ülke gruplarından biri de BRICS ülkeleridir. Brezilya, Hindistan, Rusya, Çin ve aralarına sonradan katılan Güney Afrika ülkeleri BRICS topluluğunu oluşturmaktadır. BRICS ülkeleri, dünya genelinde nüfusun %42'sini, ticaretin yaklaşık %16'sını ve GSYH'nin %23' ünü oluşturur. Buna göre dünya enerji tüketimi %1,3 seviyesinde yükselmiştir. BRICS-T ülkelerinde ise 2018 de toplam enerji tüketimi 222,83 EJ iken 2019'da 229,86 EJ olmuştur ve bu ülkelerin birincil enerji tüketimindeki artış %3,15'tir (Ateş ve Yağcı, 2023: 6-7).

2009 ile 2019 yılları arasında dünya genelinde kişi başı birincil enerji tüketimi yıllık %0.71 oranında artmıştır. Çin ile Hindistan da kişi başı enerji tüketimi istikrarlı artış trendi seyrederken Türkiye'de 2018 den önceki senelere göre azalış yaşanmıştır. Bu dönemde kişi başı birincil enerji tüketimi yıllık olarak Çin %3,40, Hindistan %3,70, Türkiye %2,70, Rusya %0,80, Brezilya %1,29 oranında artmış Güney Afrika %1,01 oranında azalmıştır (Ateş ve Yağcı, 2023: 7-8).

Türkiye'nin 2021 yılı Nisan ayı enerji üretim ve tüketim açısından kurulu gücüne bakacak olursak 97,3 GW'tır. Elektrik enerjisi üretimi kaynak dağılımında ise en fazla pay %21,69 barajlı hidroelektrik santrallerinde daha sonra da doğalgaz %18,85, ithal kömür %19,87 ve linyit %15,42'dir. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak elektrik üretiminde rüzgar %16,43, güneş %6,99, jeotermal %6,77'dir (TEİAŞ, 2021). Geçmişten bugüne enerjiye olan ihtiyaç katlanarak devam etmektedir. Türkiye 1990 senesinden bugüne genel olarak enerji tüketiminde yükseliş sağlamıştır. Enerji tüketiminde yaşanan artışlar enerji üretiminin de de artışlar meydana getirmiştir. Örneğin 2018 de 65 milyon TEP, 2019 da yaklaşık olarak 70 milyon TEP'tir. Toplam enerji tüketim değerleri açısından baktığımız da ise yine 90'lardan bugüne artarak devam etmiştir, 2018 de 150 milyon TEP, 2019 da ise 155 milyon TEP'tir (Enerdata, 2020; Yanıktepe vd., 2021: 453-454).

Ekonomik büyüme kavramı ikinci Dünya Savaşı'ndan sonra ön plana çıkmaya başlamıştır. Günümüzde gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler için önemli bir amaç haline gelmiştir. İktisat literatüründe ekonomik büyüme bir ülkenin milli gelirinde belirli bir devrede oluşan artış şeklinde açıklanmaktadır. Yani bir ülke ekonomisinin temel değişkenlerinde kişi başına daha yüksek bir reel hâsıla sağlayacak şekilde genişlemeler olarak da açıklanabilir. Bir ülkenin üretim ölçeğinin genişlemesi ya da mevcut üretim potansiyelinin daha verimli hale getirilmesiyle sağlanabilmektedir. Dolayısıyla, ekonomik büyümeyi gerçekleştirecek olan bu artışlar, ekonomik büyüme sorununun çözümünü uzun döneme yaymaktadır. Buna bağlı olarak ekonomik büyüme, ekonominin arz yönü tarafından belirlenebilmektedir. Ekonomik büyümenin konusunu, bir ülkenin üretim olanakları eğrisinin yukarı doğru ya da uzun dönem toplam arz eğrisinin sağa doğru kaymasına neden olan durumlar oluşturmaktadır (Cinel, 2014: 15).

Ekonomik büyümeye etkisi ve diğer sektörler ile olan yapısal bağıllığı nedeniyle enerji sektörünün yeri oldukça önemlidir. Ekonomik büyümenin enerji ihtiyacını arttırması ile ekonomik büyümenin gerçekleşebilmesi için ihtiyaç duyulan enerji, ekonomik büyüme ve enerji arasında iki yönlü bir tamamlayıcılık ilişkisi olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla enerji, bir ülkede ekonomik büyümenin gerçekleşebilmesi için gerekli olan ana girdilerden biri konumuna gelmektedir. Bu durumda ekonomik büyümedeki bir artış, enerjiye olan talebi de arttırmaktadır. Enerji üretiminin çoğaltılabilmesi için ekonomik büyümenin sağlanması gerekmektedir (Yenilmez ve Erdem, 2018: 1-2).

Bütün dünyada küresel olarak hissedilen çevresel problemlerden önemli ikisi küresel ısınma ve iklim değişikliğidir. Bahsedilen problemler geleceğimiz için en fazla endişe edilen konular arasındadır (Şahin ve Onurbaş Avcıoğlu, 2016: 160). Bu durumun ana nedeni; tüketim ve üretim için gereksinim duyulan enerjilerin yenilenebilir enerji kaynaklarından değil de fosil yakıtlardan sağlanmasındandır. Fosil yakıtların yoğun şekilde kullanılması, sera gazı emisyonu yoğunluğunu arttırmaktadır. Artan sera gazları da sera etkisine neden olarak dünyanın karbon tutma kapasitesini azaltmaktadır. CO₂ gazının toplam sera gazı emisyonları içerisindeki payı %60 ile iklim değişikliğine sebep olmada en çok payı olan gazdır (IPCC, 2007). Dolayısıyla, CO₂ emisyonlarında görülen artışlar atmosferin sahip olduğu doğal dengenin bozulması anlamına gelmektedir. Bu nedenle küresel manada atılan adımlarda insan kaynaklı iklim değişikliği riskinin fark edilmesi ve bu konuda adımların atılması gayesi ile yapılan araştırmalarda CO₂ emisyonları değer ölçüsü olarak alınmaktadır. Küresel ısınma konusunda farkındalıkların artırılması ve bilgilendirmelerin yapılması önemlidir (Ünlü vd., 2011: 41). 1997'de Kyoto Protokolünden sonra CO₂ salınımı sebebi olan fosil yakıtlarına ikame olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması üzerinde durulmuştur. Protokol, gelişmiş ülkelerin CO₂ salınımını azaltmak amacıyla katı yükümlülükler getirmiş ve bu azaltma işlemini belirli

süreler içinde gerçekleşmesini öngörmüştür. Çevresel sorunlar; üretim artışları ve enerji olarak fosil yakıtlara olan taleplerin artması sonucunda sanayi devriminden sonra daha çok hissedilmeye başlanmıştır. Ekonomik büyüme maksadı ile ilk olarak çevresel sorunlar önemsenmemiştir fakat 1960'lı yıllardan sonra iklim değişikliği ve küresel ısınma, çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkileri gündeme gelmiştir. Bu sebeple gelişmiş olan ülkeler özellikle 1990'larla birlikte çevreye duyarlı üretim tekniklerine geçilmeye başlanmıştır. Fakat gelişme sürecinde olan ülkeler yüksek maliyetlerden dolayı çevreye olan olumsuz etkilerine karşın üretimlerini arttırmaya devam etmişlerdir (Çetintaş vd., 2016: 58).

Literatür İncelemesi

Çevresel sorunlar ve enerji tüketiminin ekonomi üzerindeki etkileri araştırmacıların ilgisini bu yöne çekmiştir ve bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, enerji tüketimi, çevresel sorunlar ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri inceleyen literatür örneklerine yer verilmiştir.

Fındık ve Alper (2017), ekonomik büyüme ile enerji tüketiminin CO₂ salınımı üzerine etkisi, eş bütünleşme testi kullanılarak incelenmiştir. Türkiye ekonomisine ait 1985-2014 dönemlerini kapsayan veri seti ile oluşturulan ARDL modelinin tahmin sonuçlarına göre, ekonomik büyüme ile ham petrol tüketimi değişkenlerinin CO₂ salınımıyla pozitif ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca çalışmada, analiz yapılan dönem için enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin Türkiye ekonomisinde çevre kirliliğinin artmasında önemli bir etmen olduğu belirlenmiştir.

Baloch vd. (2019), çalışmalarında 1990-2015 döneminde BRICS ülkelerine ait veri setine artırılmış ortalama grup (AMG) panel analizi uygulamışlardır. Analizin sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarının varlığının CO₂ emisyonunu azalttığı saptanmıştır. Buna ek olarak, doğal kaynakların varlığının sanayileşmeyi etkilemesi de çalışmada elde edilen bir diğer bulgudur.

Örk Özel ve Ekiz (2021) 1998-2015 dönemine ait yıllık verileri kullanılarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi ile CO₂ emisyonunun ekonomik büyüme üzerindeki etkisini zaman serisi analizi ile incelenmiştir. Değişkenlerin uzun dönemli ilişkisini incelemek için uygulanan Johansen Eş Bütünleşme Testi sonucunda, CO₂ emisyonundaki %1 birimlik artışın ekonomik büyümeyi yaklaşık %0,93 artırdığı, yenilenebilir enerji tüketimindeki %1 birimlik artışın ekonomik büyümeyi yaklaşık %0,19 artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. İlişkinin yönünü belirlemek için uygulanan Granger nedensellik testi ile de yenilenebilir enerji tüketimi ile CO₂ emisyonundan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

Mete (2021) enerji tüketimi, ekonomik büyüme, sera gazı emisyonu, ticari açıklık arasındaki ilişkiyi 1993-2018 dönemini ve G7 ülkelerini baz alınarak incelemiştir. Eş bütünleşme testi sonucunda, enerji tüketimi ile tüm bağımsız değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin var olduğu belirlenmiştir. Literatürde yer alan koruma

hipotezini destekleyecek şekilde ekonomik büyümenin enerji tüketimini pozitif etkilediği belirlenmiştir.

Çetintaş ve Aydın (2022) OECD ülkeleri için yenilenebilir enerji bağlamında çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisini 1995-2018 periyodu için Yumuşak Geçişli Panel Regresyon (YGPR) modeli kullanarak incelemiştir. Araştırma sonucunda, iki değişken arasındaki ilişkide yenilenebilir enerji kullanımının büyük bir paya sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışmada yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasının çevrenin korunmasında önemli rol oynadığı tespit edilmiştir. Çalışmada ulaşılan bir diğer bulgu, ekonomik büyümenin çevre kirliliğine olan etkisine bağlı yenilenebilir enerji tüketiminin, toplam enerji tüketimi içerisindeki payı konusunda eşik seviyesinin dikkate alınmasının gerekliliğidir.

Çetinbakış ve Şahin Kutlu (2022), Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel sürdürülebilirliğin ekonomik büyüme üzerine etkisini analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında 1988-2019 dönemine ait veri setine ARDL sınır testi yaklaşımı uygulanmıştır. Elde edilen bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeye etkisinin kısa dönemde ve uzun dönemde pozitif olduğu yönündedir. Araştırma kapsamında yazarlar, Türkiye'de sürdürülebilir ekonomik büyümenin önemini de vurgulamışlardır. Buna karşın, doğrudan yabancı yatırımların ve nihai tüketim harcamalarının ekonomik büyüme üzerinde pozitif olarak raporlanan etkisi göz önüne alındığında, Türkiye için tüketimin her etabında çevreci tüketimin özendirilmesinin önemli olduğunun altı çizilmiştir.

Ordu (2022), çalışmada Türkiye'nin enerji tüketiminin ve ekonomik büyümesinin CO₂ salınımı üzerine etkisini 1990-2019 periyotlarına ait senelik veriler kullanarak ARDL sınır testiyle analiz etmiştir. Analiz sonuçları, Türkiye'deki birincil enerji tüketimi ve ekonomik büyümedeki artışların CO₂ salınımını uzun dönemde pozitif yönde etkilediği ve arttırdığı yönündedir. Bununla birlikte, Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımını arttırmanın, karbon salınımını azaltmada önemli bir etkisinin olduğu savunulmuştur.

Literatür örneklerinde görüldüğü üzere; enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO₂ salınımı ilişkisine bakıldığında, ekonomik büyümenin enerji kullanımını, enerji kullanımının da ekonomik büyümeyi etkilediği ortadadır. Ayrıca ikili ilişkide kullanılan enerjinin türü de karbon salınımını miktarını pozitif veya negatif yönde etkilemektedir. Yenilenebilir enerji kullanımı ekonomik büyümeyi artırma, CO₂ salınımını azaltma konusunda önemli bir etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır.

Ekonometrik Uygulama

Çalışmanın bu bölümünde, yenilenebilir enerji kullanımı, CO₂ salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla BRICS-T (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) ülkelerine ait veri setine ekonometrik analiz uygulanacaktır. Veri seti 2000-2019 dönemine ait olup Dünya Bankası veri bankasından temin edilmiştir. Değişkenlere ait bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü gibi GPC ve CO₂ değişkenlerinin yüksek değerler almasından dolayı değişen varyans ve serisel korelasyon gibi hatalarla karşılaşmamak amacıyla, analizde doğal logaritmaları kullanılmıştır.

Birim kök testleri

Ekonometrik analizlerde (panel veya zaman serisi) kullanılan testler serilerin durağanlık düzeylerine duyarlıdır. Analizde kullanılan serilerin durağanlık düzeyleri testlerin varsayımlarından farklı ise analiz sonucunda sahte regresyon adı verilen yanlış sonuçlar elde edilebilir. Serilerin durağanlığı, birim kök testleri yardımı ile incelenmektedir. Panel veri analizinde kullanılan birim kök testleri serilerde yatay kesit bağımlılığı olup olmadığı varsayımlarına göre birinci ve ikinci nesil olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Bu nedenle serilerin durağanlık incelemesinde kullanılacak olan birim kök testinin belirlenmesi için serilerin yatay kesit bağımlılığı test sonuçları incelenmelidir.

Serilerin yatay kesit bağımlılığının incelenmesi aşamasında dört farklı yatay kesit bağımlılığı testi kullanılmaktadır. Bunlar, Breusch-Pagan (1980) LM, Pesaran (2004) scaled LM, Bias-corrected scaled LM (Baltagi vd., 2012) ve Pesaran (2004) CD testidir. Bu testlerden hangisinin kullanılacağına ise panel veri setinin kesit boyutu ile zaman boyutunun büyüklüklerine göre karar verilir. Breusch-Pagan LM testi $T > N$ durumunda, Pesaran scaled LM testi $T \rightarrow \infty$ ve $N \rightarrow \infty$ durumunda, Bias-corrected scaled LM testi $N \rightarrow \infty$ ve $T \rightarrow \infty$ durumunda ve Pesaran CD testi ise $N > T$ durumunda anlamlı sonuçlar verir. Bu dört testin sıfır hipotezi aynı olup "H₀: birimler arasında yatay kesit bağımlılığı yoktur" şeklindedir (De Hoyos ve Sarafidis, 2006; Karadaş, 2020a; Karadaş, 2020b; Koçbulut ve Barış, 2016).

Çalışmada kullanılan veri setinde zaman boyutu (T=20) kesit boyutundan (N=5) büyük olduğundan, yatay kesit bağımlılığının incelenmesinde Breusch-Pagan LM testi kullanılacaktır. Breusch-Pagan LM yatay kesit bağımlılığı testi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Değişkenlere Ait Bilgiler

Table 1. Information About Variables

Değişken	Tanımı	Kaynak
GPC	Kişi başı GSYH	Dünya bankası
LGPC	GPC değişkeninin doğal logaritması	Dünya bankası
REN	Toplam enerji kullanımında yenilenebilir enerji kullanım yüzdesi	Dünya bankası
CO2PC	Kişi başı karbondioksit salınımı (metrik ton)	Dünya bankası
LCO2PC	Co2pc değişkeninin doğal logaritması	Dünya bankası

Çizelge 2. Breusch-Pagan LM Testi Sonuçları

Table 2. Breusch-Pagan LM Test Results

Değişken	İstatistik	s. d.	Olasılık
LGPC	259,1303	15	0,0000
REN	114,4637	15	0,0000
LCO2PC	138,4703	15	0,0000

* %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 3. Pesaran (2007) Panel Birim Kök Testi (CIPS)

Table 3. Pesaran (2007) Panel Unit Root Test (CIPS)

Değişken	Trendsiz		Trendli	
Değişken	Zt-bar	Olasılık	Zt-bar	Olasılık
LGPC	0,523	0,699	-0,256	0,399
DLGPC	-2,608*	0,005	-1,973**	0,024
REN	-0,942	0,173	0,686	0,754
DREN	-3,237*	0,001	-3,422*	0,000
LCO2PC	-0,100	0,460	1,768	0,962
DLCO2PC	-3,447*	0,000	-2,037**	0,021

* ve **, sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 4. Gecikme Uzunluğu Testi

Table 4. Lag Length Test

Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-358,4500	NA	4,602737	10,04028	10,13514	10,07804
1	203,8019	1062,031	9,75e-07	-5,327831*	-4,948386*	-5,176773
2	217,9637	25,56994*	8,46e-07*	-5,471215	-4,807187	-5,206863*
3	222,0521	7,041066	9,73e-07	-5,334780	-4,386169	-4,957135
4	232,2381	16,69373	9,48e-07	-5,367725	-4,134531	-4,876786
5	237,6327	8,391637	1,06e-06	-5,267575	-3,749798	-4,663344
6	248,3606	15,79376	1,02e-06	-5,315571	-3,513210	-4,598046
7	258,0268	13,42529	1,03e-06	-5,334077	-3,247133	-4,503258
8	264,7800	8,816700	1,13e-06	-5,271666	-2,900139	-4,327554

* kriter tarafından seçilen gecikme sırasını göstermektedir.

Breusch-Pagan LM testi sonucunda üç değişken için sıfır hipotezinin %1 düzeyinde reddedildiği görülmektedir. Buna göre, değişkenlerin hepsi yatay kesit bağımlılığı içermektedir. Dolayısıyla, değişkenlerin durağanlığının incelenmesi için ikinci nesil panel birim kök testlerinden faydalanılmalıdır. Bu aşamada, en güvenilir ikinci nesil panel birim kök testi olan Pesaran (2007) Panel birim kök testi (CIPS) kullanılmıştır. Test sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

CIPS panel birim kök testi sonuçlarına göre değişkenlerin hepsi birinci dereceden durağan çıkmıştır.

Değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla öncelikle nedensellik testi daha sonra eş bütünleşme testi uygulanacaktır.

Toda Yamamoto

Granger nedensellik testi, sadece değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin yanı sıra değişkenlerin birbirleri üzerindeki etkisinin yönünü belirlemek için uygulanır. Granger nedensellik testi değişkenlerin düzeyde durağan olduğunu varsaydığı için düzeyde durağan olmayan değişkenler kullanılması durumunda sahte regresyon sorunu ortaya çıkacaktır (Karadaş vd., 2019:455). Çalışmada kullanılan değişkenlerin hepsi birinci

dereceden bütünleşik olduğu için, Granger nedensellik testi yerine farklı dereceden durağan değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin incelenmesinde kullanılan ve Granger nedensellik testinin genişletilmiş hali olan Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testinin kullanılması tercih edilmiştir.

Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanırken değişkenlerin düzey değerlerine uygun gecikme sayısı belirlenir ve değişkenlerin ekstra gecikmeleri analize dışsal değişken olarak eklenir ve Granger nedensellik testi uygulanır (Karadaş vd., 2019:455). Değişkenlerin düzey değerlerine ait uygun gecikme sayısının belirlenmesine kullanılan gecikme uzunluğu testi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi için kullanılan LR, FPE, AIC, SC, HQ kriterlerinden AIC ve SC kriterlerine göre uygun gecikmenin 1 olması gerektiği görülmektedir. Seçilen 1 gecikmenin uygunluğunun test edildiği karakteristik polinomun kökleri Çizelge'5 de verilmiştir.

Çizelgede görüldüğü gibi karakteristik polinomun kökleri birim çember içerisinde yer almaktadır. Bu ise 1 gecikmenin kullanılması uygun olduğunu göstermektedir. Uygun gecikme uzunluğu belirlendikten sonra değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek için uygulanan nedensellik analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Gecikme uzunluğunun uygunluğu

Table 5. Appropriateness of lag length

İçsel değişkenler: LCO2PC REN LGPC	
Gecikme spesifikasyonu: 1 1	
Kök	Modül
0,993713- 0,015918i	0,993841
0,993713 + 0,015918i	0,993841
0,987912	0,987912

Çizelge 6. Toda Yamamoto Test Sonuçları

Table 6. Toda Yamamoto Test Results

Bağımlı değişken: LCO2PC			
Değişken	Ki kare	Serbestlik derecesi	Olasılık
REN	6,196602**	1	0,0128
LGPC	3,382347***	1	0,0659
Hepsi	8,584820**	2	0,0137
Bağımlı değişken: REN			
Değişken	Ki kare	Serbestlik derecesi	Olasılık
LCO2PC	0,759113	1	0,3836
LGPC	0,695582	1	0,4043
Hepsi	3,072348	2	0,2152
Bağımlı değişken: LGPC			
Değişken	Ki kare	Serbestlik derecesi	Olasılık
LCO2PC	0,170623	1	0,6796
REN	0,004830	1	0,9446
Hepsi	0,234936	2	0,8892

** ve ***, sırasıyla %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 7. Panel Eş Bütünleşme Testi Sonuçları

Table 7. Panel Cointegration Test Results

Pedroni Eş Bütünleşme Testi				
	İstatistik	Olasılık	Ağırlıklandırılmış istatistik	Olasılık
Panel v-istatistiği	0,920933	0,1785	0.551683	0.2906
Panel rho- istatistiği	-0,605571	0,2724	-0.060398	0.4759
Panel PP- istatistiği	-3,272090*	0,0005	-1.800010**	0.0359
Panel ADF- istatistiği	-2,111365**	0,0174	-2.459936*	0.0069
	İstatistik	Olasılık		
Grup rho- istatistiği	0,821787	0,7944		
Grup PP- istatistiği	-1,611093***	0,0536		
Grup ADF- istatistiği	-2,284229**	0,0112		
Johansen Fisher Panel Eş Bütünleşme Testi				
Eş bütünleşme sayısı	Fisher istatistiği(İz testinden)	Prob.	Fisher istatistiği (max-eigen testinden)	Prob.
Hiç yok	82,82	0,0000	61,21	0,0000
En fazla 1	37,67	0,0002	36,96	0,0002
En fazla 2	12,58	0,4006	12,58	0,4006
Kao Eş Bütünleşme Testi				
ADF	t- istatistiği	Prob.		
	-3.221542*	0.0006		

*, ** ve *** sırasıyla, %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 8. Panel DOLS ve Panel FMOLS Test Sonuçları

Table 8. Panel DOLS and Panel FMOLS Test Results

Panel Dynamic Least Squares (DOLS)				
Değişken	Katsayı	Standart hata	t-istatistiği	Olasılık
REN	-0,026881*	0,003013	-8,920292	0,0000
LGPC	0,408485*	0,045370	9,003367	0,0000
Panel Fully Modified Least Squares (FMOLS)				
REN	-0,026750*	0,003432	-7,795157	0,0000
LGPC	0,399059*	0,043906	9,088986	0,0000

*, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 6'da verilen Toda-Yamamoto Nedensellik test sonuçları incelendiğinde, REN ve LGPC değişkenlerinden LCO2PC değişkenine doğru tek yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Değişkenler arasında başka bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Toda-Yamamoto Nedensellik testi sonuçları dikkate alınarak, LCO2PC değişkeni bağımlı değişken olarak kullanılıp değişkenler arasındaki ilişki incelenmiştir.

Eş Bütünleşme Testleri

Değişkenlerin hepsi birinci dereceden bütünleşik olduğu için aralarındaki ilişkinin incelenmesinde panel eş bütünleşme testlerine (pedroni, Johansen Fisher ve Kao) başvurulmuştur. Uygulanan panel eş bütünleşme test sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir.

Pedroni eş bütünleşme testine ait 11 istatistikten 6 tanesi sıfır hipotezini reddetmektedir. Dolayısıyla, Pedroni testi sıfır hipotezi reddedilmektedir ve değişkenler arasında eş bütünleşme bulunmaktadır. Johansen Fisher eş bütünleşme testinde, değişkenler arasında eş bütünleşme hiç yok ve en fazla bir tane eş bütünleşme var sıfır hipotezleri reddedilirken, en fazla iki tane eş bütünleşme var sıfır hipotezi reddedilememektedir. Bu nedenle değişkenler arasında eş bütünleşme vardır. Kao eş bütünleşme testi sıfır hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla, değişkenler arasında eş bütünleşme vardır.

Kullanılan üç test sonucunda değişkenler arasında eş bütünleşme olduğu belirlenmiştir. Eş bütünleşmenin varlığı belirlendiğine göre, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkileme derecesi incelenebilir. Bu aşamada, panel DOLS ve panel FMOLS testleri kullanılmalıdır.

Test sonuçlarında, bağımsız değişkenlerin katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve bağımlı değişkeni etkileme derecelerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Katsayılara göre, yenilenebilir enerji kullanımının yüzdesindeki %1'lik bir artışın, kişi başı karbondioksit salınımında %0,026'lık bir azalmaya ve kişi başı gelirdeki %1'lik bir artışın, kişi başı karbondioksit salınımında %0,4'lük bir artışa neden olacağı görülmektedir.

Yenilenebilir enerji kullanım yüzdesinin artması, CO₂ salınımına neden olan fosil yakıt kullanım yüzdesinin azalması ile gerçekleşeceğinden karbondioksit salınımının azalmasına neden olacağı açıktır. Kişi başı gelir artışının CO₂ salınımını arttıracığı sonucunun elde edilmesi, gelirin artması sonucu artan tüketim harcamalarının CO₂ salınımına neden olan sektörler yöneldiğini göstermektedir.

Değerlendirme ve Sonuç

Hayatımızın her alanında enerjiye ihtiyacımız olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Enerji ihtiyacı genellikle yenilenemeyen enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının (özellikle kömür, petrol, doğalgaz) kullanımı oldukça fazladır ve bu kaynakların dünya üzerindeki dağılımı dengesizdir. Bu kaynakların fazla kullanılması sonucunda ortaya çıkan ve küresel bir sorun olan CO₂ salınımı, bu salınım katkısı olsun ya da olmasın her ülkeyi olumsuz şekilde etkileyen ve önlem alınmaz ise daha da çok etkileyecek olan küresel ısınma sorununu sebep olmuştur. Küresel ısınmanın

azaltılabilmesi için yapılabilecek en önemli faaliyetlerin başında fosil yakıt kullanımının azaltılmasının gelmesinden ötürü bu husus, uluslararası düzeyde yapılan çevre ile alakalı toplantıların en önemli kararları arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, fosil yakıt kullanımının alternatifi olarak yenilenebilir enerji kaynakları öne çıkmaktadır.

Yenilenebilir enerji kullanımının çevresel sorunlara çözüm olmasının yanında ekonomik açıdan ülkelere büyük faydası da bulunmaktadır. Fosil enerji kaynaklarına sahip olmayan ülkeler enerji arz güvenliği sorunları ile karşılaşabilirken, yenilenebilir enerjiler yerel kaynaklardan elde edildiğinden ötürü ekonomide enerji arz güvenliği sorununun ortadan kaldırılması mümkündür.

Yenilenebilir enerji kullanımı, CO₂ salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelendiği bu çalışma sonucunda, değişkenler arasında eş bütünleşmenin varlığı tespit edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen katsayılara göre yenilenebilir enerji kullanımı yüzdesindeki %1'lik bir artışın, kişi başı CO₂ salınımında %0,03'lük bir azalmaya ve kişi başı gelirdeki %1'lik bir artışın, kişi başı CO₂ salınımında %0,4'lük bir artışa neden olacağı bulgusuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji kullanım yüzdesinin artması fosil yakıt kullanım yüzdesinde azalmaya neden olacağından, CO₂ salınımının azalmasına yardımcı olması beklenen bir sonuçtur. Ayrıca analiz sonuçlarından, analize konu olan BRICS-T ülkelerinde gelirin artması sonucu ortaya çıkan talep artışları CO₂ salınımına neden olan sektörler yöneldiği görülmektedir. Buradan hareketle, gelir artışının getirdiği tüketim harcamalarının daha çevreci sektörler yönlendirilmesini sağlayacak politikaların uygulanmasının, CO₂ salınımının ve dolayısıyla küresel ısınmanın azaltılmasında rol oynayacağı söylenebilir.

Bu çalışmada çevresel sorunların azaltılması ve ekonomik büyümenin gerçekleştirilmesinde fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılması incelenmiştir. İlerleyen çalışmalarda farklı sektörler için veriler kullanılarak, hangi sektörler için yatırım yapılmasının daha faydalı olacağı belirlenebilir. Ayrıca, yenilenebilir enerji tesislerini artırılmasının istihdam, ekonomik büyüme ve CO₂ salınımı üzerine etkisi ile ilgili araştırmalar yapılabilir.

Bilgi

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nce Dr. Öğretim Üyesi Hacı Ahmet Karadaş danışmanlığında yürütülen ve Kübra Özman tarafından yazılan "Çevresel Sorunlar ve Yenilenebilir Enerji Kullanımının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi" başlıklı henüz yayınlanmamış yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Kaynakça

- Alper, FÖ, Alper AE. (2017). Karbondioksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi İlişkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Sosyoekonomi Dergisi*, 25(33):153. doi:10.17233.
- Ateş B, Yağcı H. (2023). Türkiye ve BRICS Ülkelerinde Enerji Tüketiminin Ekonomik Refaha Etkisi. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(25):6-8. doi:10.53092.

- Baltagi, BH, Feng, Q, Kao, C. (2012). A Lagrange Multiplier test for cross-sectional dependence in a fixed effects panel data model. *Journal of Econometrics*, 170(1):164-177.
- Baloch, MA., Mahmood, N., Zhang, JW. (2019). Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO2 emissions in BRICS countries. *Science of the Total Environment*, 678, 632-638.
- Bekar, N. (2020). Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin enerji jeopolitiği. *Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi*, 3(1), 40.
- Breusch, TS, Pagan, AR. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The review of economic studies*, 47(1):239-253.
- Cinel, EA. (2014). Türkiye' de Ekonomik Büyümenin Belirleyicileri (1980-2011). *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 4(8), 15-26.
- Çetintaş, H., Bicil, İM., Türköz, K. (2016). Türkiye'de CO2 Salımları Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (619), 57-67.
- Çetintaş Y, Aydın C. (2022). Yenilenebilir Enerji Bağlamında Çevre Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkeleri Örneği. *Journal of Management and Economics Research*, 20(1), 292-312. doi:10.11611.
- Çetinbakış M, Şahin Kutlu Ş. (2022). Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel sürdürülebilirliğin ekonomik büyüme üzerine etkisi. *Journal of Empirical Economics and Social Sciences*, 4(1), 20-38. doi:10.46959.
- De Hoyos, R. E, Sarafidis, V. (2006). Testing for cross-sectional dependence in panel-data models. *The stata journal*, 6(4):482-496.
- Enerdata (2020) Global energy statistical yearbook (2020). <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumptionstatistics>.
- Eyüboğlu K, Akdağ S, Özçelik M. (2021). Gelişmekte Olan Ülkelerde Enerji Verimliliği, Yenilenebilir Enerji Ve Ekonomik Büyüme Etkileşiminin Test Edilmesi. *Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 29-36.
- IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC WGI Fourth Assessment Report. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*.
- İnan İ, Akbulut İ, Aslan E. (2018). Enerji Sorununun Çözümünde Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri Ve Önemi. *Türk Dünyası Araştırmaları*, 120(237), 11-40.
- Karadaş, HA, Salıhoğlu, E, Koşaroğlu, Ş. (2019). CAD Problem in Turkish Economy: An Application with Selected Macroeconomic Variables. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1):448-461. doi: 10.33905/bseusbed.486105
- Karadaş, HA. (2020a). Effect of Labor Force Education Level on Growth: An Analysis on Fragile Five Countries. A. Umut (Ed.), *Contemporary Approaches in The Field Of Economy, Finance and Management içerisinde* (s.43-58). Nobel Bilimsel Eserler.
- Karadaş, HA. (2020b). Seçili N-11 Ülkelerinde İşgücü Eğitim Seviyesinin Ekonomiye Etkisi. N. Balıkcıoğlu (Ed.), *Makroekonomik Göstergeler Çerçevesinde N -11 Ülkeleri içerisinde* (s.107-138). Orion Kitabevi.
- Koçbulut Ö, Barış, S. (2016). Avrupa Birliği Ülkelerinde İhracat ve Doğrudan Yabancı Yatırımların Kadın İstihdamı Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi. *Aydın İktisat Fakültesi Dergisi*, 1(2):22-39.
- Korkmaz Ö, Develi A. Türkiye'de Birincil Enerji Kullanımı, Üretimi ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Arasındaki İlişki. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(2), 2.
- Mete E. (2021). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: G7 Ülkeleri Örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1481-1495. doi:10.16951.
- Ordu S. (2022). Enerji Tüketimi, CO2 Salınımı ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye İçin ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Ekonomi İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 52-63. doi:10.38009.
- Örk Özel S, Ekiz FM. (2021). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Karbondioksit Emisyonunun Ekonomik Büyüme Üzerine Etkileri: Türkiye Örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 625-647. doi:10.18074.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross sectional dependence in panels. *Empirical Economics*, 1-38.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of applied econometrics*, 22(2):265-312.
- Şahin G, Onurbaş Avcıoğlu A. (2016). Tarımsal Üretimde Sera Gazları ve Karbon Ayak İzi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(3):160.
- TEİAŞ. (2021). Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi. Nisan 2021 kurulu güç raporu. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>.
- Ünlü İ, Sever R, Akpınar A. (2011). Türkiye'de Çevre Eğitimi Alanında Yapılmış Küresel Isınma Ve Sera Etkisi Konulu Akademik Araştırmaların Sonuçlarının İncelenmesi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1):41
- Yanıktepe T, Kısakürek Parlak T, Kara O. (2021). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(3):453-454. doi:10.47495.
- Yenilmez F, Erdem MS. (2018). Türkiye ve Avrupa Birliği'nde Ekonomik Büyüme ile Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki: Toda-Yamamoto Nedensellik Testi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1):1-2. doi:10.17494.