

## **RÜZGÂR ENERJİSİ ÜRETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: AB-15 ÜLKELERİ İÇİN BİR PANEL VERİ ANALİZİ**

**Yunus Emre BİROL\***

**Bünyamin DEMİRGİL\*\***

### **ÖZ**

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan rüzgâr enerjisi üretiminin ekonomik büyüme ile ilişkisi AB-15 ülkelerinin 1995-2019 dönemi yıllık verileri kullanılarak panel eşbütünleşme ve panel nedensellik testleri ile ekonometrik olarak analiz edilmiştir. Eşbütünleşme testine göre rüzgâr enerjisi üretiminin bağımsız ve ekonomik büyümenin bağımlı değişken olduğu model için eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı, buna karşın ekonomik büyümenin bağımsız ve rüzgâr enerjisi üretiminin bağımlı değişken olduğu model için eşbütünleşme ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uzun dönemde ekonomik büyümenin rüzgâr enerjisi üretimi üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu ve bu etkinin pozitif yönde ve kısıtlı düzeyde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca nedensellik testine göre ekonomik büyümeden rüzgâr enerjisi üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Ampirik bulgular koruma hipotezini desteklemektedir.

**Anahtar Kavramlar:** Rüzgâr Enerjisi, Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme, AB-15 Ülkeleri, Panel Veri Analizi.

**Jel Kodları:** C33, O47, O52, Q42.

---

**Atf Önerisi /Cited as (APA):** Birol, Y. E. & Demirgil, B. (2022). Rüzgâr enerjisi üretimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: AB-15 ülkeleri için bir panel veri analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (61), 305-327. DOI: 10.18070/erciyesiibd.952820.

\* Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, yebirol@cumhuriyet.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0557-3281>

\*\* Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü, bdemirgil@cumhuriyet.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1150-0225>

**Geliş/Received:** 15.06.2021

**Kabul/Accepted:** 28.11.2021

## WIND ENERGY PRODUCTION AND ECONOMIC GROWTH NEXUS: A PANEL DATA ANALYSIS FOR EU-15 COUNTRIES

### ABSTRACT

In this study, the relationship between wind energy (which is a renewable energy source) production and economic growth was analyzed econometrically with panel cointegration and panel causality tests using the period of 1995-2019 annual data of the EU-15 countries. According to the cointegration test, there is no cointegration relationship for the model where wind energy production is independent variable and economic growth is dependent variable; on the other hand, there is a cointegration relationship for the model where economic growth is independent variable and wind energy production is dependent variable. In the long-run, economic growth has a significant effect on wind energy production, and this effect is positive and limited. Also, according to the causality test, there is a unidirectional causality relationship from economic growth to wind energy production. The empirical findings support conservation hypothesis.

**Keywords:** Wind Energy, Renewable Energy, Economic Growth, EU-15 Countries, Panel Data Analysis.

**Jel Codes:** C33, O47, O52, Q42.

### GİRİŞ

İnsanların temel ihtiyaçlarının başında gelen enerji, aydınlatmadan-ulaşıma, ısınmadan-pişirmeye, üretimden-tüketime vb. çok fazla kullanım alanı ile günümüz sosyal ve ekonomik yaşamının vazgeçilmez bir unsuru olmuştur (Yelmen ve Çakır, 2011, s. 1). Eski dönemlerde ateşi kullanarak ısınma ve pişirme gibi temel ihtiyaçlarını bu enerji kaynağından karşılayan insanlar, günümüzde daha karmaşık ihtiyaçlar bütününe daha gelişmiş ve çeşitlenmiş enerji kaynaklarıyla karşılar hale gelmiştir (Bırol, 2021, s. 452). Gerek gelişmiş, gerekse gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketen faaliyetlerin gelişmesi bu ülkelerde iki temel endişeye yol açmıştır. Bunlardan ilki enerji tüketiminde en kolay ulaşılabilen ve birincil kaynak olarak kullanılan fosil enerji kaynaklarının tükenmesi, diğeri ise fosil yakıtların tüketimine bağlı olarak ortaya çıkan karbondioksit ve metan gibi sera gazı emisyonlarının hızla artmasından kaynaklanan küresel ısınma sorunudur (Apergis ve Danuletiu, 2014, s. 578). Bu nedenlerle birçok ülke günümüzde fosil enerji kaynaklarına alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir.

Günümüzde birçok ülkenin özellikle de gelişmiş ülkelerin yoğun olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesinin diğeri bir nedeni enerji kaynaklı yaşanan belirsizliklerdir. Tarihsel süreçte enerji kaynaklı en önemli belirsizlik olarak 1974 yılında yaşanan petrol krizi ön plana çıkmaktadır. 1974 yılında yaşanan petrol krizi sonrası petrol fiyatlarında meydana gelen çok yüksek artışlar ve dalgalanmalar belirsizliğe neden olmuş ve birçok ülke bu belirsizliğin ortaya çıkardığı olumsuz etkileri minimize edebilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlamıştır (Alper, 2018, s. 225). Özellikle fosil kökenli enerji rezervleri yönünden zengin olmayan Avrupa Birliği (AB) ülkeleri ve sanayisi gelişmiş Uzak Doğu ülkeleri ile enerji tüketim miktarı çok fazla olan Amerika Birleşik Devletleri (ABD),

yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılmasında önemli rol oynamıştır (Yılmaz, 2012, s. 34).

Yenilenebilir enerji kullanımının artırılması için birçok ülkede çeşitli çalışmalar yürütülmekle beraber, AB bünyesinde tüm üye ülkeler için ortak bir enerji politikası çerçevesinde yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik politikalar izlenmektedir. Yenilenebilir enerji konusunda AB’de yürürlükte olan ve tüm üye ülkeler için bağlayıcılığı olan 2009/28/EC sayılı yönerge genel olarak yenilenebilir kaynak kullanımı ile enerji üretimi hakkında genel bir çerçevenin ortaya konulmasını amaçlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, enerjide dışa bağımlılığın ve fosil yakıt kullanımının AB genelinde neden olduğu güvenlik ve çevre risklerinin azaltılmasında ve ortadan kaldırılmasında nükleer enerji ile birlikte fosil yakıt kullanımına alternatif olarak önerilmektedir. 2009/28/EC sayılı yönerge ile ülkelerin ulusal eylem planlarında elektrik üretimi, ulaştırma sektörü ve ısıtma-soğutma sistemlerinde yenilenebilir kaynakların payının 2020 yılına kadar belirlenen hedefler çerçevesinde artırılması planlanmıştır (Biol, 2019, s. 92). Bu kapsamda AB, 2050 yılında karbon temelli enerjiden tamamen kurtulmayı amaçlamakta, 2020’ye kadar ise enerji tüketiminin en az %20’sini yenilenebilir kaynaklardan karşılamak için çaba sarf etmektedir. Üye ülkelerden Almanya bu hedefi 2015 yılında %32,6’lık oranla geçmiştir (Acaravcı ve Erdoğan, 2018, s. 55).

Her ülke ekonomisi için önemli ve gerekli olan enerjiye yönelik talep sürekli artış göstermektedir. Bu talebin karşılanmasında kullanılan fosil kökenli kaynakların yakın gelecekte tükenme ihtimalinin olması, aynı zamanda bu yakıtların yoğun çevre kirliliği oluşturması yenilenebilir enerjinin önemini artırmıştır. Bu çalışma, yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisinin üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi AB-15 ülkelerinin 1995-2019 dönemi yıllık verileri ve panel veri analizi tekniği ile araştırmayı amaçlamaktadır. Literatürde AB üzerine yapılan çalışmalarda çoğunlukla tüm üyelerin dikkate alındığı, bazı çalışmalarda son genişlemelerde Birliğe katılan ülkelerle eski üyelerin ayrıldığı görülmektedir. Bu çalışmayı literatürdeki önceki çalışmalardan ayıran noktalardan biri seçilen ülke seti olarak ifade edilebilir. Enerji ekonomisi literatüründe yer alan çalışmalardan önemli bir bölümü enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi üzerine odaklanmaktadır. Son dönemde yapılan çalışmalarda bu genel yaklaşım yerine daha özel bir yaklaşım tercih edilerek yenilenebilir ve yenilenemez (fosil) enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi araştırılmaktadır. Hatta literatürde daha özele indirgenmiş güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal ve biyokütle gibi enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar da giderek artmaktadır. Genel olarak çalışmalarda enerji tüketimi verileri seçilirken enerji üretimi verilerinin kullanıldığı çalışmaların kısıtlı olduğu görülmektedir. Oysa bu iki kavram dış ticaret, kayıp ve kaçak gibi nedenlerle birbirinden ayrılmaktadır. Bu çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan ayıran noktalardan bir diğeri enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisinin seçilmesi ve bu enerji kaynağının tüketim verilerinin değil de üretim verilerinin kullanılmasıdır.

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi üretimi ile ekonomik büyüme ilişkisinin AB-15 ülkeleri için araştırılması ve söz konusu değişkenler arasında ilişki tespit edilmesi halinde bu ilişkinin yönünün ve boyutunun belirlenmesi amaçlanmaktadır. Elde edilecek sonuçlar ile rüzgâr enerjisi üretimine yönelik politikaların ekonomik büyümeyi, ekonomik büyümeye yönelik politikaların rüzgâr enerjisi üretimini destekleyip desteklemediği ortaya konulacaktır. Bu doğrultuda öncelikle çalışmaya yönelik kavramsal çerçeve ve literatürün açıklanması, ardından adı geçen değişkenler yardımıyla söz konusu ülkeler üzerine ekonometrik bir analizin yapılması planlanmaktadır.

### I. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Güneş, rüzgâr, hidrolik, biyokütle, jeotermal, gelgit ve dalgadan üretilen enerji, yenilenebilir enerji olarak tanımlanmaktadır. Güneş, rüzgâr, hidrolik, biyokütle ve dalga enerjilerinin temelinde Güneş; jeotermal enerjinin temelinde yer ısı; gelgit enerjisinin temelinde Ay ve Güneş'in yer yuvarlağı üzerindeki çekim gücü bulunmaktadır (Biol, 2021, s. 453). Yenilenebilir enerji, geleneksel enerji olarak adlandırılan fosil enerjinin aksine güvenli, temiz ve tükenmezdir. Sonuç olarak birçok ülke sera gazı emisyonunu azaltmak ve güvenli enerji arzını artırmak için yenilenebilir enerji bileşenlerine yatırım yapmaktadır (Fotourehchi, 2017, s. 61). Bu kapsamda 2011 yılına kadar dünya enerji tüketiminin yaklaşık %16'sı yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanmakta iken yenilenebilir enerjideki maliyet düşüşleri ve teknolojik gelişmeler nedeniyle bu oran 2014 yılında %19.2'ye kadar yükselmiştir (REN21, 2016). Yenilenebilir enerji konusunda önemli adımlar atan AB'nin önemli hedeflerinden biri 2020'ye kadar enerji gereksiniminin en az %20'sini yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılamaktır (Ntanos vd., 2018, s. 1). Bu hususlar dünya enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının giderek arttığını göstermektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik hem emek yoğun hem de sermaye yoğun üretim teknolojilerinin gelişmesine olanak sağlayarak ekonomiye katkı sunmaktadır. Bu sektöre yapılacak yatırımlar yeni istihdam alanlarının oluşmasını ve böylece işsizlik oranlarının azalmasını sağlayarak toplumun refahını artırmaktadır. Diğer yandan yenilenebilir enerji yerli bir enerji kaynağı olduğundan bu enerji kaynağının kullanımı enerji ithalatını düşürmekte ve kaynakların yurt içinde kalmasına neden olmaktadır (Özşahin, Mucuk ve Gerçekler, 2016, s. 118). Ayrıca yenilenebilir enerjinin temiz bir enerji kaynağı olması nedeniyle çevre politikalarıyla uyumlu olduğu söylenebilir.

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan rüzgâr, Güneş'in atmosferi ve yeryüzünü farklı derecelerde ısıtmasının neden olduğu sıcaklık ve basınç farklılıklarından oluşmaktadır. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjinin hemen hemen %2'si rüzgâr enerjisine dönüşebilmektedir (Keskin ve Güleren, 2013, s. 59). İnsanlığın yararlandığı ilk enerji kaynaklarından biri olan rüzgâr, itici bir güç olarak ilk defa Mısır ve Çin'de kullanılmıştır. Özellikle rüzgâr, deniz taşıtları için temel güç kaynağı olmuştur (Çukurçayır ve Sağır, 2008, s. 264). Binlerce yıldır insanlığa

hizmet sunan rüzgâr enerjisi yardımıyla elektrik üretimi ilk defa Danimarka'da 1891 yılında gerçekleştirilmiştir (Kılıç, 2009, s. 17).

Rüzgâr enerjisinin çeşitli avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisinin yerli, sürekli, temiz ve emisjonsuz olması, yakıt ve hammadde maliyetlerinin olmaması, sera gazı salınımını azaltması, işletme masraflarının düşük olması, rüzgâr türbinlerinin periyodik bakımlarının düzenli yapılması durumunda uzun bir dönem kullanılabilir olması, yeni istihdam olanakları yaratması ve kırsal kalkınmaya fayda sağlaması gibi avantajları bulunmaktadır (Bayraktar ve Kaya, 2016, s. 2). Diğer taraftan rüzgâr türbinlerinin büyük bir alanı kaplaması, gürültüye neden olması, görsel ve estetik kirlilik oluşturması, kuş ölümlerine yol açması, radyo ve televizyon alıcıları için parazit oluşturması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Oskay, 2014, s. 80).

Rüzgâr potansiyeli iklim koşullarına ve topoğrafik şartlara göre değiştiğinden bu enerjinin üretimi ülkeden ülkeye farklılık arz etmektedir. Rüzgârdaki kinetik enerjinin yatay ve düşey eksene sahip rüzgâr türbinleri vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülmesiyle ortaya çıkan güç elektrik üretiminde kullanılmaktadır (Çukurçayır ve Sağır, 2008, s. 264). Günümüzde Avrupa ve Asya'da yer alan gelişmiş ülkeler ve ABD başta olmak üzere elektrik üretiminde rüzgâr enerjisinden önemli düzeyde yararlanılmaktadır. Elektrik üretiminde önemli bir etken olan rüzgâr enerjisi, en geniş kullanım alanına sahip yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. 2015 yılında toplam enerji üretiminin Danimarka'da neredeyse yarısı ve Almanya'da bazı bölgelerde yaklaşık %60'ı rüzgâr enerjisinden karşılanmıştır. İrlanda, İspanya, Portekiz ve Uruguay'da bu oran yaklaşık %15 dolaylarındadır. Diğer yandan ABD'de üretilen elektriğin %4.5'i, Çin'de ise %3.2'si rüzgâr enerjisinden elde edilmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017, s. 15).

Rüzgâr enerjisinin yatırım maliyetleri rüzgâr teknolojisinin gelişmesi ve kullanım alanlarının artmasıyla düşmektedir. Ayrıca sağladığı çevresel avantajlar nedeniyle birçok ülke rüzgâr enerjisini kamusal teşviklerle desteklemektedir. Bu teşvikler ile sektörün harekete geçirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi ve fosil yakıt kullanımının azaltılması amaçlanmaktadır (Çakır, 2010, s. 289). Sürekli yükselen enerji ihtiyacı ve fosil yakıt kullanımının neden olduğu küresel ısınma sorununun çözümü için yapılan uluslararası çalışmalarla yenilenebilir enerji kullanımını destekleyen ve artıran politikalar önem kazanmıştır (Çınar ve Yılmaz, 2015, s. 56). Bu çerçevede dünyada yenilenebilir nitelikteki enerji kaynaklarının kullanım düzeylerinin artırılmasına yönelik hedeflere odaklanılmaktadır. Bu hedeflerin tutturulabilmesi için bir takım piyasa destek yöntemleri benimsenmiştir. Bunlar; üretilen birim enerji başına prim ödemesi, özel tarife uygulaması, enerji üreticilerinin enerji arzlarının giderek artan bir yüzdesini yenilenebilir kaynaklardan elde etmelerinin zorunlu olması gibi yöntemlerdir (Çakır, 2010, s. 289). Ayrıca yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması için bir takım vergi teşvik politikaları uygulamaya konulmuştur. Bunlar; araştırma ve geliştirme harcamalarına yönelik

indirimler, gelir vergisi istisnaları, hızlandırılmış amortisman uygulamaları ve emlak vergisi muafiyetleri şeklindedir (Çelikkaya, 2018, s. 357).

## II. TEORİ VE LİTERATÜR

Enerji ekonomisi literatüründe tartışılan önemli konulardan biri enerji kullanımı ile ekonomik büyüme ilişkisinin yönü ve boyutudur. Bu konu zamanla yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyüme ilişkisinin araştırılmasını gündeme getirmiştir. Söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı izlenecek politikaların sonuçları üzerinde belirleyici olmaktadır. Literatürde yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme konusu üzerine odaklanan çalışmalar ulaştıkları sonuçlar itibarıyla dört başlıkta incelenebilir. Bunlar; büyüme (growth), koruma (conservation), geri besleme (feedback) ve yansızlık (neutrality) hipotezleridir. Büyüme hipotezine göre, yenilenebilir enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi; koruma hipotezine göre, ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kullanımına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi; geri besleme hipotezine göre yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Yansızlık hipotezine göre yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Büyüme hipotezine göre yenilenebilir enerji kullanımına yönelik politikalar ekonomik büyümeyi desteklemekte iken ekonomik büyümeye yönelik politikalar yenilenebilir enerji kullanımını etkilememektedir. Koruma hipotezine göre ekonomik büyümeye yönelik politikalar yenilenebilir enerji kullanımını etkilemekte iken yenilenebilir enerji kullanıma yönelik politikalar ekonomik büyümeyi desteklememektedir. Geri besleme hipotezine göre hem yenilenebilir enerji kullanımına yönelik politikalar ekonomik büyümeyi hem de ekonomik büyümeye yönelik politikalar yenilenebilir enerji kullanımını desteklemektedir. Yansızlık hipotezine göre yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki bulunmamakta, ne yenilenebilir enerji kullanımı ekonomik büyümeyi ne de ekonomik büyüme yenilenebilir enerji kullanımını etkilemektedir. Literatürde yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin tüketimi veya üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisini tek ülke veya ülke grubu için araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Apergis ve Payne (2010a), 20 OECD ülkesinin 1985-2005 dönemi; Apergis ve Payne (2010b), 13 Avrasya ülkesinin 1992-2007 dönemi; Apergis ve Payne (2011a), 16 gelişmekte olan ülke ekonomisinin 1990-2007 dönemi; Apergis ve Payne (2011b), 6 Orta Amerika ülkesinin 1980-2006 dönemi ve Apergis ve Payne (2012), 80 ülkenin 1990-2007 dönemi verilerini kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini panel eşbütünleşme ve panel nedensellik testleriyle analiz etmişlerdir. Söz konusu çalışmaların analiz sonuçlarına göre değişkenler arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi belirlenmiştir.

Tugcu, Ozturk ve Aslan (2012), çalışmalarında G7 ülkelerinde 1980-2009 dönemi için yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini sınır testi

(ARDL) ve Hatemi-J nedensellik testi ile incelemiştir. Analiz sonucunda ülkeler için farklı sonuçlar bulunmuş, değişkenler arasında tek yönlü ve çift yönlü nedensellik ilişkisinin yanı sıra anlamsız ilişkinin varlığı da tespit edilmiştir.

Yıldırım, Saraç ve Aslan (2012), çalışmalarında ABD'nin 1949-2010 dönemi verilerini kullanarak ve Toda-Yamamoto nedensellik testi yardımıyla yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Analiz sonucuna göre değişkenler arasında nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Ocal ve Aslan (2013), yaptıkları çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini Türkiye'nin 1990-2010 dönemi verileri ile sınır testi (ARDL) ve Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanarak araştırmışlardır. Araştırmanın sonucuna göre değişkenler arasında negatif bir ilişki ve ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik bulunmuştur.

Salim, Hassan ve Shafiei (2014), çalışmalarında 29 OECD ülkesine ait 1980-2011 dönemi verileri ve panel Granger nedensellik testi ile yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini analiz etmişler ve ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir.

Sebri ve Ben-Salha (2014), çalışmalarında BRICS ülkelerinin 1971-2010 dönemi verilerini kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisini sınır (ARDL) testi ve vektör hata düzeltme modeli (VECM) Granger nedensellik testi yardımıyla incelemiştir. Analiz sonucunda değişkenler arasında karşılıklı ilişki belirlenmiştir.

Doğan (2015), çalışmasında yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklardan elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini Türkiye'nin 1990-2012 dönemi verilerini kullanarak sınır testi (ARDL), Johansen, Gregory-Hansen eşbütünleşme ve Granger nedensellik testleri ile incelemiştir. Analiz sonucuna göre uzun dönemde değişkenler arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Nedensellik testine göre kısa dönemde değişkenler arasında nedensellik olmadığı, uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tiwari, Apergis ve Olayeni (2015), çalışmalarında 12 Sahra-altı Afrika ülkesinde yenilenebilir ve yenilenemez enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki eşbütünleşme ilişkisini 1971-2011 dönemi için araştırmışlardır. Çalışmanın analiz sonuçlarına göre bazı ülkelerde enerji üretimi ekonomik büyümeyi, bazı ülkelerde ise ekonomik büyüme enerji üretimini etkilemektedir.

Doğan (2016), çalışmasında 1988-2012 dönemi için Türkiye'de yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini sınır testi (ARDL), Johansen ve Gregory-Hansen eşbütünleşme testleri ile analiz etmiştir. Analiz sonucuna göre uzun dönemde yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik

büyüme yi olumlu yönde etkilediği belirlenmiş buna karşın yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Nedensellik testi ile kısa dönemde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi, uzun dönemde bu değişkenler arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi belirlenmiştir.

İnglesi-Lotz (2016), çalışmasında yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini 34 OECD ülkesinin 1990-2010 dönemi için panel eşbütünleşme testi ile incelemiştir. Çalışmanın sonucuna göre yenilenebilir enerji tüketimi uzun dönemde ekonomik büyüme yi pozitif olarak etkilemektedir.

Saidi ve Mbarek (2016), çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini 9 gelişmiş ülke ekonomisinin 1990-2013 dönemi için panel eşbütünleşme ve nedensellik testleriyle incelemiştir. Çalışma sonucunda değişkenler arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Armeanu, Vintila ve Gherghina (2017), çalışmalarında AB üyesi 28 ülkenin 2003-2014 dönemi panel verilerini kullanarak yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme ilişkisini yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle, hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve güneş özelinde ve bu enerji kaynaklarının toplamında araştırmışlardır. Çalışmada sabit etkiler modeli, Pedroni, Kao ve Fisher eşbütünleşme testleri, FMOLS ve DOLS modelleri ve vektör hata düzeltme modeli (VECM) Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Yapılan analizlerde yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle, hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve güneş enerjisi üretim değerlerinin ayrı ayrı ve toplamda ekonomik büyüme yi pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca kısa ve uzun dönemlerin her ikisinde de ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Alper (2018), çalışmasında yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini Türkiye'nin 1990-2017 dönemi verileri ile Bayer-Hanck eşbütünleşme ve Toda-Yamamoto nedensellik testlerini kullanarak analiz etmiştir. Analiz sonucuna göre değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Nedensellik testine göre ise ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik bulunmuştur.

Bulut ve Muratoğlu (2018), yaptıkları çalışmada Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini 1990-2015 dönemi için ARDL ve Hatemi-J nedensellik testini kullanarak analiz etmişlerdir. İlgili dönem ve analiz tekniğine göre değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi ve herhangi bir nedensellik tespit edilememiştir.

Durğun ve Durğun (2018), çalışmalarında 1980-2015 dönemi için Türkiye'de kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hâsıla arasındaki ilişkiyi sınır testi (ARDL) ve Toda-Yamamoto nedensellik testi yardımıyla analiz etmişlerdir. Yapılan analizde değişkenler arasında



eşbütünleşme ilişkisinin yanı sıra yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyüme doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Erdoğan, Dücan, Şentürk ve Şentürk (2018), çalışmalarında Türkiye’de yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme ilişkisini 1998-2015 dönemi verilerini kullanarak Johansen eşbütünleşme testi ve vektör hata düzeltme modeli (VECM) nedenselliği ile analiz etmişlerdir. Analiz sonucuna göre değişkenlerin eşbütünleşik olduğu ve ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji üretiminin nedeni olduğu belirlenmiştir.

Marinaş, Dinu, Socol ve Socol (2018), çalışmalarında 1990-2014 dönemi için Orta ve Doğu Avrupa’da yer alan 10 AB ülkesinde ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi ilişkisini sınır testi (ARDL) yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Analiz sonucuna göre kısa dönemde Romanya ve Bulgaristan’da ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında ilişki bulunmazken; Macaristan, Litvanya ve Slovenya’da yenilenebilir enerji tüketimindeki artış ekonomik büyümeyi artırmaktadır. Uzun dönemde ise tüm ülkeler için değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Soava, Mehedintu, Sterpu ve Raduteanu (2018), çalışmalarında ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi ilişkisini AB’nin 28 ülkesine ait 1995-2015 dönemi verileri ile panel eşbütünleşme ve nedensellik testlerini kullanarak incelemişlerdir. Ampirik sonuçlar yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki olumlu etkisini göstermiş ve paneldeki her ülke için adı geçen göstergeler arasında iki yönlü veya tek yönlü Granger nedenselliğinin varlığını ortaya koymuştur.

Chen, Wang ve Zhong (2019), Çin’in 1980-2014 dönemini ARDL sınır testi ve vektör hata düzeltme modeli (VECM) Granger nedensellik testi yöntemlerini kullanarak inceledikleri çalışmalarında kısa dönemde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji üretimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuşlardır.

Biröl ve Demirgil (2020b), yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini yükselen piyasa ekonomileri sınıflandırmasında yer alan 5 Asya ülkesinin 1995-2018 dönemi verilerini kullanarak panel en küçük kareler yöntemi ile analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda hem yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde hem de ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye yol açtığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Demirgil ve Biröl (2020), çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini 1980-2018 dönemi Türkiye verileri ile ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen artış uzun dönemde ekonomik büyümeyi artırmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyüme doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Doğan ve Doğan (2020), 23 gelişmekte olan ülkenin 2004-2016 dönemi verileri ile rüzgâr enerjisi kullanımının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel regresyon analizi ile araştırmışlardır. Driscoll ve Kraay tahmincilerinin kullanıldığı çalışmada rüzgâr enerjisinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Koç ve Apaydın (2020), yaptıkları çalışmalarında seçilmiş 15 G-20 ülkesine ait 1991-2017 verilerini kullanarak panel veri analiz tekniği ile rüzgâr enerjisi üretimi ile ekonomik büyüme ilişkisini araştırmışlardır. Sabit etkiler modeli tahmin sonucuna göre rüzgâr enerjisi üretimi ekonomik büyümeyi pozitif yönde ve düşük seviyede etkilemektedir. Rüzgâr enerjisi üretimindeki %10'luk bir artış ekonomik büyümeyi %0.1 düzeyinde artırmaktadır.

Özbek ve Apaydın (2020), çalışmalarında Türkiye'de 1990-2017 döneminde yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme ilişkisini ARDL sınır testi yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Çalışmanın ampirik bulgularına göre, Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimi ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

Vural (2021), seçilmiş 6 Latin Amerika ülkesine ait 1991-2014 dönemi verileri ile Pedroni ve Westerlund panel eşbütünlük testlerinin yanı sıra FMOLS katsayı tahmin modelini kullanarak yaptığı çalışmasında ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji üretimi üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir.

Görüleceği üzere literatürde yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme ilişkisini araştıran çalışmaların sonuçları incelenen dönemler, ele alınan ülkeler ve uygulanan araştırma tekniklerine göre farklılık arz etmektedir.

### III. VERİ VE METODOLOJİ

Bu çalışmada rüzgâr enerjisi üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin araştırılması amaçlanmaktadır. Çalışmanın kapsamını AB-15 ülkeleri olarak nitelendirilen Almanya, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık<sup>1</sup>, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Lüksemburg, Portekiz ve Yunanistan; dönemini ise 1995-2019 yılları arası oluşturmaktadır. Hazırlanan panel veri setinin yatay kesitinde 15 ülke ve zaman kesitinde 25 yıl olmak üzere her bir değişken için toplam 375 veri bulunmaktadır. Ülke sınırının bu şekilde belirlenmesinin temel nedeni söz konusu 15 ülkenin AB'nin son genişleme süreçleri dışında kalan nispeten eski üyeleri olmasıdır. Ayrıca AB'nin 2004, 2007 ve 2013 yıllarındaki genişleme süreçleri veri setinde bazı ülkelerin AB'ye tam üyelik öncesi ve sonrası verilerinin kullanılmasına neden olacağından çalışmanın yatay kesiti 15 ülke ile sınırlandırılmıştır. AB-15 ülkelerinden Avusturya, Finlandiya ve İsveç'in Birliğe katılma tarihi 1995 yılı olduğu için çalışmanın zaman kesiti 1995 yılından başlatılmıştır. Çalışmanın yapıldığı tarihte güncel ve güvenilir veri kullanımı gereğiyle zaman kesiti 2019 yılı ile sınırlandırılmıştır.

<sup>1</sup> Brexit süreci sonunda 1 Şubat 2020 itibarıyla AB'den resmi olarak ayrılmıştır.

Çalışmada kullanılan reel gayrisafi yurtiçi hâsıla (GSYH) verileri 2010 sabit fiyatlarıyla milyon Euro olarak, rüzgâr enerjisi üretimi (REN) verileri ise bin ton eşdeğer petrol cinsinden Avrupa İstatistik Ofisi (Eurostat) veri tabanından temin edilmiştir. Enerji tüketimi yerine üretimi verilerinin tercih edilmesinin temel sebebi enerjinin AB ülkeleri arasında ticarete konu olmasıdır. AB'nin enerji arz güvenliğinin tesis edilmesi noktasında üye ülkeler arasında elektrik şebekelerinin enterkonneksiyonunun<sup>2</sup> sağlanması amaçlanmaktadır. Bu nedenle bir ülkede üretilen enerjinin başka bir ülkede tüketimi söz konusu olabilmektedir. Ayrıca kayıp ve kaçak gibi nedenlerle üretim ve tüketim verileri farklılaşabilmektedir. Çalışmada kullanılan verilere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de özetlenmiştir.

**Tablo 1:** Tanımlayıcı İstatistikler

İstatistik	GSYH	REN
Ortalama	760797.359	770.184
Medyan	318059.800	214.187
Maksimum	2989894.700	10824.936
Minimum	24026.000	0.000
Standart Sapma	786840.136	1426.365
Yatay Kesit	15	15
Zaman Kesit	25	25
Toplam Veri	375	375

1995-2019 dönemi ortalama GSYH değerinin en yüksek olduğu ülke Almanya'dır. Almanya'yı Fransa, Birleşik Krallık ve İtalya izlemektedir. Ortalama REN değerinin en yüksek olduğu ülke yine Almanya'dır. Almanya'yı İspanya ve Birleşik Krallık izlemektedir. Almanya ayrıca Tablo 1'de yer alan maksimum GSYH ve REN değerlerine sahip olan ülkedir. Ortalama GSYH ve REN değerlerinin en düşük düzeyde gerçekleştiği ülke ve Tablo 1'de yer alan minimum GSYH ve REN değerlerine sahip olan ülke ise Lüksemburg'dur.

Elde edilen veriler ile oluşturulan ve test edilmesi amaçlanan iki tane model söz konusudur. İlk modelde (Model I) GSYH bağımlı (açıklanan-içsel) ve REN bağımsız (açıklayıcı-dışsal) değişken iken diğer modelde (Model II) REN bağımlı ve GSYH bağımsız değişkendir. Panel veri ekonometrisi ile yapılacak analizde değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığının araştırılması ve ilişki tespit edildiği takdirde ilişkinin yönünün ve boyutunun ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda öncelikle değişkenler için yatay kesit bağımlılığı test edilecektir. Eğer değişkenleri oluşturan yatay kesit birimleri arasında bağımlılık varsa bu bağımlılığı dikkate alan birim kök testleri yardımıyla değişkenlerin durağanlığı araştırılacaktır. Ardından değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığı test edilmeye çalışılacaktır. Burada da yine değişkenleri oluşturan birimler arasındaki yatay kesit bağımlılığı durumuna uygun bir yöntem tercih edilecektir. Eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesi halinde ilişkinin yönünün ve

<sup>2</sup> Elektrik arz güvenliği ve Trans-Avrupa elektrik ağları konuları için bkz. Birol (2019).

boyutunun ortaya konulması amacıyla katsayı tahmini yapılacaktır. Son olarak değişkenlerden hangisinin diğerinin nedeni olduğu konusu nedensellik testi yardımıyla incelenecektir.

#### IV. AMPİRİK BULGULAR

Panel veri analizlerinde birim kök ve eşbütünleşme testlerinin uygulanabilmesi için yatay kesitler arasındaki bağımlılık ilişkisinin ortaya konulması gerekmektedir. Yatay kesit bağımlılığı testleri neticesinde ulaşılan sonuçlar panel veri çalışmasında hangi testlerin kullanılması gerektiği konusunda yönlendirici olmaktadır. Yatay kesit bağımlılığının belirlenmesi için yapılan testler yatay kesiti oluşturan birimler üzerine yapılan bağımsız en küçük kareler tahmini sırasında ortaya çıkan kalıntılar arasındaki ilişki üzerine odaklanmaktadır. Literatürde yatay kesit birimleri arasındaki bağımlılığın tespit edilmesi için yaygın olarak Breusch ve Pagan (1980) tarafından önerilen LM, Pesaran (2004) tarafından önerilen  $CD_{LM}$  ile CD ve Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) tarafından önerilen  $LM_{adj}$  testleri kullanılmaktadır. LM testi, büyük zaman boyutu ve küçük kesit boyutu söz konusu olduğunda;  $CD_{LM}$  testi, kesit boyutuna kıyasla zaman boyutu büyük olduğunda aynı zamanda kesit boyutu ile zaman boyutu arasındaki fark az olduğunda; CD testi, kesit sayısı zaman boyutundan büyük olduğunda;  $LM_{adj}$  testi, kesit boyutunun zaman boyutundan büyük olduğu durum dışındaki tüm durumlarda başarılı sonuç vermektedir (Bırol ve Demirgil, 2020a, s. 550-551). Bu testlerde yatay kesit birimleri arasında bağımlılığın olmadığını iddia eden temel hipotez, yatay kesit birimleri arasında bağımlılığın olduğunu iddia eden alternatif hipoteze karşı sınanmaktadır. Tablo 2’de analizde kullanılan değişkenlere ilişkin yatay kesit bağımlılığı testlerinin sonuçları gösterilmektedir.

**Tablo 2:** Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Testler	GSYH		REN	
	İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık
LM	149.818	0.003	289.808	0.000
$CD_{LM}$	3.093	0.001	12.753	0.000
CD	-2.163	0.015	-1.316	0.094
$LM_{adj}$	28.164	0.000	20.737	0.000

Tablo 2’de olasılık (probability) değerleri büyük oranda 0.05’ten küçük olduğu için temel hipotez reddedilmekte ve yatay kesit birimleri arasında bağımlılığın olduğunu iddia eden alternatif hipotez kabul edilmektedir. Bu sonuca göre bir değişkeni oluşturan yatay kesit birimleri için yapılan en küçük kareler tahminlerinden elde edilen kalıntılar arasında karşılıklı ilişkiler olduğu ortaya çıkmaktadır.

Ekonometrik analizlerde kullanılan değişkenlerin birim köke sahip olması diğer bir ifadeyle durağan olmaması, söz konusu değişkenler arasında aslında olmayan ilişkileri (sahte regresyonu) ortaya çıkardığından uygulamalı çalışmalarda

kullanılan değişkenlerin durağan olması gereklidir. Bir serinin durağan olmaması ortaya çıkan bir şokun atlatılamamasına ve bu şokun kalıcı olmasına yol açmaktadır. Panel veri setlerinde birim kökün varlığının belirlenebilmesi amacıyla çeşitli testler kullanılmaktadır. Birinci nesil birim kök testleri değişkenleri oluşturan yatay kesit birimleri arasındaki bağımlılığı dikkate almamakta, ikinci nesil birim kök testleri ise bu bağımlılığı dikkate almaktadır. Değişkenleri oluşturan birimler arasında bağımlılık belirlendiği durumlarda, bu durumu dikkate alan birim kök testleri kullanılmaktadır. Bu tür testlerin biri de Pesaran (2007) tarafından önerilen CADF (Cross-Sectionally Augmented Dickey-Fuller) birim kök testidir. CADF testinde her bir yatay kesit birimine ilişkin test istatistik değerleri ve bu istatistik değerlerinin ortalaması alınarak genel bir test istatistik değeri (CIPS) hesaplanmaktadır. Hesaplanan bireysel ve ortalama istatistik değerleri %1, %5 ve %10 kritik değerleri ile karşılaştırılarak, söz konusu değişkenin birim köke sahip olduğunu yani durağan olmadığını iddia eden temel hipotez, bu değişkenin birim kök içermediğini yani durağan olduğunu iddia eden alternatif hipoteze karşı test edilmektedir. Temel hipotezin reddedilebilmesi için hesaplanan CADF istatistik değerlerinin belirlenen kritik değerlerden mutlak değer içerisinde büyük olması gerekmektedir. Tablo 3'te çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin CADF birim kök testi sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 3:** CADF Birim Kök Testi Sonuçları

Ülkeler	GSYH		REN	
	Düzy	1. Fark	Düzy	1. Fark
Almanya	-1.912	-0.841	-1.175	-3.011
Avusturya	-1.679	-2.347	-3.085	-1.913
Belçika	-1.966	-2.073	-1.428	-1.951
Birleşik Krallık	-1.143	-1.447	-0.784	-2.564
Danimarka	-3.053	-2.437	-1.881	-3.450
Finlandiya	-0.309	-3.178	2.320	1.422
Fransa	-1.455	-1.964	-1.927	-1.793
Hollanda	-3.044	-1.936	-1.869	-1.376
İrlanda	-1.073	-0.804	-2.709	-4.642
İspanya	-3.721	-2.499	0.575	-1.871
İsveç	-0.205	-3.966	1.003	-0.809
İtalya	0.482	-2.709	-1.796	-2.301
Lüksemburg	-0.097	-3.134	-3.254	-2.485
Portekiz	-1.935	-3.123	-1.028	-2.158
Yunanistan	-1.586	-3.404	-4.209	-4.842
Panel CIPS	-1.513	-2.391	-1.417	-2.249

Sabitli model kapsamında 15 ülke ve 25 gözlem dikkate alındığında CADF birim kök testi kritik değerleri yatay kesit birimleri için %1, %5 ve %10 düzeylerinde sırasıyla -4.12, -3.36 ve -2.98 olarak (Pesaran, 2007, s. 275), panel geneli (CIPS) için %1, %5 ve %10 düzeylerinde sırasıyla -2.45, -2.25 ve -2.14 olarak (Pesaran, 2007, s. 280) belirlenmiştir. GSYH serisinde Danimarka, Hollanda ve İspanya dışındaki

tüm ülkelerde ve panelin genelinde, REN serisinde Avusturya, Lüksemburg ve Yunanistan dışındaki ülkelerin tamamında ve panelin genelinde düzeyde birim kök bulunmaktadır. Değişkenlerin düzey ve fark değerleri dikkate alınarak tabloda yer alan istatistik değerleri ile kritik değerler karşılaştırıldığında, yatay kesit birimlerinin tamamı için temel hipotezin kabul veya reddinin mümkün olmadığı, panel geneli (CIPS) için düzey değerlerinde temel hipotezin reddedilemediği, buna karşın değişkenlerin birinci farkı alındığında panelin genelinde temel hipotezin reddedildiği ve alternatif hipotezin kabul edildiği görülmektedir. Buradan yola çıkarak çalışmada kullanılan serilerin düzey değerlerinde birim kök içerdiğini yani  $I(0)$  olmadığını ve birinci farkı alındığında durağan hale geldiğini yani  $I(1)$  olduğunu söylemek mümkündür. Bu sonuç çalışmada eşbütünleşme testinin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Panel veri setinde analize konu olan ülkeler arasında çeşitli açılardan yakınlıklar ve birliktelikler olması muhtemel olduğu için yapılacak analizlerinde yatay kesit verilerindeki bağımlılık ve benzerliklerin dikkate alınması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle yatay kesit birimleri arasında karşılıklı bağımlılık ilişkisinin bulunup bulunmadığının araştırılmasının yanı sıra yatay kesit birimlerine ilişkin değişkenlerin birimler arasında homojen veya heterojen yapı arz edip etmediğinin araştırılması da gerekmektedir. Aksi halde ulaşılan sonuçların tutarlılığı tartışmalı hale gelebilir. Panel veri çalışmalarında bağımsız değişkenlerin homojen veya heterojen niteliğe sahip olup olmadığının araştırılması için kullanılan testlerden biri Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından önerilen delta ( $\Delta$ ) homojenite testidir. Testin nihai amacı genel bir eşbütünleşme denkleminde yola çıkarak yatay kesit birimlerinin eğim değerleri arasındaki homojenitenin tespit edilmesidir. Bu testte örneklem büyük olduğunda delta test istatistiği ( $\hat{\Delta}$ ), küçük olduğunda düzeltilmiş delta test istatistiği ( $\hat{\Delta}_{adj}$ ) hesaplanarak eğim katsayılarının homojen olduğunu iddia eden temel hipotez, eğim katsayılarının heterojen olduğunu (homojen olmadığını) iddia eden alternatif hipoteze karşı sınanmaktadır. Tablo 4'te çalışmada kullanılan modellere ilişkin delta testi sonuçlarına yer verilmiştir.

**Tablo 4:** Delta Testi Sonuçları

Testler	Model I		Model II	
	İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık
$\hat{\Delta}$	18.042	0.000	15.328	0.000
$\hat{\Delta}_{adj}$	19.347	0.000	16.438	0.000

Tablo 4'teki olasılık değerlerinin 0.05'ten küçük olması nedeniyle yukarıda ifade edilen temel hipotez reddedilmekte ve alternatif hipotez kabul edilmektedir. Böylece her iki modeldeki bağımsız değişkenlerin katsayılarının heterojen olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Yani yatay kesit birimlerinden en az biri diğerlerinden farklı özelliklere sahip olduğu için değişkenleri oluşturan birimlerin homojen olduklarını söylemek mümkün değildir. Bu nedenle çalışmada heterojeniteyi dikkate alan yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

Panel analizlerinde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin varlığının araştırılması amacıyla eşbütünleşme testleri kullanılmaktadır. Birim kök testlerinde olduğu gibi eşbütünleşme testlerinin birinci nesil olanlarında değişkenleri oluşturan birimler arasındaki karşılıklı bağımlılık dikkate alınmamaktadır. Bu da elde edilen bulguların güvenilirliğini sarsmaktadır. Literatürde son dönemde yatay kesit birimlerinin bağımlılığını dikkate alan panel eşbütünleşme testleri üzerine önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada yatay kesit bağımlılığı ve heterojenite belirlendiği için eşbütünleşme analizinde bu hususu dikkate alan testlerden birinin kullanılması gerekmektedir. Bu tür testlerden biri de Westerlund (2007) tarafından geliştirilen ve hata düzeltme modeline (ECM) dayanan eşbütünleşme testidir. Değişkenler arasındaki olası uzun dönemli ilişkinin tespit edilebilmesi için grup (grup  $\tau$  ve grup  $\alpha$ ) ve panel (panel  $\tau$  ve panel  $\alpha$ ) istatistik değerlerinin ve bu istatistik değerlerine ilişkin olasılık değerlerinin asimptotik (olasılık<sup>a</sup>) ve bootstrap (olasılık<sup>b</sup>) olarak hesaplandığı bu testte, yatay kesit birimleri arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunmadığını iddia eden temel hipotez, yatay kesit birimleri arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu iddia eden alternatif hipoteze karşı sınanmaktadır. Tablo 5'te çalışmada kullanılan modellere ilişkin eşbütünleşme testi sonuçları görülmektedir.

**Tablo 5:** Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Testler	Model I			Model II		
	İstatistik	Olasılık <sup>a</sup>	Olasılık <sup>b</sup>	İstatistik	Olasılık <sup>a</sup>	Olasılık <sup>b</sup>
Grup $\tau$	-0.020	0.492	0.770	5.751	1.000	0.991
Grup $\alpha$	1.305	0.904	0.975	5.268	1.000	0.057
Panel $\tau$	1.608	0.946	0.110	-2.054	0.020	0.001
Panel $\alpha$	1.867	0.969	0.599	-5.064	0.000	0.002

Çalışmada yatay kesit bağımlılığı tespit edildiği için 1000 yineleme ile elde edilen bootstrap olasılık (olasılık<sup>b</sup>) değerlerine göre test sonuçlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Tablo 5'teki sonuçlara göre, ilk model için grup ve panel istatistiklerinin tamamında olasılık değerlerinin 0.05'ten büyük olması nedeniyle temel hipotez reddedilememektedir. Bu sonuca göre yatay kesit birimleri arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmadığını iddia eden temel hipotez kabul edilmektedir. İkinci model için grup istatistik değerlerinin tamamında olasılık değerleri 0.05'ten büyük, buna karşın panel istatistik değerlerinin tamamında olasılık değerleri 0.05'ten küçüktür. Panel istatistik değerlerine göre yatay kesit birimleri arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu iddia eden alternatif hipotez kabul edilmektedir. Özetle, REN'in bağımsız ve GSYH'nin bağımlı değişken olduğu ilk model için anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisinin bulunmadığı, buna karşın GSYH'nin bağımsız ve REN'in bağımlı değişken olduğu ikinci model için anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu tespit edilmiştir.

Ekonometrik analizlerde eşbütünleşme ilişkisinin tespitinden sonra bu ilişkinin yönünün ve boyutunun belirlenmesi yani katsayıların tahmin edilmesi

gerekmektedir. Böylece değişkenler arasındaki ilişkinin aynı (pozitif) yönde mi ters (negatif) yönde mi olduğu ve ne düzeyde gerçekleştiği konularında bir takım bulgular elde edilmektedir. Durağan olmayan serilerde yatay kesit bağımlılığı ve heterojenite durumunda eşbütünleşme ilişkisinin katsayı tahmini için Eberhardt ve Bond (2009) ve Eberhardt ve Teal (2010) tarafından geliştirilen AMG (Augmented Mean Group) yöntemi literatürde son dönemde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Regresyon denklemindeki gözlenemeyen ortak faktörleri dikkate alan ve regresyon denkleminde ortak dinamik bir süreci (etkiyi) dâhil ederek yatay kesit bağımlılığını açıklayan bu yöntemde katsayı tahmini her bir yatay kesit birimi için yapılabildiği gibi ülke ortalamaları hesaplanarak panelin geneli için de yapılabilmektedir. Çalışmada kullanılan iki modelden ikincisi için anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisi tespit edildiği için GSYH'nin bağımsız ve REN'in bağımlı değişken olduğu model için katsayı tahmini yapılmıştır. Bu modele ilişkin AMG tahmin sonuçları Tablo 6'da yer almaktadır.

**Tablo 6:** AMG Tahmin Sonuçları

Ülkeler	Katsayı	St. Hata	İstatistik	Olasılık
Almanya	0.00676	0.00075	8.95	0.000
Avusturya	0.00174	0.00039	4.46	0.000
Belçika	-0.00005	0.00030	-0.16	0.877
Birleşik Krallık	0.00040	0.00030	1.34	0.182
Danimarka	0.00897	0.00097	9.21	0.000
Finlandiya	-0.00016	0.00043	-0.37	0.710
Fransa	0.00051	0.00009	5.44	0.000
Hollanda	0.00134	0.00015	9.02	0.000
İrlanda	0.00132	0.00021	6.19	0.000
İspanya	0.00627	0.00079	7.93	0.000
İsveç	0.00027	0.00078	0.34	0.733
İtalya	0.00103	0.00025	4.11	0.000
Lüksemburg	0.00030	0.00002	12.68	0.000
Portekiz	0.00758	0.00172	4.41	0.000
Yunanistan	0.00145	0.00019	7.55	0.000
Panel	0.00252	0.00081	3.10	0.002

Tablo 6'da bağımsız değişken GSYH'ye ilişkin katsayı tahminlerinin olasılık değerlerinin Belçika, Birleşik Krallık, Finlandiya ve İsveç dışındaki ülkelerin tümünde ve panelin genelinde 0.01'den küçük olduğu bu nedenle katsayıların %1 düzeyinde anlamlı olduğu, yani ülkelerin büyük bir bölümünde ve panelin genelinde katsayıların yorumlanabilir düzeyde olduğu görülmektedir. Anlamlı olan katsayı tahminlerinin işaretlerinin tamamının pozitif ve boyutlarının küçük olması değişkenler arasında doğru (pozitif) yönlü ve düşük seviyede bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. GSYH değişkenindeki artış REN değişkenini olumlu yönde ve kısıtlı seviyede etkilemektedir.



Nedensellik analizleri değişkenler arasındaki ilişkinin yönünün belirlenmesi için literatürde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu testlerle değişkenlerden hangisinin diğerinin nedeni olduğu diğer bir ifadeyle hangi değişkenin bağımlı, açıklanan veya içsel; hangi değişkenin bağımsız, açıklayıcı veya dışsal olduğu hususu araştırılmaktadır. Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından önerilen panel Granger nedensellik testi bu amaçla kullanılan önemli testlerden biridir. Heterojeniteyi dikkate alan bu test ile değişkenlerden birinin diğerinin Granger nedeni olmadığı temel hipotezi, değişkenlerden birinin diğerinin Granger nedeni olduğu alternatif hipotezine karşı sınanmaktadır. İfade edilen hipotezlere ilişkin iki yönlü test sonuçları Tablo 7’de gösterilmektedir.

**Tablo 7:** Nedensellik Testi ve Sonuçları

Temel Hipotezler	İstatistik	Olasılık
GSYH $\nRightarrow$ REN	13.015	0.000
REN $\nRightarrow$ GSYH	1.262	0.285

Tablo 7’deki sonuçlara göre GSYH değişkeninin REN değişkeninin Granger nedeni olmadığını veya GSYH’den REN’e doğru nedensellik ilişkisi bulunmadığını iddia eden temel hipotezin olasılık değerinin 0.01’den küçük olması nedeniyle temel hipotez en az bir yatay kesit birimi için de olsa reddedilebilmekte iken REN değişkeninin GSYH değişkeninin Granger nedeni olmadığını veya REN’den GSYH’ye doğru nedensellik ilişkisi bulunmadığını iddia eden temel hipotezin olasılık değerinin 0.10’dan büyük olması nedeniyle temel hipotez hiç bir yatay kesit birimi için reddedilememektedir. Buradan hareketle incelenen ülke grubu ve zaman dilimi açısından GSYH değişkeninin REN değişkeninin Granger nedeni olduğu yani GSYH’den REN’e doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğu belirlenmiştir. Bu sonuç eşbütünleşme testinden elde edilen sonucu destekler niteliktedir.

## SONUÇ

Temiz enerji olarak adlandırılan yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir büyüme ve kalkınmanın sağlanması, çevrenin korunması, biyoçeşitliliğin sürdürülmesi ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması gibi konularda sağladığı avantajlardan dolayı önemi sürekli artmaktadır. Günümüzde yenilenebilir enerjinin sağladığı söz konusu avantajlardan dolayı birçok ülke yenilenebilir enerji konusunda önemli adımlar atmaktadır. Bu kapsamda AB, Birlik içerisinde yer alan ülkelerin toplam enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin belirli oranlarda kullanılması için hedefler oluşturmaktadır. Üye ülkeler bu hedeflere ulaşmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımların artırılması konusunda çeşitli teşvikler sunmaktadır.

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji konusunda önemli gelişmeler kaydeden AB-15 ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi üretimi ile ekonomik büyüme ilişkisi ekonometrik olarak panel veri analiz yöntemleri kullanılarak 1995-2019 dönemi için incelenmiştir. Çalışmada analiz için iki model

oluşturulmuş olup ilk modelde reel GSYH bağımlı değişken ve rüzgâr enerjisi üretimi bağımsız değişken iken ikinci modelde rüzgâr enerjisi üretimi bağımlı değişken ve reel GSYH bağımsız değişken olarak alınmıştır. Analiz için kurulan ilk modelde herhangi bir eşbütünleşme ilişkisi tespit edilememişken, ikinci modelde anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. İkinci modelin katsayı tahmin sonucuna göre uzun dönemde ekonomik büyüme rüzgâr enerjisi üretimini artırmaktadır. Diğer taraftan ilişkinin yönünün belirlenebilmesi için yapılan nedensellik testi analizi sonucuna göre ekonomik büyümeden rüzgâr enerjisi üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Yani AB-15 ülkeleri için koruma hipotezi geçerlidir. Bu sonuç Ocal ve Aslan (2013), Salim vd. (2014), Tiwari vd. (2015), Doğan (2016), Armeanu vd. (2017), Alper (2018), Erdoğan vd. (2018), Chen vd. (2019) ve Vural (2021) tarafından yapılan çalışmalarda ulaşılan sonuçları desteklemektedir. Özellikle Armeanu vd. (2017) tarafından yapılan ve AB-28 ülkelerinde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji üretimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit eden çalışma, hem veri seti hem de ulaşılan sonuç itibarıyla bu çalışmaya en yakın çalışma olarak dikkat çekmektedir.

Yenilenebilir enerji kullanımını ekonomik, sosyal, teknolojik ve çevresel açıdan birçok fayda sağlamaktadır. Bunlar; enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, enerji arz güvenliğinin tesis edilmesi, enerji sektöründe istihdamın artırılması, çevreyi kirleten sera gazı emisyonunun azaltılması ve yeşil teknolojilerin kullanılması ile bu alanda inovasyonun artırılması şeklinde sıralanabilir. Bu gibi nedenlerle yenilenebilir enerji kullanımının artırılması için birçok ülke hukuki, ekonomik ve teknolojik anlamda çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmada yapılan ekonometrik analiz sonucu elde edilen bulgulara göre, AB-15 ülkelerinin ekonomik büyümelerindeki artışlar bu ülkelerdeki rüzgâr enerjisi üretimini artırmaktadır. Dolayısıyla bu ülkelerde ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyen politikalar genel olarak yenilenebilir enerji üretiminin özel olarak rüzgâr enerjisi üretiminin artırılmasına yönelik izlenen politikaları desteklemektedir. Sonuç olarak AB-15 ülkelerinde ekonomik büyümenin rüzgâr enerjisi üretimini olumlu yönde etkileyerek enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasıyla enerji arz güvenliğinin sağlanmasına ve fosil yakıt kullanımının kısıtlanmasıyla sera gazı salınımının azaltılmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

## KAYNAKÇA

- Acaravcı, A. ve Erdoğan, S. (2018). Yenilenebilir enerji, çevre ve ekonomik büyüme ilişkisi: Seçilmiş ülkeler için ampirik bir analiz. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), 53–64.
- Alper, F. Ö. (2018). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: 1990-2017 Türkiye örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 223–242.
- Apergis, N. ve Danuletiu, D. (2014). Renewable energy and economic growth: Evidence from the sign of panel long-run causality. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 578–587.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2010a). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(1), 656–660.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2010b). Renewable energy consumption and growth in Eurasia. *Energy Economics*, 32(6), 1392–1397.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2011a). Renewable and non-renewable electricity consumption-growth nexus: Evidence from emerging market economies. *Applied Energy*, 88(12), 5226–5230.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2011b). The renewable energy consumption-growth nexus in Central America. *Applied Energy*, 88(1), 343–347.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 34(3), 733–738.
- Armeanu, D. Ş., Vintila, G. ve Gherghina, Ş. C. (2017). Does renewable energy drive sustainable economic growth? Multivariate panel data evidence for EU-28 countries. *Energies*, 10(3), 381.
- Bayraktar, Y. ve Kaya, H. İ. (2016). Yenilenebilir enerji politikaları ve rüzgâr enerjisi açısından bir karşılaştırma: Çin, Almanya ve Türkiye örneği. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2(4), 1–18.
- Birol, Y. E. (2019). *Avrupa Birliği enerji arz güvenliği politikası*. İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Birol, Y. E. (2021). Doğal gaz arz güvenliği açısından Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye üzerine karşılaştırmalı bir analiz. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 44, 451–467.
- Birol, Y. E. ve Demirgil, B. (2020a). Ekonomik özgürlükler ve ekonomik büyüme ilişkisi: BRICS ülkeleri üzerine ampirik bir çalışma. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3), 546–558.

- Biol, Y. E. ve Demirgil, B. (2020b). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi: Yükselen Asya ülkeleri üzerine panel veri analizi. H. Erkekoğlu ve K. H. Arıç (Eds.), *Yükselen Asya: Makro göstergeler, çevre, enerji, büyüme ilişkileri ve kalkınma deneyimleri* içinde (s. 85–102). Bursa: Ekin Yayınevi.
- Breusch, T. ve Pagan, A. (1980). The lagrange multiplier test and its application to model specification in econometrics. *Review of Economic Studies*, 47(1), 239–253.
- Bulut, U. ve Muratoğlu, G. (2018). Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus. *Energy Policy*, 123, 240–250.
- Chen, Y., Wang, Z. ve Zhong, Z. (2019). CO<sub>2</sub> emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*, 131, 208–216.
- Çakır, M. T. (2010). Türkiye'nin rüzgâr Enerji potansiyeli ve AB ülkeleri içindeki yeri. *Politeknik Dergisi*, 13(4), 287–293.
- Çelikkaya, A. (2018). Dünyada yenilenebilir enerji yatırımlarına sağlanan vergi teşviklerinin değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(1), 357–384.
- Çınar, S. ve Yılmaz, M. (2015). Yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicileri ve ekonomik büyüme ilişkisi: Gelişmekte olan ülkeler örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 30(1), 55–78.
- Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H. (2008). Enerji sorunu, çevre ve alternatif enerji kaynakları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20, 257–278.
- Demirgil, B. ve Biol, Y. E. (2020). Yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye için bir Toda-Yamamoto nedensellik analizi. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 68–83.
- Doğan, E. (2015). The relationship between economic growth and electricity consumption from renewable and non-renewable sources: A study of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 534–546.
- Doğan, E. (2016). Analyzing the linkage between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth by considering structural break in time-series data. *Renewable Energy*, 99, 1126–1136.
- Doğan, E. ve Doğan, B. Ö. (2020). Does wind energy affect economic growth in developing countries?. *Journal of Statistics and Applied Sciences*, 1(2), 99–106.

- Dumitrescu, E. I. ve Hurlin, C. (2012). Testing for granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modeling*, 29(4), 1450–1460.
- Durğun, B. ve Durğun, F. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *International Review of Economics and Management*, 6(1), 1–27.
- Eberhardt, M. ve Bond, S. (2009). *Cross-section dependence in nonstationary panel models: A novel estimator*. MPRA Paper 17692, University Library of Munich.
- Eberhardt, M. ve Teal, F. (2010). *Productivity analysis in global manufacturing production*. Discussion Paper 515, Department of Economics, University of Oxford.
- Erdoğan, S., Dücan, E., Şentürk, M. ve Şentürk, A. (2018). Türkiye’de yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik büyüme ilişkisi üzerine ampirik bulgular. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(2), 233–246.
- Fotourehchi, Z. (2017). Renewable energy consumption and economic growth: A case study for developing countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(2), 61–64.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, 53, 58–63.
- Karagöl, E. T. ve Kavaz, İ. (2017). *Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji*. SETA Analiz (197), İstanbul: Turkuaz Haberleşme ve Yayıncılık.
- Keskin, M. H. ve Güleren, K. M. (2013). Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti’ndeki rüzgâr enerjisi üretiminin güncel bir analizi. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 57–68.
- Kılıç, N. (2009). Dünyanın önemli doğal kaynağı: Rüzgar enerjisi. *İzmir Ticaret Odası Ar&Ge Bülten*, 17–23.
- Koç, Ü. ve Apaydın, Ş. (2020). İktisadi büyüme ve rüzgar enerjisi: Seçilmiş G-20 ülkeleri için bir analiz. *Fiscaoeconomia*, 4(3), 595–612.
- Marinaş, M. C., Dinu, M., Socol, A. G. ve Socol, C. (2018). Renewable energy consumption and economic growth. Causality relationship in Central and Eastern European countries. *Plos One*, 13(10), 1–29.
- Ntanos, S., Skordoulis, M., Kyriakopoulos, G., Arabatzis, G., Chalikias, M., Galatsidas, S., Batzios, A. ve Katsarou, A. (2018). Renewable energy and economic growth: Evidence from European countries. *Sustainability*, 10, 1–13.
- Ocal, O. ve Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption-economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494–499.

- Oskay, C. (2014). Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde rüzgâr enerjisinin önemi ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi yatırımlarına yönelik teşvikler. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7(1), 76–94.
- Özbek, R. ve Apaydın, Ş. (2020). The role of renewable energy generation in sustainable economic growth: The case of Turkey. *Fiscaoeconomia*, 4(3), 554–567.
- Özşahin, Ş., Mucuk, M. ve Gerçekler, M. (2016). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: BRICS-T ülkeleri üzerine panel ARDL analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 111–130.
- Pesaran, M. H. (2004). *General diagnostic tests for cross section dependence in panels*. Cambridge Working Papers in Economics No. 0435, Faculty of Economics, University of Cambridge.
- 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.
- Pesaran, M. H., Ullah, A. ve Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *Econometrics Journal*, 11(1), 105–127.
- Pesaran, M. H. ve Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50–93.
- REN21 (2016). *Renewables 2016 global status report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Erişim adresi [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21\\_GSR2016\\_FullReport\\_en\\_11.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf)
- Saidi, K. ve Mbarek, M. B. (2016). Nuclear energy, renewable energy, CO<sub>2</sub> emissions, and economic growth for nine developed countries: Evidence from panel Granger causality tests. *Progress in Nuclear Energy*, 88, 364–374.
- Salim, R. A., Hassan, K. ve Shafiei, S. (2014). Renewable and non-renewable energy consumption and economic activities: Further evidence from OECD countries. *Energy Economics*, 44, 350–360.
- Sebri, M. ve Ben-Salha, O. (2014). On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 14–23.
- Soava, G., Mehedintu, A., Sterpu, M. ve Raduteanu, M. (2018). Impact of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from European Union countries. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(3), 914–932.

- Tiwari, A. K., Apergis, N. ve Olayeni, O. R. (2015). Renewable and nonrenewable energy production and economic growth in sub-Saharan Africa: A hidden cointegration analysis. *Applied Economics*, 47(9), 861–882.
- Tugcu, C. T., Ozturk, I. ve Aslan, A. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries. *Energy Economics*, 34(6), 1942–1950.
- Vural, G. (2021). Analyzing the impacts of economic growth, pollution, technological innovation and trade on renewable energy production in selected Latin American countries. *Renewable Energy*, 171, 210–216.
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709–748.
- Yelmen, B. ve Çakır, M. T. (2011). *Yeşil enerji kaynakları ve teknolojileri*. II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, İzmir.
- Yıldırım, E., Saraç, Ş. ve Aslan, A. (2012). Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(9), 6770–6774.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33–54.

