

Yayın Geliş Tarihi: 08.02.2021

Yayın Onay Tarihi: 24.06.2021

DOI No: 10.35343/kosbed.876445

Tuğba KOYUNCU •

Mustafa Kemal BEŞER **

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Sağlanan Elektrik Enerjisi Üretimi ve Ekonomik Büyüme ile İlişkisi: Yüksek Emisyon Etkili Mi?¹

*The Relationship Between Electric Energy Produced
From Renewable Energy Sources and Economic Growth:
Does Higher Emission Affect?*

Özet

Geleneksel enerji kaynaklarının rezervlerinin sınırlı olması ve çevre üzerinde olumsuz etkilere yol açması nedeniyle günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına oldukça önem verilmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı 1990'lı yıllardan itibaren birçok araştırmacının çalışma alanı olmuştur. Bu çalışmanın amacı dünyada diğerlerine göre en yüksek karbondioksit salınımı yapan beş ülkenin (Çin, Hindistan, ABD, Japonya, Rusya) 1990-2015 dönemi için yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkisini belirlemektir. Ampirik bulgular yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi ile gayrisafi yurtiçi hasıla arasında Hindistan ve Rusya'da yansızlık hipotezinin geçerli olduğunu desteklemektedir. Sonuçlar Çin ve Japonya'da koruma hipotezinin geçerli olduğunu, ABD'de ise geribildirim hipotezinin geçerli olduğunu kanıtlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Büyüme, Yenilenebilir Enerji, Nedensellik Analizi

Jel Kodları: C12, Q01, Q42, Q48

Abstract

Due to the limited reserves of traditional energy resources and their negative effects on the environment, the use of renewable energy resources is highly important today. For this reason, the use of renewable energy resources has been the field of study for many researchers since the 1990s. The aim of this study is to determine the causal relationship between the electric energy produced from renewable energy sources and economic growth for the period 1990-2015 top five countries (China, India, USA, Japan, Russia) which emit highest carbon dioxide among others. Empirical findings support that the neutrality hypothesis is valid in India and Russia between electrical energy generated from renewable energy sources and gross domestic product. The results prove that the conservation hypothesis is valid in China and Japan, and the feedback hypothesis is valid in the USA.

• Arş. Gör., İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İYBF, Havacılık Yönetimi Bölümü, ORCID: 0000-0002-2721-1313, e-mail: tugbakoyuncu@esenyurt.edu.tr

** Prof. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, ORCID: 0000-0002-9988-1965 e-mail: mkbaser@ogu.edu.tr

¹ EconTR2020 katılımcılarına katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Keywords: Economic Growth, Renewable Energy, Causality

Jel Codes: C12, Q01, Q42, Q48

Giriş

Enerji tüketimi tarih boyunca insan hayatında önemli bir yere sahip olmuştur. Sanayi Devrimi ile birlikte toplumların kalkınmasında itici gücü olarak yer almıştır. Ancak son yıllarda yenilenemeyen enerji kaynaklarının (petrol, doğal gaz, kömür vb.) çevre üzerinde olumsuz ve kalıcı etkilere yol açmasının yanında rezervlerinin sınırlı ve tükenebilir olması dikkatleri yenilenebilir enerji kaynaklarına çekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerji tüketimi, küresel ısınma ve sera gazı emisyonlarının çevreye verdiği zararlar nedeniyle “temiz enerji” olarak dünyada enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Özellikle petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtların rezervlerinin sınırlı olması ve bu enerji kaynaklarının kullanımları sırasında atmosfere yayılan CO_2 gazının hava kirliliğine neden olması yenilenebilir enerji kullanımının önemini oldukça artırmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi, biyo-kütle ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem sürdürülebilir enerji potansiyeli sağlamakta hem de çevre kirliliğini azaltıcı bir unsur olmaktadır.

Bilindiği üzere enerji tüketimi ve ekonomik büyüme değişkenleri arasındaki nedensel ilişki yönüne göre dört temel hipotez yer almaktadır. Büyüme Hipotezi yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğuna işaret etmektedir. Bu hipoteze göre, enerji tüketimindeki artışın ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olurken söz konusu enerjinin tüketiminin kısıtlanması durumunda ekonomik büyüme olumsuz etkilenmektedir. Koruma Hipotezinde ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusu iken Geribildirim Hipotezinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı kabul edilmektedir. Bu hipoteze göre enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin bir birlerini karşılıklı olarak beslediği, yani ekonomik büyümedeki artışların enerji tüketimini artırdığı ve enerji tüketimindeki artışların da ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği varsayılmaktadır. Yansızlık Hipotezinde ise her iki değişken arasında her hangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı kabul edilmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı belirtilen dört hipotezi yenilenebilir enerji kullanımı bağlamında test etmektir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada, dünyada CO_2 salınım oranları en yüksek olan beş ülke (Çin, ABD, Hindistan, Rusya, Japonya) incelenmiştir (Global Karbon Atlas, 2019). Yenilenebilir enerjiden sağlanan elektrik enerjisi üretimi ve ekonomik büyüme ilişkisi dört temel hipotez kapsamında panel veri analizi yöntemi ile test edilmiştir. Çin, ABD, Hindistan, Rusya ve Japonya gibi dünyada en çok CO_2 salınımı yapan ülkelerin ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi ilişkisinin incelenmesi bakımından çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı

düşünülmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme ilişkisinin çeşitli iktisadi hipotezler kapsamında, detaylı olarak gruplandırılması açısından da ileride yapılacak olan diğer çalışmalara kaynaklık edeceği öngörülmektedir.

Bu çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır. Konunun öneminin ve çalışmanın amacının kısaca aktarıldığı giriş bölümünün ardından ikinci bölümde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile ilgili detaylı literatür araştırması Büyüme Hipotezi, Koruma Hipotezi, Geribildirim Hipotezi ve Yansızlık Hipotezi gibi dört temel hipotez bağlamında ele alınmıştır. Üçüncü bölümde metodoloji ve veri seti, dördüncü bölümde ampirik bulgular ve beşinci bölümde sonuç kısmı yer almaktadır.

1. Literatür

Ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar bu iki değişken arasındaki nedensel ilişkinin yönlerine işaret eden büyüme, koruma, geribildirim ve yansızlık hipotezleri bağlamında sınıflandırılmıştır. Büyüme Hipotezine göre yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensel ilişkinin varlığı geçerlidir dolayısıyla yenilenebilir enerji tüketimindeki ve üretimindeki artışlar ekonomik büyüme üzerinde hızlandırıcı bir etki oluşturmaktadır. Ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi pozitif etkilediğini öngören Koruma Hipotezine göre ise ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır. Dolayısıyla bu hipoteze göre ekonomik büyümedeki artışlar yenilenebilir enerji üretimini ve tüketimini artırabilmektedir. Ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü ilişkinin varlığına işaret eden, geribildirim hipotezinin geçerli olduğuna dair bulgular elde eden çalışmalarda ise yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin birbirini karşılıklı olarak pozitif yönde etkilediği belirtilmektedir. Yansızlık Hipotezinin yer aldığı çalışmalarda yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensel ilişkinin olmadığına işaret edilmektedir. Literatürde enerji tüketimi ve ekonomik büyümeyi inceleyen çok sayıda çalışma olduğu için büyüme, koruma, geribildirim ve yansızlık hipotezini çalışmanın temel amacı dikkate alınarak sadece yenilenebilir enerji ve ekonomik büyümeyi esas alan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar Tablo 1’de ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar olarak yer almaktadır.

Tablo 1: Ekonomik Büyüme ve Yenilenebilir Enerji İlişkisini İnceleyen Çalışmaların Özeti

Yazar(lar)	Dönem	Ülke(ler)	Metodoloji	Bulgu
Yu ve Choi(1985)	1950-1976	Filipinler	Granger Nedensellik	Büyüme
Glasure ve Lee(1998)	1961-1990	Singapur	Nedensellik	Büyüme
Fang(2011)	1978-2008	Çin	OLS	Büyüme
İbrahiem (2015)	1980-2011	Mısır	ARDL, Nedensellik	Büyüme
Aslan ve Öcal (2016)	1990-2009	Bulgaristan	Asimetrik	Büyüme
Amri(2016)	1980-2012	Cezayir	ARDL, Nedensellik	Büyüme
Destek ve Aslan(2017)	1980-2012	Peru	Hatemi-J	Büyüme
Hacıoğlu ve Ketenci (2018)	1980-2015	AB	ARDL	Büyüme
Tuğcu ve Topçu(2019)	1980-2012	ABD	Asimetrik	Büyüme
Papiez vd. (2019)	1995-2015	AB	PanelVAR, Nedensellik	Büyüme

Yazar(lar)	Dönem	Ülke(ler)	Metodoloji	Bulgu
Özcan ve Öztürk(2019)	1990-2016	16 GO ülke	Bootstrap Nedensellik	Büyüme
Charfeddine Khaia(2019)	1980-2015	MENA	Panel Nedensellik	Büyüme
Destek ve Sinha (2020)	1980-2014	OECD	FMOLS,DOLS	Büyüme
Fan ve Hao (2020)	2000-2015	Çin	VECM Nedensellik	Büyüme
Yu ve Choi(1985)	1950-1976	Endonezya	Nedensellik	Koruma
Sarı vd.(2008)	2001-2005	ABD	ARDL Sınır Testi	Koruma
Sadorsky(2009)	1960-2003	18 GOÜlke	Panel Nedensellik	Koruma
Mahmoodi ve Mahmoodi (2011)	1985-2007	Hindistan,İran,Pakistan,Suriye	Toda-Yamamoto Nedensellik	Koruma
Menegaki(2011)	1997-2017	27 Avrupa Ülkeleri	Panel Nedensellik	Koruma
Cerdeira ve Moutinho (2016)	1960-2011	İtalya	Toda-Yamamoto Nedensellik	Koruma
Mutascu (2016)	1970-2016	Fransa, Almanya	Panel Nedensellik	Koruma
Aslan ve Ocal (2016)	1990-2009	Çek Cumhuriyeti	Hatemi-J Nedensellik	Koruma
Shahbaz vd.(2016)	1991-2015	BRİCS	VECM Nedensellik	Koruma
Kesbic ve Er (2017)	2004-2014	AB,Türkiye	Panel Nedensellik	Koruma
Destek ve Aslan(2017)	1980-2012	Kolombiya,Tayland	Hatemi-J Nedensellik	Koruma
Dong vd.(2018)	1990-2014	Orta Doğu	Panel Nedensellik	Koruma
Liu ve Hao (2018)	1970-2013	Enerji İthal Eden	Panel Nedensellik	Koruma
Silva vd.(2018)	1990-2014	17 Sahra Altı Afrika	ARDL	Koruma
Tuçcu ve Topçu(2018)	1980-2012	İngiltere	Asimetrik	Koruma
Chen vd.(2019)	1980-2014	Çin	VECM Nedensellik	Koruma
Ahmadov vd Borg (2019)	1997-2015	AB	OLS	Koruma
Erdogan vd.(2018)	1988-2015	Türkiye	VECM Nedensellik	Koruma
Apergis ve Payne(2010)	1985-2005	OECD	Panel Nedensellik	Geribildiri
Apergis vd.(2010)	1984-2007	GO,G Ülkeler	Panel Nedensellik	Geribildiri
Mahmoodi ve Mahmoodi (2011)	1985-2007	Bangladeş,Ürdün	Toda-Yamamoto Nedensellik	Geribildiri
Sebri ve Ben-Selha(2014)	1980-2015	BRİCS	VECM Nedensellik	Geribildiri
Chang vd.(2015)	1990-2011	G-7	Panel Nedensellik	Geribildiri
Mutascu (2016)	1970-2012	Kanada,ABD,Jaonya	Nedensellik	Geribildiri
Oncel vd.(2017)	1995-2005	OECD	Panel Nedensellik	Geribildiri
Destek ve Aslan(2017)	1980-2012	Yunanistan, Güney Kore	Hatemi-J Nedensellik	Geribildiri
Dong vd.(2018)	1990-2014	Avrupa Avrasya	Panel Nedensellik	Geribildiri
Liu ve Hao (2018)	1970-2013	Enerji İhraç Eden	Panel Nedensellik	Geribildiri
Adams vd.(2018)	1980-2012	30 Orta Afrika	DOLS,FMOLS,Nedensellik	Geribildiri
Tuçcu ve Topçu(2018)	1980-2012	Kanada,Fransa, Almanya,İtalya	Asimetrik Nedensellik	Geribildiri
Luqman vd.(2019)	1990-2016	Pakistan	ARDL	Geribildiri
Qiao vd.(2019)	1990-2014	Gelişmiş Ülkeler	VECM Nedensellik	Geribildiri
Alola (2019)	1997-2014	16 AB	D-H Nedensellik	Geribildiri
Eren vd.(2019)	1971-2015	Hindistan	DOLS,Granger Nedensellik	Geribildiri
Yu ve Choi(1985)	1950-1976	Malezya	Nedensellik	Yansızlık
Mutascu (2016)	1970-2012	İngiltere,İtalya	Panel Nedensellik	Yansızlık
Aslan ve Ocal (2016)	1990-2009	Kıbrıs,Estonya,Macaristan,Polonya,Sloveya	Asimetrik Nedensellik	Yansızlık
Destek ve Aslan(2017)	1980-2012	Hindistan	Panel Nedensellik	Yansızlık
Dong vd.(2018)	1990-2014	Pasifik Asya	Panel Nedensellik	Yansızlık
Wang vd.(2018)	1990-2014	Pakistan	VECM Nedensellik	Yansızlık
Bulut Muratoglu(2018)	1990-2015	Türkiye	Nedensellik	Yansızlık
Qiao vd.(2019)	1990-2014	GO ülkeler	VECM Nedensellik	Yansızlık

Tablo 1’de literatürde yer alan yenilenebilir ve ekonomik büyüme arasındaki çalışmalar incelendiğinde genel olarak gelişmiş ülkelerde büyüme hipotezi veya geribildirim hipotezinin etkin olduğu sonucuna ulaşıırken, gelişmekte olan ülkelerde koruma hipotezinin etkin olduğu tespit edilmiştir. Enerji ithal eden ülkelerde ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimini artırdığı koruma hipotezinin etkin olduğu gözlemlenirken, enerji ihraç eden ülkelerde yenilenebilir enerji ile ekonomik büyümenin birbirini etkilediği geribildirim hipotezinin etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Liu ve Hao, 2018).

Dünyada en çok karbondioksit salınımı yapan beş ülke üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ise Hindistan için Sebri ve Ben-Selha (2014) ve Eren vd.(2019) çalışmaları sonucunda geribildirim hipotezini desteklenirken Sadorsky (2009), Mahmoodi ve Mahmoodi (2011) koruma hipotezini desteklendiğini, Destek ve Aslan (2017) ise Hindistan’da yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki olmadığını öngören yansızlık hipotezinin etkin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Çin için Fang (2011), Fan(2020), Özcan ve Öztürk(2019) büyüme hipotezinin etkin olduğu; Sadorsky (2009), Chen vd.(2019) koruma hipotezinin etkin olduğu sonucuna ulaşmıştır. ABD için yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında Tuğcu ve Topçu (2018) büyüme hipotezinin, Sarı (2008) koruma hipotezi ve Mutascu (2016), Chang vd.(2015) geribildirim hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Mutascu (2016), Chang vd.(2015) çalışmalarında Japonya’da geribildirim hipotezinin etkin olduğunu, Sebri ve Ben-Selha (2014) ve Sadorsky (2009) Rusya’da sırasıyla geribildirim ve koruma hipotezlerinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Yenilenebilir enerjiden sağlanan elektrik enerjisi üretimi ile ekonomik büyümeyi inceleyen çalışmalarda Chen vd.(2019), Cerdeira ve Moutinho (2016), Ahmadov vd. Borg (2019), Erdogan vd.(2018) koruma hipotezinin etkin olduğu, Hacıoğlu ve Ketenci (2018) ise AB ülkelerinde büyüme hipotezinin desteklendiği sonucuna ulaşmıştır.

2. Veri Seti ve Metodoloji

Çalışmada dünyada en çok karbondioksit salınımı yapan beş ülke olan Çin, Hindistan, ABD, Japonya ve Rusya’nın 1990-2015 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Modelde seçilen dönem aralığı dünyada en çok karbondioksit salınımı yapan bu beş ülkeye ait verilerin ortak bir paydada toplanmasından kaynaklanmaktadır.

Literatürde yer alan çok sayıda çalışmada (Sadorsky, 2009; Apergis ve Payne, 2010; Menegaki, 2011; Mutascu, 2016; Koç ve Saidmurodov, 2018; Destek ve Sinha, 2020 gibi) ekonomik büyümeyi temsilen gayrisafi yurtiçi hasıla (GDP) değişkeni kullanılmıştır. Çalışmada incelenen her bir ülke için gayri safi yurtiçi hasıla (GDP), sabit sermaye oluşumu (CAP), toplam iş gücü (LBR) ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik enerjisi üretimi (PRNW) verileri Dünya Bankası resmi sitesinden elde edilmiştir. Çalışmada panel veri analizi yöntemi kullanılmış ve tüm değişkenlere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır.

Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki; Hacıoğlu ve Ketenci (2018), Adams vd.(2018), Luqman vd.(2019), Doğan (2015) ve Fang(2011) benzer çalışmalarda olduğu gibi Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun genişletilmesi ile oluşturulan model

aracılığıyla tahmin edilmiştir. Üretim faktörleri olarak sermaye (K) ve emek (L) girdileri kullanılarak çıktı elde edilen Cobb-Douglas üretim fonksiyonu şu şekildedir:

$$Y = A.K^{\beta_1}.L^{\beta_2}.e^{\varepsilon_t} \quad (1)$$

Model genişletilerek yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik enerjisi üretimi dahil edildiğinde ve her iki tarafın logaritması alınarak gerekli dönüşümler uygulandığında fonksiyon şu şekilde olacaktır:

$$\ln GDP = \beta_0 + \beta_1 \ln CAP + \beta_2 \ln LBR + \beta_3 \ln PRNW + \varepsilon_t \quad (2)$$

Denklem (2)'de ε_t hata terimini, $\beta_0 = \ln A_0$ sabit katsayısı, β_1 , β_2 ve β_3 sırasıyla GSYİH'nın sabit sermaye oluşumuna, toplam işgücüne ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik üretimine göre esnekliklerini vermektedir.

Denklem 2'de elde edilen modeli tahmin etmek için dört aşamalı strateji izlenmiştir. Birinci adımda serilerin durağanlık sınaması panel birim kök testleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir. İkinci adımda değişkenlerin panel eş-bütünleşme testleri ile eş bütünleşme ilişkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Üçüncü adımda panel FMOLS ve panel DOLS yöntemi ile uzun dönemli sapmasız katsayı tahminleri elde edilmiştir. Son adımda panel nedensellik testi ile yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi ve ekonomik büyüme arasında neden-sonuç ilişkisinin yönünün belirlenmesi amaçlanmaktadır.

3. Uygulama

Durağanlık, serilerin ortalamasının, varyansının ve kovaryansının zaman içinde sabit kaldığı, değişmediği durumu ifade etmektedir. Durağanlık sınaması çeşitli birim kök testleri yardımıyla test edilmektedir. Çalışmada ilk olarak dört farklı panel birim kök testi ile durağanlık sınaması gerçekleştirilmiştir. Durağanlık için Genişletilmiş Dickey Fuller-Fisher (ADF;1979,1981), Im Peseran ve Shin (IPS; 2003), Levin Lin ve Chu (LLC; 2002) panel birim kök testleri kullanılmıştır. Bu testlerin sınadığı hipotezlere göre H_0 hipotezi birim kökün var olduğunu, serilerin durağan olmadığını içerirken, H_1 (alternatif) hipotez birim kökün olmadığını yani serilerin durağan bir seyir izlediğini öngörmektedir.

Tablo 2: Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Panel Birim Kök Testi	Düzyer Veri				Birinci Fark			
	GDP	CAP	LBR	PRNW	DGDP	DCAP	DLBR	DPRNW
ADF-Fisher	6.708	8.406	18.885*	11.607	31.130**	26.730*	67.682**	23.657**
Im-Pesaran-Shin	1.033	0.013	-1.803	3.382	-3.489**	-2.970**	-7.584**	-2.674**
Levin-Lin-Chu	-1.874	-1.929	-1.421	-0.150	-2.056*	-1.400*	-7.578**	-1.882*

Not:*,** sırasıyla %5, %1 düzeyinde anlamlıdır. İdeal gecikme uzunluğu AIC, bant genişliği Newey-West yöntemine göre belirlenmiştir.

Tablo 2’de değişkenlerin hem seviye değerinde hem de birinci farkında birim kök test istatistikleri yer almaktadır. Sonuçlar düzey değişkenlerin test istatistikleri sıfır hipotezinin reddedilemeyeceğini ve dolayısıyla serilerin durağan olmadığını göstermektedir. Ancak birinci farkları alındığında sıfır hipotezi reddedilmekte ve değişkenlerin birinci farkta durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Denklemler 2’de belirtilen model bağlamında değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Kao (1999) panel eşbütünlük testi kullanılarak tespit edilmiştir. Eşbütünlük testlerinde sıfır hipotezi eşbütünlüğün olmadığına işaret ederken alternatif hipotez ise eşbütünlüğün olduğuna, diğer bir ifade ile değişkenler arasında belirli bir uzun dönemli ilişkinin varlığına işaret etmektedir.

Tablo 3: Panel Eş-bütünlük Testi Sonuçları

Kao Eşbütünlük Testi	t-İstatistik	Olasılık Değ.	Atıkların Varyansı	HAC Varyansı
	-3.050893	0.0011	0.002401	0.003503

Not: HAC; Newey-West işlemcisine ait bir operatördür. İdeal gecikme uzunluğu AIC, bant genişliği Newey-West yöntemine göre belirlenmiştir.

Tablo 3’de yer verilen bulgulara göre Kao test istatistiği ret bölgesinde yer almaktadır. Eşbütünlüğün olmadığına işaret eden sıfır hipotezinin reddedilmesi sabit sermaye oluşumu, işgücü ve yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin milli gelir ile uzun dönemli dengesinin var olabileceğine işaret etmektedir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki ve sapmasız katsayı tahmini panel FMOLS ve DOLS yöntemleri ile analiz edilmiştir. Pedroni (2000) tarafından geliştirilen FMOLS yönteminde otokorelasyon, değişen varyans ve içsellik gibi sorunlar kaynaklanan sapmalar ortadan kaldırılarak sapmasız katsayı sonuçları elde edilirken, DOLS yönteminde ise modele dinamik unsurlar da dahil edilerek statik regresyondaki içsellik sorunundan kaynaklanacak sapmalar da düzeltilmektedir. Tablo 4’de Denklem 2 için FMOLS ve DOLS sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4: Panel FMOLS ve DOLS Sonuçları

Değişkenler	FMOLS				DOLS			
	Kat Sayı	St. Hata	t-ist.	Kuyruk Olasılığı	Kat Sayı	St. Hata	t-ist.	Kuyruk Olasılığı
lnCAP	0.119	0.010	11.080	0.00	0.163	0.050	3.233	0.0021
lnLBR	2.286	0.192	11.860	0.00	1.443	0.528	2.731	0.0086
lnPRNW	0.045	0.006	6.786	0.00	0.059	0.018	3.179	0.0025
$R^2: 0.999064$				$R^2: 0.999804$				

Not: Modelde GDP (GSYİH) bağımlı değişken olarak yer almaktadır.

FMOLS yöntemi sonuçlarına göre bağımlı değişken olan gayri safi yurtiçi hasılanın sabit sermaye oluşumu, iş gücü ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik enerjisi üretimi tarafından açıklanma gücü %99’dur. Olasılık değerinin 0.05’ten küçük olması tüm değişkenlerin katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu

göstermektedir. Sabit sermaye oluşumundaki %1'lik değişimin GSYİH'da dolayısıyla ekonomik büyüme üzerinde yaklaşık %0.12'lik, iş gücünün ise yaklaşık %2.29'luk pozitif bir etki oluşturacağı tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisindeki %1'lik artışın GSYİH üzerinde söz konusu ülke grubunda yaklaşık %0.04'lük pozitif bir etkiye neden olacağı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu etki çok düşük olsa da iktisadi beklentiler yönünde temel hipotezi destekler niteliktedir. DOLS sonuçlarına göre ise FMOLS sonuçlarına benzer olarak istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif katsayılar tespit edilmekle birlikte modele dinamik unsurlarında dahil edilmesiyle değişkenlerin bağımlı değişken olan GSYİH üzerindeki etkileri daha düşük düzeydedir.

Nedensellik analizi ile iki değişken arasındaki sebep sonuç ilişkisi incelenerek, bu ilişkinin yönü tespit edilmektedir. Literatüre ilk kez Granger (1969) tarafından kazandırılan nedensellik analizine göre bir X değişkeninin değeri, Y değişkeninin bir önceki dönem verileri ile tahmin edilebilmesi durumunda Y değişkeninden X değişkenine doğru bir Granger nedensellik olduğu ifade edilmektedir (Charemza ve Deadman, 1993). Bu çalışmada Pairwise Panel Granger Nedensellik analizi ile değişkenler arasındaki ilişki araştırılmıştır. Tablo 5'te bu analize ait sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 5: Pairwise Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezi	Panel	Hindistan	Çin	Japonya	ABD	Rusya
CAP \nrightarrow GDP	0.0183*	0.0317**	0.7036	0.9330	0.3323	0.0943***
GDP \nrightarrow CAP	0.0000*	0.0170**	0.0125**	0.1301	0.7935	0.3253
LBR \nrightarrow GDP	0.0804***	0.2128	0.9182	0.9763	0.5403	0.1657
GDP \nrightarrow LBR	0.1612	0.1971	0.9727	0.0039*	0.1755	0.0219**
PRNW \nrightarrow GDP	0.7415	0.2885	0.3070	0.9895	0.0281**	0.6788
GDP \nrightarrow PRNW	0.0021*	0.3844	0.0412**	0.0165**	0.0010*	0.6987
CAP \nrightarrow LBR	0.5651	0.3315	0.9723	0.4448	0.0201**	0.0363**
LBR \nrightarrow CAP	0.0000*	0.0941***	0.5416	0.8356	0.3309	0.3896
CAP \nrightarrow PRNW	0.4968	0.6444	0.1814	0.5705	0.0844***	0.2658
PRNW \nrightarrow CAP	0.2865	0.8742	0.2232	0.6599	0.1885	0.7874
LBR \nrightarrow PRNW	0.0127**	0.9377	0.4529	0.9284	0.0008*	0.4037
PRNW \nrightarrow LBR	0.1781	0.8721	0.4808	0.9953	0.0201**	0.5185
<i>Geçerli Hipotezler</i>	<i>Koruma Hipotezi</i>	<i>Yansızlık Hipotezi</i>	<i>Koruma Hipotezi</i>	<i>Koruma Hipotezi</i>	<i>Geribildirim Hipotezi</i>	<i>Yansızlık Hipotezi</i>

Not: *, **, *** sırasıyla %1, %5, %10 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 5'te yer alan sonuçlara göre olasılık değerinin 0.05'ten küçük olması durumunda nedenselliğin olmadığını içeren reddedilir. Panelde sabit sermaye oluşumu ve ekonomik büyümeyi temsil eden GSYİH arasında çift yönlü bir nedensellik tespit edilirken iş gücünden ekonomik büyümeye ve ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü bir nedensellik bulgusuna ulaşılmıştır. Ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü bir nedensellik olması söz konusu ülke grubu için koruma hipotezinin geçerli olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla ekonomik büyümedeki değişmelerin yenilenebilir enerji üzerinde etkili olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Değişkenlerin beş ülke için ilişkisi incelendiğinde ise Hindistan'da Destek ve Aslan (2017) gibi benzer olarak ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasında yansızlık hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir. Çin için Chen vd.(2019), Sadorsky (2009) ve Shahbaz vd.(2016) gibi benzer sonuçlar elde edilerek koruma hipotezinin geçerli olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Japonya için Apergis ve Payne (2010), Chang vd.(2015) ve Mutascu (2016) gibi çalışmaların desteklediği geribildirim hipotezinin aksine söz konusu dönemde ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasında koruma hipotezinin geçerli olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Ampirik sonuçlar Rusya'da yansızlık hipotezinin geçerliliğini doğrularken, ABD'de Apergis ve Payne (2010), Qiao vd. (2019), Mutascu (2016) ve Chang vd. (2015) gibi geribildirim hipotezini desteklemektedir.

Sonuç

Bu çalışmada Çin, Hindistan, ABD, Japonya ve Rusya'da 1990-2015 dönemi için yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki araştırılmıştır. İlk olarak panel birim kök testleri ile serilerin durağanlık sınaması gerçekleştirilmiş ve tüm değişkenlerin birinci farkında durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra panel eş-bütünleşme testi ile değişkenler arasındaki ilişki incelenmiş ve söz konusu değişkenlerin eşbütünleşik olduğu tespit edilmiştir. Modelin uzun dönemli katsayı tahmini sonuçlarına göre Çin, Hindistan, ABD, Japonya ve Rusya'da sabit sermaye oluşumundaki %1'lik artışın ekonomik büyüme üzerinde yaklaşık %0.12'lik artışa neden olacağı tespit edilmiştir. Yine bu sonuçlara göre söz konusu ülkelerde iş gücündeki ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi üretimindeki %1'lik artışın ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek için uygulanan Granger Nedensellik analizi sonuçlarına göre tüm ülkelerin dahil olduğu panel grupta koruma hipotezinin geçerliliğini doğrular nitelikte bulgular elde edilmiştir. Bu durum ekonomik büyümedeki artışların, yenilenebilir enerjiden sağlanan elektrik enerjisi üretiminde artışlara neden olacağını ifade etmektedir. Dolayısıyla Çin, Hindistan, ABD, Japonya ve Rusya'da yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin kısıtlanmasına yönelik politikaların ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etki oluşturmayacağı ayrıca ekonomik büyümedeki artışların yenilenebilir enerjiden sağlanan elektrik enerjisi üretimini artıracığı düşünülmektedir.

Her ülke için ayrı olarak nedensellik analizi sonuçları ise Hindistan ve Rusya için Destek ve Aslan (2017); Qiao vd. (2019) çalışmalarına paralel olarak yansızlık hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Söz konusu iki ülke için yenilenebilir enerji

kaynaklarından sağlanan elektrik enerjisi üretimine yönelik uygulanan kısıtlayıcı veya genişletici politikaların ekonomik büyüme üzerinde doğrudan herhangi bir etkisinin bulunmadığı düşünülmektedir. Ülkelerin ekonomik yapısına ve buldukları ekonomik gelişim evresine bağlı olarak bu durumun temel nedeni değişmekle birlikte genel olarak maliyetlerin GSYİH içerisinde payının çok düşük bir oran olmasından dolayı kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Literatüre benzer olarak Chen vd. (2019); Sadorsky (2009); Shahbaz vd. (2016) Japonya ve Çin’de ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu öngören koruma hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuçlar Japonya ve Çin’de yenilenebilir enerjiye yönelik kısıtlayıcı politikaların ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etki oluşturmayacağını göstermektedir. Ayrıca bu ülkelerde, GSYİH’deki dolayısıyla ekonomik büyümedeki artışın yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerji üretimini artırması ve kaynakların yenilenebilir enerji üretimine doğru transfer edilmesinin temiz ve sürdürülebilir enerji arzını sağlayacağı tahmin edilmektedir. ABD’inde ise Apergis ve Payne (2010); Qiao vd. (2019); Mutascu (2016); Chang vd. (2015) çalışmalarına paralel olarak ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik enerjisi üretimi arasında çift yönlü bir nedenselliğin olduğunu içeren geribildirim hipotezinin geçerli olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik enerjisi üretimi ile ekonomik büyümenin birbirini karşılıklı olarak beslediğini savunan bu hipotezden yola çıkarak, ABD’de politika yapıcılarının karar alırken yenilenebilir enerjiden sağlanan elektrik enerjisi üretimini artırmaya yönelik politikaların ekonomik büyüme üzerinde doğrudan ve olumsuz olmayan etkisini düşünerek karar alması önerilmektedir. Ayrıca ekonomik büyümedeki artışların da yenilenebilir enerjiden sağlanan elektrik enerjisi üretimindeki etkisi göz önünde bulundurularak kaynakların daha temiz ve sürdürülebilir enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji üretimine doğru tahsis edilmesi gerekmektedir.

Sonuçlar yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Modelde uzun dönemli katsayıların istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif olduğu bulgusuna ulaşılması, dünyada en çok karbondioksit salınımı yapan bu beş ülkede kaynakların daha temiz ve sürdürülebilir enerji arzının sağlandığı yenilenebilir enerjiye doğru tahsis edilmesinin ekonomik büyümeyi pozitif etkileyeceğini göstermektedir.

Kaynakça

- Adams, S., Edem K. Klobodu ve Alfred Apio (2018). Renewable and non-renewable energy, regime type and economic growth. *Renewable Energy*(125), 755-767.
- Ahmadov, Anar K. ve Carlotte Borg (2019). Do natural resources impede renewable energy production in the EU: A mixed-methods analysis. *Energy Policy*(126), 361-369.

- Alola, Andrew A., Fetus V. Bekun ve S. A. Sarkodie (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *Science of the Total Environment*(685), 702-709.
- Amri, Fethi (2016). The relationship amongst energy consumption, foreign direct investment and output in developed and developing Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(64), 694-702.
- Apergis, Nicholas ve James E. Payne (2010). Renewable energy consumption and economic growth Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*(38), 656-660.
- Apergis, Nicholas, James E. Payne, Kojo Menyah ve Yemane Wolde-Rufael (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*(69), 2255-2260.
- Aslan, Alper ve Oğuz Öcal (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(60), 953-959.
- Bulut, Umit ve Gönül Muratoğlu (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.
- Cerdeira, Joao P. ve Victor Moutinho (2016). CO2 emissions, non-renewable and renewable electricity production, economic growth, and international trade in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(55), 142-155.
- Chang, T., R. Gupta, R. Inglesi-Lotz, B. D. Simo-Kengne, D. Smithers ve A. Trembling (2015). Renewable energy and growth : evidence from heterogeneous panel of G7 countries using Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(52), 1405-1412.
- Charemza, Wojciech ve Derek F. Deadman (1993). *New directions in econometric practice*. United Kingdom: Edward Elgar.
- Charfeddine, Lanouar ve Montassar Kahia (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO2 emissions and economic growth in the MENA region: A panel vector autoregressive (PVAR) analysis. *Renewable Energy*, 138(C), 198-213.
- Chen, Yulong, Zeng Wang ve Zhangqi Zhang (2019). CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*(131), 208-216.

- Destek, Mehmet A., ve Alper Aslan (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*(111), 757-763.
- Destek, Mehmet A., ve Avek Sinha (2020). Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: Evidence from organisation for economic Co-operation and development countries. *Journal of Cleaner Production*(242), 118537.
- Dickey, D., ve W. A. Fuller (1979). Distribution of the estimators of autoregressive time series with a unit root. *Journal of The American Statistical Association*(74), 427-431.
- Dickey, D., ve W. A. Fuller (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*(49), 1057-1072.
- Doğan, Eyüp (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.
- Dong, K., G. Hochman, Y. Zhang, R. Sun, H. Li, ve H. Liao (2018). CO2 emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*(75), 180-192.
- Erdoğan, S., E. Düzcan, M. Şentürk ve A. Şentürk (2018). Empirical results on renewable energy production and economic growth relations in Turkey. *Ömer Halis Demir University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 11(2), 233-246.
- Eren, B. M., K. K. Gokmenoglu ve N. Taşpınar (2019). The impact of financial development and economic growth on renewable energy consumption: Empirical analysis of India. *Science of the Total Environment*(663), 189-197.
- Fan, Weiyang ve Yu Hao (2020). An empirical research on the relationship amongst renewable energy consumption, economic growth and foreign direct investment in China. *Renewable Energy*(146), 598-609.
- Fang, Yiping (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: the China experience. *Renewable and sustainable energy Reviews*, 15(9), 5120-5128.
- Glasure, Yong U., ve Aie R. Lee (1998). Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and energy: The case of South Korea and Singapore. *Resource and Energy Economics*, 20(1), 17-25.
- Global Carbon Atlas (2019). Erişim Tarihi: 06.02.2021
<http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>.
- Granger, C. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.

- Halıcıoğlu, Ferda ve Ketenci, Natalya (2018). Output, renewable and non-renewable energy production, and international trade: Evidence from EU-15 countries. *Energy*(159), 995-1002.
- Ibrahiem, Dalia M. (2015). Renewable electricity consumption, foreign direct investment and economic growth in Egypt: An ARDL approach. *Procedia Economics and Finance*(30), 313-323.
- Im, K. S., M. H. Pesaran ve Y. Shin (2003). Testing for unit root in heterogeneous panels. *Journal Econometrics*(1), 53-74.
- Kao, Chihwa (1999). Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data. *Journal of Econometrics*(90), 1-44.
- Kesbic, C. Y., ve A. S. Er (2017). Renewable relationship between energy consumption and economic growth: A panel data analysis for the EU countries and Turkey. *Journal of Economic Policy Researches*, 4(2), 135-154.
- Koç, Selçuk ve Shukhrat Saidmurodov (2018). Orta Asya Ülkelerinde Elektrik Enerjisi, Doğrudan Yabancı Yatırımı ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Ege Akademik Bakış*. 18(2), 321-328.
- Levin, A., C. F. Lin, ve C.S. Chu (2002). Panel data: asymptotic and finite sample properties. *Journal Econometrics* 1, 1-24.
- Liu, Y., ve Y. Hao (2018). The dynamic links between CO2 emissions, energy consumption and economic development in the countries along "the Belt and Road". *Science of the Total Environment*(345), 674-683.
- Luqman, M., N. Ahmad ve K. Bakhsh (2019). Nuclear energy, renewable energy and economic growth in Pakistan Evidence from non-linear autoregressive distributed lag model. *Renewable Energy*(139), 1299-1309.
- Mahmoodi, Majid ve Elahe Mahmoodi (2011). Renewable Energy Consumption and Economic Growth: The Case of 7 Asian Developing Countries. *American Journal of Scientific Research*(35), 146-152.
- Menegaki, Angeliki N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics*, 33(2), 257-263.
- Mutascu, Mihai (2016). A bootstrap panel Granger causality analysis of energy consumption and economic growth in the G7 countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(63), 166-171.
- Öncel, A., M. Kırca ve V. İnal (2017). Relationship Between Electricity Consumption and Economic Growth: Time-varying Panel Causality Analysis for OECD Countries. *Journal of Finance July-December*(178), 398-420.

- Özcan, B., ve İ. Öztürk (2019). Renewable energy consumption-economic growth nexus in emerging countries: A bootstrap panel causality test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104(C), 30-37.
- Papież, M., S. Smiech ve K. Fradyma (2019). 8-Effects of renewable energy sector development on electricity consumption – Growth nexus in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(113), 109276.
- Pedroni, P. (2000). Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. *Advances in Econometrics*(15), 93-130.
- Qiao, H., F. Zheng, H. Jiang ve K. Dong (2019). The greenhouse effect of the agriculture-economic growth-renewable energy nexus: Evidence from G-20 countries. *Science of the Total Environment*(671), 722-731.
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*, 10, 4021-4028.
- Sarı, Ramazan, B. T. Ewing, ve Uğur Soytaş (2008). The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the United States: an ARDL approach. *Energy Economics*(30), 2302-2313.
- Sebri, M., ve Ben-Salha, O. (2014). On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO₂ emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(39), 14-23.
- Shahbaz, Muhammed, Ghulam Rasool, Kalid Ahmed ve Mantu Mahalik (2016). Considering the effect of biomass energy consumption on economic growth: fresh evidence from BRICS region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(60), 1442-1450.
- Silva, Patrica P., Pedro A. Cerqueira ve Wojolomi Ogbe (2018). 6-Determinants of renewable energy growth in Sub-Saharan Africa: Evidence from panel ARDL. *Energy*(156), 45-54.
- Tuçcu, Can T., ve Mert Topçu (2018). Total, renewable and non-renewable energy consumption and economic growth: Revisiting the issue with an asymmetric point of view. (64-74, Dü.) *Energy*(152).
- Wang, Z., Danish, B. Zhang ve B. Wang (2018). 15-Renewable energy consumption, economic growth and human development index in Pakistan: Evidence form simultaneous equation model. *Journal of Cleaner Production*(184), 1081-1090.
- Yu, Eden S. H. ve Jai Y. Choi (1985). The causal relationship between energy and GNP: An International Comparison. *Journal of Energy Development*(10), 249-272.