

Araştırma Makalesi

Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Kaynakları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişkinin Araştırılması: Türkiye Örneği

Mehmet ÇINAR

Bursa Uludağ Üniversitesi, İİBF

mcinar@uludag.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8441-243X

Öz

Her geçen gün nüfus artışı ve sanayileşme gibi sebeplerle enerji tüketiminin artması birincil (yenilenemez) enerji kaynaklarının üretimi ile tüketimi arasında dengesizlikler oluşmasına neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların istikrarlı bir şekilde devam etmesi, dışa bağımlılığın azaltılarak ekonomik büyümeyi arttıracığı düşünülmektedir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, enerji ile ekonomik büyüme arasındaki nedenselliği farklı metotları bir arada kullanan pek fazla çalışmaya rastlanmamaktadır. Çalışmamızda, Türkiye verileri kullanılarak 1993-2020 dönemleri arasında yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişki araştırılmaktadır. Bu çerçevede öncelikle yapısal kırılmaz ve yapısal kırılmalı birim kök testlerine yer verilmektedir. Daha sonra, değişkenlerin durağanlık yapısına bağlı olarak Granger, Breitung-Candelon, Toda-Yamamoto, Hacker-Hatemi-J ve Hatemi-J gibi nedensellik testleri kullanılmaktadır. Çalışmamızda uygulanan birçok test sonucunda; yenilenemez enerji için ekonomik büyümeden yenilenemez enerjiye doğru, yenilenebilir için ise yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensel ilişki olduğu bulunmuş olmasına rağmen, tüm (bütün) enerji bağlamında çift yönlü nedensellik olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Nedensellik, Yenilenemez enerji, Yenilenebilir enerji, Ekonomik büyüme
Jel Sınıflandırma Kodları: C22, Q42, Q43

The Investigation of the Causal Relationship Between Renewable and Non-Renewable Energy Resources and Economic Growth: The Case of Turkey¹

Abstract

The increase in energy consumption due to reasons such as population growth and industrialization with each passing day causes imbalances between the production and consumption of primary (non-renewable) energy resources. It is thought that the steady continuation of investments in renewable energy sources will increase economic growth by reducing foreign dependency. When the literature studies are examined, not many studies use different methods together to determine the causality between energy and economic growth. Using Turkey's data, our study investigates the causal relationship between renewable and non-renewable energy sources and economic growth between 1993-2020. In this framework, first of all, unit root tests with and without structural breaks are applied. Then, causality tests such as Granger, Breitung-Candelon, Toda-Yamamoto, Hacker-Hatemi-J, and Hatemi-J are used depending on the stationarity structure of the variables. As a result of many tests applied in our study; although it was found that there is a unidirectional causal relationship from economic growth to non-renewable energy for non-renewable energy and from renewable energy to economic growth for renewable energy, for all (whole) energy resources was bi-directional causality determined.

Keywords: Causality, Non-renewable energy, Renewable energy, Economic growth
JEL Classification Codes: C22, Q42, Q43

¹ Extended abstract is presented at the end of the article.

Geliş Tarihi (Received): 21.07.2022 – Kabul Edilme Tarihi (Accepted): 26.01.2023

Atıfta bulunmak için / Cite this paper:

Çınar, M. (2023). Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkinin araştırılması: Türkiye örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13 (1), 24-56. doi: 10.18074/ckuiibfd.1146332.

1. Giriş

Enerji, iş yapabilme ve ısı üretebilme olarak tanımlanmaktadır. İlkçağlarda insan emeği ile başlayan enerji, günümüzde gerek ihtiyaçların çeşitlenmesi ve artması, gerekse teknolojik yeniliklere bağlı olarak ilerleme kaydetmiştir (Demirbaş, 2002, s. 1). Bir ülkenin gelişmişlik göstergelerinin başında o ülkenin kullanmış olduğu enerji miktarı gelmektedir. Hızla gelişen dünyada sanayi devrimi ve özellikle teknolojik gelişmelerin ilerlemesi sonucu enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Hem nüfusun hem de bireylerin kullanmış oldukları enerji tüketiminin artması, ülkeler açısından enerjiye olan bakış açılarının değişmesine neden olmuş ve bu konuda gerekli politika kararları almaya itmiştir. Ülkeler bir yandan ortaya çıkan enerji ihtiyacını karşılamaya çalışırken, diğer yandan ise enerjinin ekonomik ve çevresel boyutlarını düşünmektedir. Dolayısıyla enerji talebini karşılamak için enerji üretimi noktasında -maliyetinin düşük olmasından ötürü- uzun yıllar ilk olarak yenilenemez (fosil) enerji kaynakları aklı gelmektedir. Maliyetlerinin düşük olması bir avantaj iken, özellikle çevreye verdiği zarar ve yakın bir gelecekte yok olması öngörüldüğünden, artık enerji ihtiyacının karşılanması konusunda alternatif enerji kaynaklarına olan ihtiyaç kaçınılmaz olmuştur. İşte bu ihtiyacı karşılayacak olan enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Günümüzde enerji kaynakları temelde iki sınıfta ele alınmaktadır. Bunlardan birincisi, birincil enerji olarak da bilinen fosil yakıtlardır. Diğer bir ifadeyle fosil yakıtlar; doğalgaz, petrol ve kömür gibi yenilenemez enerji kaynaklarından oluşmaktadır. İkinci enerji kaynağı ise yenilenebilir enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına jeotermal, rüzgâr ve hidroelektrik enerji vb. örnek verilebilir. Birincil (yenilenemez) enerji kaynakları dünya genelinde kıt ve/veya ülkeler bağlamında dengeli dağılmamaktadır. Özellikle ülkelerin artan nüfus ve sanayileşmesine bağlı olarak enerji tüketimleri artmakta ve artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için alternatif kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Zira son dönemlerde doğalgaz ve petrol kullanımının artması, hem enerji fiyatların artmasına neden olmakta hem de krizlerin çıkma olasılığını tetiklemektedir. O halde fosil yakıt kullanımının azaltılıp alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek ihtiyaçların karşılanması sağlanmalıdır. Bu ihtiyacın giderilmesi amacıyla kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının bazı özellikleri şu şekilde verilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları; (i) kendini yenileyebilmektedir, (ii) hemen hemen her ülkede bir şekilde bulunmaktadır, (iii) temini kolaydır, (iv) çevreye olan zararı fosil yakıtlara göre daha azdır (Çınar ve Öz, 2017, s. 42). Tablo 1’de 1995-2019 dönemi dünya genelinde enerji arzı oranları verilmektedir.

Tablo 1 incelendiğinde zaman içerisinde yenilenemez enerji kaynaklarından kömür ve doğalgaz arzlarında artışlar olduğu, buna karşın petrol ve nükleer enerji arzlarında ise azalışlar yaşandığı görülmektedir. İlave olarak petrol arzının payı diğer enerji kaynaklarının paylarından daha fazladır. Buna göre ikinci sırada kömür, üçüncü sırada ise doğalgaz arzı gelmekte, nükleer enerjinin payının yaklaşık %5

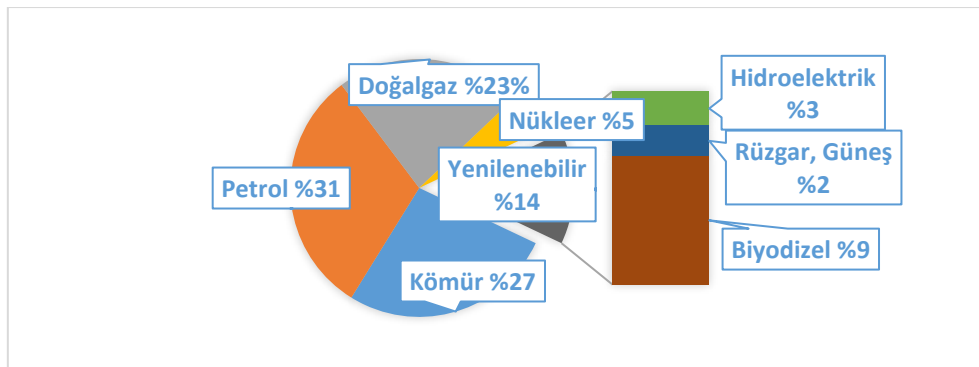
oluğu görülmektedir. Zaman içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik ve rüzgâr güneş enerjilerinde artış yaşandığı, biyodizel yakıt arzında ise yaklaşık %1’lik bir azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 1: 1995-2019 Dönemi Dünya Geneli Enerji Dağılımları

	Kömür	Petrol	Doğalgaz	Nükleer	Toplam Yenilenemez Enerji	Hidroelektrik	Rüzgâr Güneş.	Biyodizel	Toplam Yenilenebilir Enerji
1995	24.02	36.70	19.63	6.62	86.97	2.32	0.46	10.25	13.03
2000	23.14	36.68	20.67	6.75	87.24	2.25	0.60	9.91	12.76
2005	26.08	34.98	20.54	6.29	87.89	2.20	0.61	9.30	12.11
2010	28.52	32.20	21.34	5.61	87.67	2.31	0.86	9.16	12.33
2015	28.33	31.90	21.56	4.94	86.73	2.47	1.50	9.30	13.26
2019	26.78	30.90	23.22	5.02	85.92	2.51	2.21	9.37	14.09

Kaynak: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLDandfuel=Energy%20supplyandindicator=TESbySource>.
(01.04.2022)

Tablo 1’e göre rüzgâr güneş enerji arzı 1995’te %0.46 iken 2019’da %2.21’e çıkmıştır. Yenilenemez enerji kaynaklarının 1995-2019 dönemi sonuçları incelendiğinde, 1995 yılında pay %86.97 iken, 2019’a gelindiğinde bu pay %85.92’ye düşmektedir. Bu durumda zaman içerisindeki yenilenemez enerji payında yaklaşık %1’lik bir azalış olduğu söylenebilir. Bu sonuç aynı zamanda 1995-2019 dönemi için Dünya genelinde yenilenebilir enerji payında %1 artış yaşandığı şeklinde de yorumlanabilir. Diğer bir ifadeyle 2010 yılından sonra dünya genelinde yenilenemez enerji kaynaklarında azalma yaşanırken, yenilenebilir enerjide artış meydana gelmiştir.



Şekil 1: 2019 Yılı Dünya Geneli Enerji Dağılımı

Kaynak: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLDandfuel=Energy%20supplyandindicator=TESbySource>.
(01.04.2022)

Şekil 1’de dünya enerji kaynaklarının dağılımı yer almaktadır. Şekil 1’de görüldüğü üzere 2019 yılında dünya toplam enerji dağılımında en büyük pay %31 ile petrol, hemen ardından %27 ile kömür ve %23 ile doğalgaz gelmektedir. Yenilenebilir enerjinin oranı %14 iken, bu oran içerisinde %9 ile biyodizel, %3 ile hidroelektrik ve %2 ile de rüzgâr, güneş vb. enerji türlerinden oluştuğu görülmektedir.

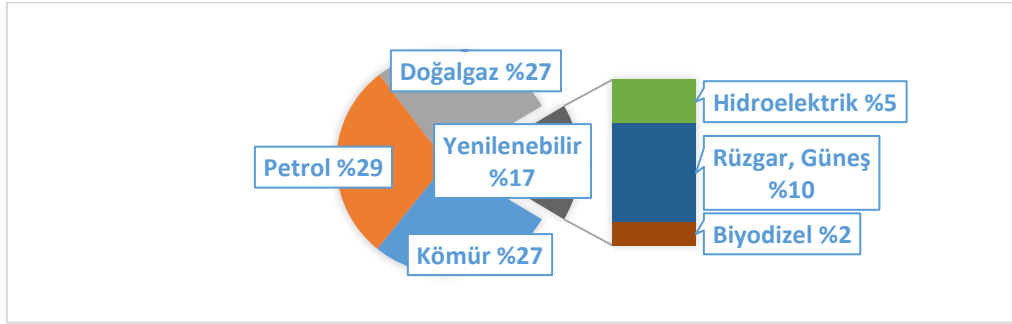
Türkiye’de enerji kaynaklarının dağılımı Tablo 2’de sunulmaktadır. Tablo 2’den ilk göze çarpan durum Türkiye’de yenilenemez ve yenilenebilir enerji arasındaki hareketliliğin dünya geneline göre çok daha hızlı olduğudur.

Tablo 2: 1995-2020 Dönemi Türkiye Geneli Enerji Dağılımları

	Kömür	Petrol	Doğalgaz	Toplam Yenilenemez Enerji	Hidroelektrik	Rüzgâr Güneş.	Biyodizel	Toplam Yenilenebilir Enerji
1995	26.20	46.63	9.49	82.32	5.01	1.07	11.59	17.67
2000	30.05	40.00	16.63	86.68	3.49	1.27	8.55	13.31
2005	26.62	34.18	27.10	87.90	4.05	1.70	6.34	12.09
2010	29.50	29.78	29.68	88.96	4.21	2.55	4.28	11.04
2015	26.86	30.12	30.65	87.63	4.49	5.37	2.51	12.37
2020	27.23	28.80	26.85	82.88	4.56	10.13	2.43	17.12

Kaynak: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLDandfuel=Energy%20supplyandindicator=TESbySource>.
(01.04.2022)

Diğer bir ifadeyle 1995 yılında yenilenemez enerjinin payı %82.32 ve yenilenebilir enerji payı %17.67’dir. Fakat 1995 sonrasında 2020 yılına kadar Türkiye’de artan enerji ihtiyacının yenilenemez enerji ile karşılandığı görülmektedir. Öyle ki bu oran 2010 yılında yaklaşık %89’a çıktığı görülmektedir. Bu dönemde yenilenebilir enerjinin payı %11.04’tür. 2020 yılında ise Türkiye’de yenilenemez enerji payı %82.88 iken, yenilenebilir enerji payı %17.12 olarak gerçekleşmiştir. Bu payların detayları incelendiğinde, 2020 yılında yenilenemez enerjiler; kömür, petrol ve doğalgazın paylarının birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Fakat yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve güneş enerjisinin payının %10.13 olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle 1995 yılında rüzgâr ve güneş enerjisi payı %1 iken, 2020 yılında %10’a çıkmıştır. Biyoyakıtlarda ise oran %11.59’dan %2.43’e düşmüştür.



Şekil 2: 2020 Yılı Türkiye Geneli Enerji Dağılımı

Kaynak: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLDandfuel=Energy%20supplyandindicator=TESbySource>.
(01.04.2022)

Şekil 2 incelendiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarındaki dengeli yapı daha açık bir şekilde görülmektedir. Yenilenebilir enerjide ise hidroelektrik ve biyodizel yakıtlar ile karşılaştırıldığında rüzgâr-güneş enerjisindeki pay daha fazladır.

Çalışmada yenilenebilir ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkiler geleneksel ve güncel nedensellik sınamaları çerçevesinde ele alınmaktadır. İkinci bölümde enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi teorik hipotezler çerçevesinde sunularak, literatür çalışmalarının elde ettikleri sonuçlar bu hipotezler çerçevesinde yorumlanmaktadır. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan birim kök ve nedensellik testlerine ilişkin teorik açıklamalar verilmektedir. Dördüncü bölümde ise kullanılan veriler ve ampirik bulgular açıklanmaktadır. Beşinci bölümde de sonuç kısmına yer verilmektedir.

2. Enerji ile Ekonomik Büyüme İlişkisi Bağlamında Literatür Araştırması

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin olup olmadığı Kraft ve Kraft (1978)'den beri birçok çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışmalar; farklı ülke, zaman dönemi, kullanılan değişken, kullanılan yöntemler bağlamında farklılaşmaktadır. Doğal olarak bu çalışmaların sonuçları farklılaşmakta ve bazen de çelişkiler içermektedir. Gerçekte bu sonuçların farklı olması; yerli enerji kaynaklarının arzına, enerji politikalarına, farklı politik ve ekonomik tarihlere, farklı politik ve kurumsal düzenlemelere, kültür farklılıklarına vs. bağlıdır (Öztürk, 2010, s. 340; Chen, Kuo ve Chen, 2007, s. 2612). Bu sebepler özellikle gelişmekte olan ülkelerde çok daha fazla ön plana çıkmaktadır.

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, teorik olarak dört test edilebilir hipotez kategorisine ayrılabilir (Payne, 2010, ss. 54-55; Öztürk, 2010, ss. 340-341; Arifin ve Syahrudin, 2011, s.3; Koçak ve Şarkgüneşi, 2017, s. 52; Bulut ve Muratoğlu, 2018, s. 242). Bu hipotezler; büyüme, koruma, geri bildirim ve tarafsızlık hipotezleridir. Nihayetinde enerji ile ekonomik büyüme arasındaki

ilişkinin yönünün belirlenmesi uygulanan politikalar açısından önem arz etmektedir.

Aşağıda detaylandırılmakla beraber yapılan çalışmaların sonuçları genel olarak; nedensel ilişki bulamayanlar, ekonomik büyümeden enerjiye doğru nedensellik bulanlar, enerjiden ekonomik büyümeye doğru nedensellik bulanlar ve son olarak iki yönlü nedensel ilişki bulan çalışmalar olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmalar ve ana hipotezleri şu şekilde özetlenebilir²:

(i) Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensel bir ilişki bulunmaması durumunda “tarafsızlık hipotezi” geçerli olmaktadır. Tarafsızlık hipotezi, enerji tüketimini ekonominin genel çıktısının küçük bir bileşeni olarak kabul eder ve bu nedenle ekonomik büyüme üzerinde çok az veya hiç etkisi olmadığını savunmaktadır. Bu nedenle tarafsızlık hipotezi, politikalar ister daraltıcı ister genişlemeci olsun enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde etkisi olmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 3: Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensel İlişki Bulamayan Çalışmalar

Yazar	Dönem	Ülke	Yöntem
Akarca ve Long (1980)	1950–1970	USA	Sims
Yu ve Hwang (1984)	1947–1979	USA	Sims
Yu ve Jin (1992)	1974–1990	USA	Granger
Cheng (1995)	1947–1990	USA	Granger
Fatai, Oxley, ve Scrimgeour (2002)	1960–1999	New Zealand	Granger/ Toda Yamamoto
Jobert and Karanfil (2007)	1960–2003	Türkiye	Granger
Halicioğlu (2009)	1960–2005	Türkiye	Granger
Payne (2009)	1949–2006	USA	Toda–Yamamoto
Soytaş ve Sarı (2009)	1960–2000	Türkiye	Toda–Yamamoto
Bowden ve Payne (2009)	1949–2006	USA	Toda–Yamamoto
Yıldırım, Saraç ve Aslan (2012)	1949–2010	USA	Toda–Yamamoto/ Hatemi-J
Aslan ve Öcal (2016)	1990–2009	Southern Cyprus, Estonia, Hungary, Poland and Slovenia	Hatemi-J
Bulut ve Muratoğlu (2018)	1990–2015	Türkiye	Hatemi-J
Güriş ve Tiftikçigil (2020)	1990–2015	Türkiye	Granger

Not: Bu çalışmanın ana amacı nedensellik analizi olduğundan, literatür araştırmasında ele alınan çalışmalarda da odak olarak nokta sadece zaman serisi verisi ve nedensellik analizini doğrudan kullanan çalışmalar alınmıştır. Dolayısıyla diğer veri türleri veya dolaylı yöntemleri kullanan çalışmalara burada yer verilmemektedir.

(ii) Ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik varsa “koruma hipotezi” geçerlidir. Koruma hipotezi, enerji tüketimini ve atığı azaltmak için tasarlanan enerji koruma politikalarının ekonomik büyüme üzerinde çok az

² Detaylı teorik ve ampirik literatür araştırması için; Chontanawat, Hunt ve Pierse (2006), Chontanawat, Hunt ve Pierse (2008), Payne (2010) ve Öztürk (2010) çalışmaları incelenebilir.

veya hiç olumsuz etkisi olmayacağını öne sürmektedir. Koruma hipotezi, ekonomik büyümedeki bir artışın enerji tüketimini artırdığını iddia etmektedir. Bu durumda enerji tasarrufu veya enerji arzı sağlayan politika şokları ekonomik büyümeyi olumsuz etkilememektedir. O halde ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik varsa korunma hipotezi teyit edilmiş olur.

Tablo 4: Ekonomik Büyümeden Enerji Tüketimine Doğru Tek Yönlü Nedensellik Bulan Çalışmalar

Yazar	Dönem	Ülke	Yöntem
Kraft ve Kraft (1978)	1947–1974	USA	Granger
Abosedra ve Baghestani (1989)	1947–1987	USA	Granger
Cheng ve Lai (1997)	1954–1993	Taiwan	Granger
Cheng (1999)	1952–1995	India	Granger
Zamani (2007)	1967–2003	Iran	Granger
Karanfil (2008)	1970–2005	Türkiye	Granger
Zhang ve Cheng (2009)	1960–2007	China	Granger
Arifin ve Syahrudin (2011)	1971–2008	Indonesia	Toda–Yamamoto
Eddrief-Cherfi ve Kourbali (2012)	1965–2008	Algeria	Granger
Öcal ve Aslan (2013)	1990–2010	Türkiye	Toda–Yamamoto
Kalyoncu, Gürsoy ve Göcen (2013)	1995–2009	Armenia	Granger
Aslan ve Öcal (2016)	1990–2009	Czech Republic	Hatemi-J
Alper (2018)	1990–2017	Türkiye	Toda–Yamamoto

Not: Bu çalışmanın ana amacı nedensellik analizi olduğundan, literatür araştırmasında ele alınan çalışmalarda da odak olarak nokta sadece zaman serisi verisi ve nedensellik analizini doğrudan kullanan çalışmalar alınmıştır. Dolayısıyla diğer veri türleri veya dolaylı yöntemleri kullanan çalışmalara burada yer verilmemektedir.

(iii) Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik varsa “büyüme hipotezi” desteklenmektedir. Bu hipoteze göre enerji tüketimi emek ve sermayenin bir parçası olarak alındığından, ekonomik büyüme üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır. Diğer bir ifadeyle, büyüme hipotezi, enerji kullanımının kısıtlanmasının ekonomik büyüme üzerinde tersine bir etki yapacağını, enerji tüketiminin emek ve sermaye girdilerini tamamlayan doğrudan ve dolaylı olarak büyüme sürecini etkilediğini iddia etmektedir. Eğer enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik varsa büyüme hipotezi desteklenmektedir. Bu durumda enerji tasarrufu veya enerji arzı sağlayan politika şokları ekonomik büyümeyi olumsuz etkilememektedir.

Tablo 5: Enerji Tüketiminden Ekonomik Büyüme Doğru Tek Yönlü Nedensellik Bulan Çalışmalar

Yazar	Dönem	Ülke	Yöntem
Stern (2000)	1948-1994	USA	Granger
Soytaş, Sarı ve Özdemir (2001)	1960-1995	Türkiye	Granger
Oh ve Lee (2004)	1970-1999	Korea	Granger
Wolde-Rufael (2004)	1952-1999	Shanghai	Toda-Yamamoto
Paul ve Bhattacharya (2004)	1950-1996	India	Granger
Mucuk ve Uysal (2009)	1960-2006	Türkiye	Granger
Aslan ve Öcal (2016)	1990-2009	Bulgaria	Hatemi-J
Durğun ve Durğun (2018)	1980-2015	Türkiye	Toda-Yamamoto
Mele (2019)	1990-2017	Mexico	Toda-Yamamoto

Not: Bu çalışmanın ana amacı nedensellik analizi olduğundan, literatür araştırmasında ele alınan çalışmalarda da odak olarak nokta sadece zaman serisi verisi ve nedensellik analizini doğrudan kullanan çalışmalar alınmıştır. Dolayısıyla diğer veri türleri veya dolaylı yöntemleri kullanan çalışmalara burada yer verilmemektedir.

(iv) Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü nedenselliğin varlığı, “geri bildirim hipotezi” olduğu sonucuna ulaşılır. Geri bildirim hipotezi, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki karşılıklı bağımlılığı ve tamamlayıcılığı vurgulamaktadır. Bu hipoteze göre, enerji tasarruf politikaları ve enerji arz şokları ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilemekte ve dolayısıyla bu olumsuzluk enerji tüketimine de yansımaktadır. Bu nedenle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü nedenselliğin varlığı, geri bildirim hipotezini desteklemektedir.

Tablo 6: Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında İki Yönlü Nedensel İlişki Bulan Çalışmalar

Yazar	Dönem	Ülke	Yöntem
Yang (2000)	1954-1997	Taiwan	Granger
Glasure (2002)	1961-1990	Korea	Granger
Ghali ve El-Sakka (2004)	1961-1997	Canada	Granger
Paul ve Bhattacharya (2004)	1950-1996	India	Granger
Erdal, Erdal ve Esengün (2008)	1970-2006	Türkiye	Granger
Kaplan, Öztürk ve Kalyoncu (2011)	1970-2006	Türkiye	Granger
Tuğcu, Öztürk ve Aslan (2012)	1980-2009	G7 Countries	Hatemi-J

Not: Bu çalışmanın ana amacı nedensellik analizi olduğundan, literatür araştırmasında ele alınan çalışmalarda da odak olarak nokta sadece zaman serisi verisi ve nedensellik analizini doğrudan kullanan çalışmalar alınmıştır. Dolayısıyla diğer veri türleri veya dolaylı yöntemleri kullanan çalışmalara burada yer verilmemektedir.

3. Yöntem

Çalışmanın ana amacı yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkiyi ortaya koymak olduğundan, yöntemsel olarak sürece birim kök testleri ile başlanmakta daha sonra ise nedensellik sınamalarına yer verilmektedir.

3.1. Yapısal Kırılmasız Birim Kök Testleri

Çalışmada ilk olarak yapısal kırılmasız birim kök testleri üzerinde durulmaktadır. Dickey ve Fuller (1979) çalışmasında bir zaman serisinin durağan olup olmadığının sınanması için üç model yapısı üzerinde durulmaktadır. Genişletilmiş Dickey ve Fuller (ADF) birim kök testlerinde kullanılan modeller şu şekilde gösterilmektedir:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Denklem (1) Kesmesiz ve Trendsiz model, Denklem (2) Kesmeli ve Trendsiz model ve Denklem (3) Kesmeli ve Trendli model olarak bilinmektedir. Her üç modelde de $\{\varepsilon_t\} \sim \text{IID}(0, \sigma^2)$ olduğu varsayılan rassal şokları temsil etmektedir. İlave her bir model için optimal gecikme p, Akaike bilgi kriteri (AIC) ve Schwarz bilgi kriteri (SIC) yardımıyla belirlenmektedir.

Philips ve Perron (1988) birim kök testi, ADF birim kök testindeki rassal şokların bağımsız ve sabit olmaması durumunda hatalardaki zayıf bağımlılık ve heterojenliği dikkate almak için bir düzeltme terimi kullanmaktadır. Bu düzeltme aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$Z_\alpha = T(\hat{\phi}_1 - 1) - CF \quad (4)$$

Burada düzeltme faktörü (CF)

$$CF = \frac{0.5(s_{T'}^2 - s_\varepsilon^2)}{\sum_{t=2}^T (Y_{t-1} - \bar{Y}_{-1})^2 / T^2} \quad (5)$$

olarak hesaplanır. Philips ve Perron (1988) testinde, ADF birim kök testinde olduğu gibi üç model yapısı için uygulanabilmektedir.

Schmidt ve Phillips (1992) çalışmasında serilerdeki kesme ve/veya trend gibi deterministik bileşenlerin tek bir model ile temsil edilmesini sağlayarak serideki

deterministik bileşenleri arındırmakta, daha sonra ise Skor veya LM testini hesaplamaktadır. Buna göre Schmidt ve Phillips (1992) çalışmasında kullandığı model şu şekildedir:

$$y_t = \delta'Z_t + e_t \quad (6)$$

$$e_t = \beta e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Burada Z_t kesme ve/veya trend içeren dışsal değişken vektörü ($Z_t = [1, t]$) ve $\varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2)$ olarak tanımlanan kalıntıları gösterilir. Birim kök sıfır hipotezi için $\beta = 1$ olarak ifade edilir. $\xi = mean\Delta y = \frac{y_T - y_1}{T-1}$ ve $\varphi_{e_t} = y_1 - \xi$ iken, kalıntılar $S_t = y_T - \varphi_{e_t} - \xi t$ şeklinde elde edilir. Buradan

$$\Delta y_t = \mu + \phi S_{t-1} + v_t \quad (8)$$

Modeli tahmin edilerek ϕ parametresinin test istatistiği olan τ değeri hesaplanır. τ istatistiğinin robust tahmincisi $Z\tau$ istatistiği şu yarı parametrik düzeltme ile elde edilmektedir:

$$Z\tau = \frac{\tau}{\Omega} \quad (9)$$

Burada $\Omega = \frac{s^2}{s^2(l)}$ ve $s^2 = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2}{T}$, $s^2(l) = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2}{T} + \frac{\sum_{s=1}^l \sum_{t=s+1}^T \hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_{t-s}}{2T}$ şeklindedir.

Schmidt ve Phillips (1992) birim kök testine benzer yapı ADF-GLS testinde de geçerlidir. İki sınama arasında LM istatistiğinin hesaplanması yönüyle bazı farklılıklar söz konusudur. ADF-GLS sınaması aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$P_T = [S(\bar{\alpha}) - \bar{\alpha}S(1)] / s_{AR}^2 \quad (10)$$

Daha sonra trendden (ve/veya kesmeden) arındırılmış seriye standart ADF testi uygulanarak hesaplanan sonuçlar kritik değerler ile karşılaştırılır ve serinin durağan olup olmadığı kararı verilir.

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (KPSS, 1992) test istatistiğinin hesaplanmasında ise ilk aşamada Y_t kesme ve trend üzerine regrese edildikten sonra elde edilen kalıntılar $\{\varepsilon_t\}$ için kısmi süreç toplamı hesaplanır:

$$S_t = \sum_{t=1}^T \varepsilon_t \quad (11)$$

Eğer seride deterministik trend yoksa $\{\varepsilon_t\}$, Y_t 'in sadece kesme üzerine regres edilmesi ile elde edilir. Buradan LM istatistiği aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$LM = \sum_{t=1}^T S_t^2 / \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \quad (12)$$

Burada, $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$, $\{\varepsilon_t\}$ 'nin varyansıdır ve $\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \sum \varepsilon_t^2 / T$ ile hesaplanır. Ancak kalıntılar birbirleri ile otokorelasyonlu olabilirler. Bu nedenle $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ 'nin bir tutarlı tahmini, $s^2(\ell)$, hataları yardımı ile hesaplanabilir. Bu durumda test istatistiği yeniden düzenlenerek aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$LM = \sum_{t=1}^T S_t^2 / s^2(\ell) \quad (13)$$

Burada, $s^2(\ell) = T^{-1} \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 + 2T^{-1} \sum_{s=1}^{\ell} w(s, \ell) \sum_{t=s+1}^T \varepsilon_t \varepsilon_{t-s}$ ve $w(s, \ell)$ opsiyonel ağırlıklandırılmış fonksiyondur. Yani, Bartlett window olarak atıfta bulunulur. Spektral yoğunluk ile bulunan $w(s, \ell)$ aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$w(s, \ell) = 1 - s/(\ell + 1) \quad (14)$$

Böylece nihai KPSS test istatistiği aşağıdaki şekilde elde edilecektir.

$$\hat{\eta}_\mu = T^{-2} \sum_{t=1}^T S_t^2 / s^2(\ell) \quad (15)$$

3.2. Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testleri

Bir zaman serisi durağan-dışı olduğunda durağan-dışılığın sebeplerinden bir tanesi de yapısal kırılmalar olabilir. Diğer bir ifadeyle yapısal kırılma senin veri üretme sürecini değiştirerek durağan olan bir zaman serisinin durağan-dışı olarak görülmesine sebep olabilmektedir. Perron (1989) çalışmasında yapısal kırılma kavramı üzerinde durarak yapısal kırılmanın nasıl sınındığını açıklamaktadır. Perron (1989) çalışmasında iki önemli varsayım ile analizi gerçekleştirmektedir. Birincisi seride tek kırılma olduğu, ikincisi ise bu kırılmanın dışsal (ekzojen) olduğudur. Diğer bir ifadeyle Perron (1989) kırılma tarihinin bilindiğini varsaymaktadır. Fakat Zivot ve Andrews (1992) çalışmalarında Perron (1989)'dan farklı olarak kırılmanın içsel (endojen) olarak alınması gerektiğini savunmuşlardır. Yani kırılma tarihinin bilinmediği model tarafından içsel olarak belirlenmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Zivot ve Adrews (1992) yapısal kırılmalı birim kök testi için kullanılan üç model şu şekildedir:

$$\text{Model A: } Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_2 DVU_t(\hat{\lambda}) + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (16)$$

$$\text{Model B: } Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_3 DVT_t^*(\hat{\lambda}) + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (17)$$

$$\text{Model C: } Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_2 DVU_t(\hat{\lambda}) + \gamma_3 DVT_t^*(\hat{\lambda}) + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (18)$$

Perron (1997) çalışmasında, Perron (1989) çalışmasını geliştirerek Zivot-Andrews (1992) çalışmasında olduğu gibi yapısal kırılmanın içsel olduğunu ortaya koymuştur. Fakat Perron (1997) çalışması ilave olarak kırılma döneminin sadece minimum ADF ile değil aynı zamanda kukla değişkenler yardımıyla da bulunabileceğini ortaya koymaktadır.

$$\text{Model A: } Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_1 DVTB_t + \gamma_2 DVU_t + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (19)$$

$$\text{Model B: } Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_2 DVU_t + \gamma_3 DVT_t^* + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (20)$$

$$\text{Model C: } Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_1 DVTB_t + \gamma_2 DVU_t + \gamma_3 DVT_t + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (21)$$

Lumsdaine ve Papell (1997) çalışmalarında, bir seride iki kırılma olması durumunda ve bu iki kırılmanın dikkate alınması yerine tek bir kırılmasının dikkate alınması durumunda yine zaman serisinin durağan dışı olabileceğini ortaya koymaktadır. Bunun üzerine Lumsdaine ve Papell (1997), Zivot ve Andrews (1992) çalışmasını iki kırılmalı yapıya geliştirmişlerdir. Modelin iki kırılmayı hem düzey hem de eğim değişimi şeklinde meydana gelmesine izin veren Model CC şu şekilde gösterilebilir:

$$Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_1 DT_1 + \gamma_2 DT_2 + \theta_1 DU_1 + \theta_2 DU_2 + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (22)$$

Burada DT kuklası düzey değişimini DU kuklası ise eğim değişimini göstermektedir. Eğer $DT_1 = DT_2 = 0$ ise modelde iki adet düzey değişimi olduğu anlamına gelir. Bu modele Model AA denmektedir. Modelde $DT_2 = 0$ ise bu durumda iki kırılmadan birisi düzey diğeri ise eğim değişiminden kaynaklanmaktadır. Bu durumda Model CA'ya atıfta bulunur.

İki yapısal kırılmayı dikkate alan bir diğer sınaama Lee ve Strazicich (2003, 2004) testidir. Lee ve Strazicich (2003) çalışmasında iki kırılmayı dikkate alan birim kök testini geliştirmişlerdir. Daha sonra ise Lee ve Strazicich (2004) çalışmasında tek kırılmalı durumu dikkate alarak aslında yapısal kırılmalı birim kök testleri için bir hiyerarşik süreç sunmaktadırlar. Lee ve Strazicich (2003, 2004) testinde kullanılan

model Schmidt ve Phillips (1992) çalışmasında kullanılan modelin aslında bir ve iki kırılmalı olarak geliştirilmiş biçimidir. Lee ve Strazicich (2003, 2004) testinin gerçekleştirilmesi için Denklem (6)'daki kesme ve/veya trend içeren dışsal değişken vektörüne kırılma kuklaları eklenmektedir. Daha açık bir ifadeyle ekzojen değişken vektörü Z_t ; bir düzey kırılmalı Model A için $Z_t = [1, t, D_t]$ şeklinde, iki düzey kırılmalı Model AA için ise $Z_t = [1, t, D_{1t}, D_{2t}]$ şeklinde tanımlanmaktadır. Bir düzey ve bir eğim değişimini içeren Model C için $Z_t = [1, t, D_t, DT_t]$ şeklinde tanımlanırken, İki düzey ve iki eğim değişimini içeren Model CC için $Z_t = [1, t, D_{1t}, D_{2t}, DT_{1t}, DT_{2t}]$ şeklinde tanımlanmaktadır.

3.3. Nedensellik Testleri

İki veya daha fazla zaman serisi arasında nedensellik sınaması ilk olarak Granger (1969) tarafından ortaya atılmıştır. Granger (1969) iki zaman serisi arasında nedensel bir ilişki olup olmadığını ortaya koymak amacıyla aşağıdaki Vektör Otoregresif Modeli (VAR) kullanmaktadır:

$$Y_t = \mu_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (23)$$

$$X_t = \eta_0 + \sum_{i=1}^p \gamma_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \delta_i X_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (24)$$

Burada uygulanacak sınama sonucunda modelde tahmin edilen sadece β_i 'ler istatistiksel olarak anlamlı ise X_t değişkeni Y_t değişkeninin Granger nedeni olduğu, sadece γ_i 'ler istatistiksel olarak anlamlı ise Y_t değişkeni X_t değişkeninin Granger nedeni olduğu söylenir. Hem β_i 'ler hemde γ_i 'ler istatistiksel olarak anlamlı ise iki değişken arasında çift yönlü nedensellik olduğu belirlenmiş olur. Son olarak ilgili parametreler birlikte istatistiksel olarak anlamlı değilse değişkenler arasında Granger bağlamında nedensel bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Granger (1969) sınamasında serilerin durağan olma koşulu yer almaktadır. Fakat Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik sınamasında böyle bir duruma ihtiyaç yoktur. Diğer bir ifadeyle Toda ve Yamamoto (1995) sınamasında seriler durağan olsa da olmasa da kullanılabilir. Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik sınamasında önemli olan VAR modelindeki gecikme sayısı (p) ve değişkenlerin en büyük entegrasyon (d_{max}) mertebesidir. Bu iki değer belirlendikten sonra ($p+d_{max}$), Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik sınamasında aşağıdaki VAR modeli tahmin edilmektedir.

$$Y_t = \mu_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} X_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \delta_{1j} Y_{t-j} + \sum_{j=p+1}^{d_{max}} \lambda_{1j} X_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (25)$$

$$X_t = \eta_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_{2i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} X_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \delta_{2j} Y_{t-j} + \sum_{j=p+1}^{d_{\max}} \lambda_{2j} X_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (26)$$

Burada serilerin tümleşme derecelerini (d_{\max}) içeren terimler sınamaya dâhil edilmeden, geriye kalan kısım aynı Granger (1969) sınamasında olduğu test gerçekleştirilir. Zaten dikkat edilirse Toda-Yamamoto (1995) nedensellik sınamasında seriler durağan olduklarında, $d_{\max}=0$ olacağından Granger (1969) ile aynı sonuçlar elde edilmektedir.

Breitung ve Candelon (2006) Frekans Alanı Nedenselliği, Geweke (1982) ve Hosoya (1991) frekans alanı nedensellik sınamasını geliştirmişlerdir. Bu sınamalar Granger (1989) testini temel aldıklarından VAR modeli ile başlanmaktadır. Durağanlık koşulu altında sistem tersine çevrilebilir olduğundan, ilgili değişken için spektral yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilebilmektedir:

$$f_X(\omega) = \frac{1}{2\pi} \left\{ |\psi_{11}(e^{-i\omega})|^2 + |\psi_{12}(e^{-i\omega})|^2 \right\} \quad (27)$$

Geweke (1982) ve Hosoya (1991) frekans alanı nedenselliği için

$$M_{Y \rightarrow X}(\omega) = \log \left[\frac{2\pi f_X(\omega)}{|\psi_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right] = \log \left[1 + \frac{|\psi_{12}(e^{-i\omega})|^2}{|\psi_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right] \quad (28)$$

şeklinde hesaplanır. Burada $|\psi_{12}(e^{-i\omega})|^2 = 0$ ise ω frekansında Y değişkeni X değişkeninin nedeni olmadığı söylenir. ω frekans alanında Y değişkeni X değişkeninin nedeni değilse,

$$|\theta_{12}(e^{-i\omega})| = \left| \sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \cos(k\omega) - \sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \sin(k\omega) \right| = 0 \quad (29)$$

olacaktır. Burada $\psi_{12}(L) = -\frac{g^{22}\Theta_{12}(L)}{|\Theta(L)|}$ ve g^{22} G^{-1} matrisinin alt üçgen köşegen elemanıdır. Frekans alanı nedensellik testinde tüm dönem temel alınarak ω frekansı kısa, orta ve uzun dönem şeklinde nedensellik ilişkisini incelenmektedir. Kısa dönem nedensellik için $w=2,5$ ve $w=2,0$ gibi yüksek değerler kullanılmakta; orta dönem nedensellik için $w=1,0$ ve $w=1,5$ değerleri kullanılmakta, son olarak uzun dönem için $w=0,01$ ve $w=0,05$ kullanılmaktadır. Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedenselliği ki-kare dağılımı sergilemekte o nedenle %5 anlamlılık düzeyi için kritik değer 5.99'dur.

Hatemi-J (2012) asimetrik nedensellik sınamasında ise nedenselliğin araştırılmasında simetrik değil asimetrik bileşenlerin etkili olabileceği ortaya

konulmaktadır. Daha açık bir ifadeyle ilgili zaman serileri pozitif ve negatif şoklar olmak üzere iki bileşene ayrılmaktadır. Yani

$$Y_{1t} = Y_{1,t-1} + \varepsilon_{1t} = Y_{1,0} + \sum_{t=1}^T \varepsilon_{1t} = Y_{1,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^- \quad (30)$$

$$Y_{2t} = Y_{2,t-1} + \varepsilon_{2t} = Y_{2,0} + \sum_{t=1}^T \varepsilon_{2t} = Y_{2,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^- \quad (31)$$

şeklinindedir. Elde edilen pozitif ve negatif şoklar kümülatif olarak toplanmaktadır. Daha sonra her bir bileşen için ayrı ayrı nedensellik sınaması gerçekleştirilmektedir.

4. Veri ve Ampirik Bulgular

Bu çalışmada, Türkiye'nin 1993-2020 dönemi verileri kullanılarak yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişki araştırılmaktadır. Bu amaçla Eurostat internet sitesinden ulaşılabilen en güncel veriler alınmıştır. Ampirik sonuçlar EViews, Gauss ve Rats yazılımlarından elde edilerek kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan değişken tanımları ve kısaltmaları Tablo 7'deki gibi sunulabilir:

Tablo 7: Değişkenlere İlişkin Tanımlamalar

Kısaltma	Tanım	Ölçü Birimi	Veri Kaynağı
EBYM_t	Ekonomik büyüme, reel GSYH'daki değişim	Yüzde	Eurostat
YNMZ_t	Yenilenemez enerji kaynakları (petrol, doğalgaz ve kömür) toplamının logaritması	Terajul	Eurostat
YNBL_t	Yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar, güneş, hidroelektrik ve biyodizel) toplamının logaritması	Terajul	Eurostat
TümENERJİ_t	Yenilenemez ve yenilenebilir tüm enerji kaynakları toplamının logaritması	Terajul	Eurostat

Kaynak: Eurostat, (<https://ec.europa.eu/eurostat>, 01.04.2022) kaynağından yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.1. Birim Kök Test Sonuçları

Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik yapısını ortaya koymak için öncelikle değişkenlerin durağanlık düzeylerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan değişkenlere birim kök testleri uygulanmaktadır. Birim kök sınamasının geçerliliği kalıntıların temiz dizi olup olmasına göre şekillenmektedir. Eğer temiz dizi değilse modele eklenmesi gereken gecikme sayısı Breusch-Pagan (1980) LM otokorelasyonsuzluk

sınaması, AIC ve SIC gibi bilgi kriterleri yardımıyla belirlenmektedir. Buna göre kırılmasız birim kök testi sonuçları Tablo 8'de sunulmaktadır.

Tablo 8: Kırılmasız Birim Kök Testi Sonuçları

DÜZEY (FARK)	EBYM _t	YNMZ _t (ΔYNMZ _t)	YNBL _t (ΔYNBL _t)	TümENERJİ _t
DICKEY-FULLER (1979)	-5.1645 ^a	2.8492 (-4.5125 ^a)	1.8443 (-4.3337 ^b)	-3.5324 ^c
PHILLIPS-PERRON (1988)	-5.1645 ^a	3.9708 (-4.5624 ^a)	-0.0924 (-6.7628 ^a)	-3.5663 ^c
SCHMIDT-PHILLIPS (1992)	-4.6539 ^a	-2.4641 (-4.9848 ^a)	-1.3107 (-5.9952 ^a)	-3.2748 ^b
KPSS (1992)	0.1553	0.6612 ^a (0.2873)	0.1749 ^b (0.1392)	0.2085 ^a
ADF-GLS (1996)	-5.1081 ^a	-0.2621 (-5.1382 ^a)	-2.3023 (-6.7397 ^a)	-3.7179 ^b
SONUÇ	Durağan I(0)	Durağan-dışı I(1)	Durağan-dışı I(1)	Durağan I(0)

Not: Parantez içerisindeki değerler ilgili değişkenin birinci derece farkına uygulanan birim kök test sonuçlarını göstermektedir. Ekonomik büyüme ve yenilenemez enerji değişkeni için kesmeli ve trendsiz model, yenilenebilir ve tüm enerji değişkenleri için ise kesmeli ve trendli modelin uygun olduğu hiyerarşik süreç yaklaşımıyla belirlenmiştir. ^a %1 düzeyinde, ^b %5 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 8'de uygulanan birim kök testleri hipotezleri bakımından iki grupta ele alınabilmektedir. Dickey-Fuller (1979), Phillips-Perron (1988), Schmidt-Phillips (1992) ve ADF-GLS (1996) birim kök testlerinde sıfır hipotezinin red edilememesi serinin durağan-dışı olduğunu göstermektedir. Buna karşın sıfır hipotezi red edildiğinde serinin durağan olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. KPSS (1992) birim kök testinde ise sıfır hipotezinin red edilememesi serinin durağan olduğunu, sıfır hipotezinin red edilmesi ise serinin durağan-dışı olduğu anlamına gelmektedir.

Buna göre Tablo 8'de elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, EBYM_t ve TümENERJİ_t değişkenlerinin tüm birim kök test sonuçlarına göre durağan yani I(0) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aksine uygulanan birim kök testleri sonucunda YNMZ_t ve YNBL_t enerji değişkenlerinin durağan-dışı yani I(1) olduğu görülmektedir.

Durağan-dışı değişkenlerin, durağan-dışılığının sebeplerinden birisi dönem içerisinde meydana gelen şokların ilgili serilerin veri üretme süreci üzerinde kalıcı bir etki yaratmasıdır. Diğer bir ifadeyle yapısal kırılma olmasına rağmen eğer bu yapısal kırılma göz ardı edilirse, uygulanan birim kök testleri sonucunda seriler durağan-dışı olma eğiliminde sonuç vermektedir. Bu nedenle standart olarak tasvir edilebilen birim kök testleri yapısal kırılmayı dikkate almadıkları için bu testlerden

elde edilen sonuçlar da yetersiz olacaktır. Bu aşamada durağan-dışı bulunan serilere kırılmalı birim kök testleri uygulanmış ve Tablo 9’da elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 9: Kırılmalı Birim Kök Testi Sonuçları

TESTLER	YNMZ _t (Kırılma Yılı)	YNBL _t (Kırılma Yılı)
ZIVOT-ANDREWS (1992)	-2.8619 (2002)	-1.0590 (2009)
PERRON (1997)	-3.6326 (2017)	-3.6618 (2011)
LUMSDAINE-PAPELL (1997)	-4.1997 (2008, 2017)	-4.0661 (2009, 2014)
LEE-STRAZICICH (2004)	-3.0639 (2002)	-4.0883 (2008)
LEE-STRAZICICH (2003)	-4.6494 ^a (2002, 2017)	-14.9658 (2006, 2013)

Not: ^a %1 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 9’da uygulanan yapısal kırılmalı birim kök testlerinden; Zivot-Andrews (1992), Perron (1997) ve Lee-Strazicich (2004) sınamalarında yapısal kırılma döneminin bilinmediği, içsel olarak tahmin edildiği ve seride tek bir kırılma olduğu varsayılmaktadır. Lumsdaine-Papell (1997) ve Lee-Strazicich (2003) sınamaları da iki kırılma için kırılma dönemlerinin içsel olarak tahmin edilen kırılmalı birim kök testleridir. İlâveten YNMZ_t enerji için serinin yapısına uygun olan kırılma yapısı düzey değişimini gösteren Model A iken YNBL_t enerji serinin yapısına uygun olan kırılma yapısı eğim değişimini gösteren Model B’dir. Fakat Lee-Strazicich (2003, 2004) sınamalarında Model B kullanılmadığından Tablo 9’da verilen sonuçlar Model C’ye göre oluşturulmuştur.

Tablo 9’da elde edilen sonuçlar incelendiğinde, YNMZ_t ve YNBL_t enerji kaynaklarının tamamının kırılmalı birim kök testlerine göre yine durağan-dışı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Sadece Lee-Strazicich (2003) testine göre YNMZ_t enerji için iki kırılmalı olarak durağan bulunmuştur. Fakat diğer testlerden elde edilen sonuçlar çerçevesinde tüm serilerin durağan-dışı olduğu kabul edilebilmektedir. Diğer bir ifadeyle serilerin durağan-dışı olmasının sebebi yapısal kırılmalar değildir.

4.2. Nedensellik Test Sonuçları

Çalışmada değişkenler arasındaki nedensellik analizi uygulanırken, değişkenlerin durağan olup olmadıklarının bilinmesi gerekmektedir. Böylece değişkenler arasındaki nedensellik araştırılırken, uygun olan testlerin kullanılması veya değişkenlerin testlerde kullanılması için hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle durağan değişkenler için kullanılacak nedensellik testleri, durağan ve durağan-dışı değişkenler birlikte ele alındığında kullanılacak testlerden farklılık göstermektedir. Birim kök testleri sonucunda EBYM_t ve TümENERJİ_t değişkenleri

durağan bulunmuş iken, $YNMZ_t$ ve $YNBL_t$ enerji kaynaklarının durağan-dışı olduğu belirlenmiştir.

4.2.1. Granger (1969) Nedenselliği

Buna göre $EBYM_t$ ve $TümENERJİ_t$ değişkenleri arasındaki Granger (1969) nedensellik sınaması değişkenlerin düzeyleri üzerinden, buna karşın $EBYM_t$ ve $YNMZ_t$ ile $EBYM_t$ ve $YNBL_t$ değişkenleri arasındaki Granger (1969) nedensellik ilişkisi araştırılırken $YNMZ_t$ ve $YNBL_t$ enerji kaynaklarının farkları kullanılmalıdır. Modellerde kullanılacak uygun gecikme sayısı AIC ve SIC gibi bilgi kriterleri ile VAR(8) olarak belirlenerek sonuçlar Tablo 10'da sunulmaktadır.

Tablo 10'da elde edilen sonuçlara göre ekonomik büyümeden yenilenemez enerji kaynaklarına doğru bir nedensellik olduğu, fakat bu nedenselliğin tek yönlü olduğu belirlenmiştir. İkinci olarak yenilenebilir enerji kaynağından ekonomik büyüme yönünde nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Burada da yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik söz konusudur. Son olarak tüm enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasında ise çift yönlü nedensellik olduğu belirlenmiştir. Enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin varlığı, geri bildirim hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen sonuçların Türkiye açısından tüm enerji bağlamında Erdal, Erdal ve Esengün (2008) ve Kaplan, Öztürk ve Kalyoncu (2011) çalışmalarını desteklediği söylenebilir.

Tablo 10: Granger Nedensellik Test Sonuçları

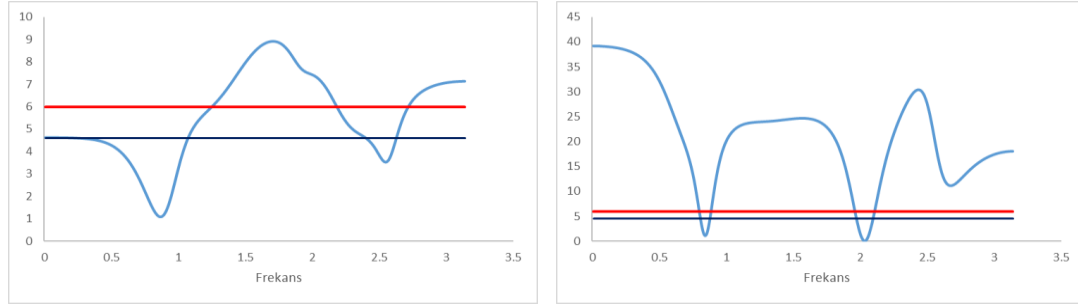
SINANAN HİPOTEZ	TEST İSTATİSTİK DEĞERİ
$EBYM_t \rightarrow \Delta YNMZ_t$	51.7353 ^a (0.0000)
$\Delta YNMZ_t \rightarrow EBYM_t$	11.2846 (0.1861)
$EBYM_t \rightarrow \Delta YNBL_t$	4.6170 (0.7976)
$\Delta YNBL_t \rightarrow EBYM_t$	39.5424 ^a (0.0000)
$EBYM_t \rightarrow TümENERJİ_t$	253.6191 ^a (0.0000)
$TümENERJİ_t \rightarrow EBYM_t$	60.3355 ^a (0.0000)

Not: $EBYM_t - TümENERJİ_t$ modeli kesmeli ve trendli yapıya sahiptir. ^a %1 düzeyinde anlamlıdır.

4.2.2. Breitung-Candelon (2006) Frekans Alanı Nedenselliği

Breitung-Candelon (2006) frekans alanı nedensellik sonuçlarına yer verilmektedir. Breitung-Candelon (2006) frekans alanı nedensellik analizinde kısa, orta ve uzun

dönemde değişkenler arasındaki nedensellik yapıları üzerinde durulmaktadır. Çalışmalarda belirli dönem (frekans değerine) göre yorumlar yapılabilmesine rağmen çoğunlukla belirli aralıklara göre kararlar verilmektedir. Genellikle 0-1 frekans aralığı uzun dönem, 1-2.5 frekans aralığı orta dönem ve 2.5-3.14 frekans aralığı ise kısa dönem olarak alınmaktadır. Şekil 3'te frekans alanı nedensellik testi sonuçları sunulmaktadır.



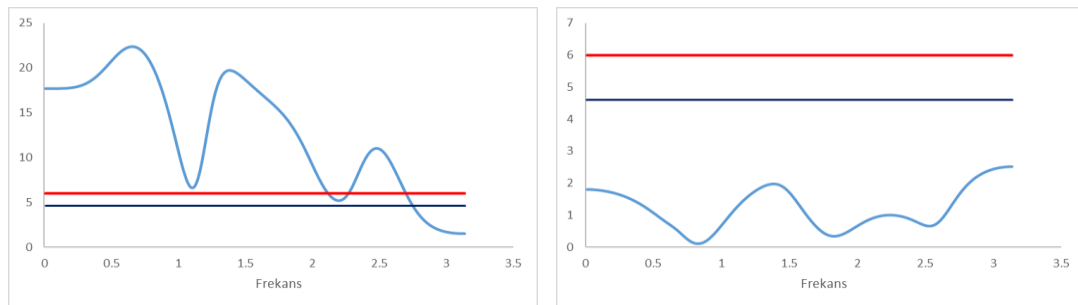
Ekonomik Büyüme=f(Yenilenemez)

Yenilenemez =f(Ekonomik Büyüme)

Şekil 3: Yenilenemez Enerji ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Frekans Alanı Nedensellik Sonuçları

Tüm şekillerde yer alan kırmızı çizgi %5 anlamlılık düzeyi için 5.99 ki-kare kritik değerini, siyah çizgi ise %10 anlamlılık düzeyi için 4.60 ki-kare kritik değerini göstermektedir. Şekil 3'te yenilenemez enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik yapısı gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yenilenemez enerjiden ekonomik büyümeye doğru kısa ve orta uzunluk için nedensellik olduğu fakat uzun dönemde nedenselliğin olmadığı söylenebilir. Aksine ekonomik büyümeden yenilenemez enerjiye doğru uzun, orta uzunluk ve kısa dönemde nedensellik olduğu görülmektedir.

Şekil 4'de yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik yapısı gösterilmektedir.



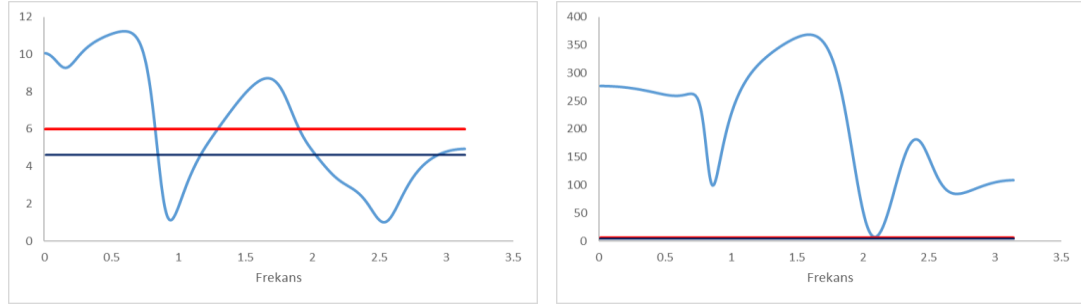
Ekonomik Büyüme =f(Yenilenebilir)

Yenilenebilir =f(Ekonomik Büyüme)

Şekil 4: Yenilenebilir Enerji ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Frekans Alanı Nedensellik Sonuçları

Sonuçlar incelendiğinde, yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye doğru kısa, orta ve uzun dönemde nedensellik olduğu görülmektedir. Sadece kısa dönem periyodu detaylandırılırsa çok kısa dönem için nedensel yapı görülmemektedir. Şekil 4’de ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru hesaplanan sonuçlara göre, ne kısa ne de uzun dönemde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru nedensel bir ilişkiye rastlanmamıştır.

Şekil 5’te tüm enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik yapısı gösterilmektedir. Dikkat edilirse tüm enerji kaynaklarından ekonomik büyümeye doğru orta ve uzun dönemde nedensel bir yapı oluşu sonucuna ulaşılırken, kısa dönemde nedensel bir ilişkiye rastlanamamıştır.



Ekonomik Büyüme =f(Tüm Enerji)

Tüm Enerji=f(Ekonomik Büyüme)

Şekil 5: Tüm Enerji ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Frekans Alanı Nedensellik Sonuçları

Ekonomik büyümeden tüm enerjiye doğru hesaplanan nedensellik sonuçlarına göre ise, tüm zaman dönemlerinde; yani kısa, orta ve uzun dönemde nedensellik olduğu belirlenmiştir. Etkinin derecesi incelendiğinde ise ekonomik büyümeden tüm enerjiye doğru daha güçlü bir nedensel yapının olduğu söylenebilir.

O halde Breitung-Candelon (2006) frekans alanı nedensellik sonuçlarına göre yenilenebilir enerji ve tüm enerji kaynakları için; Erdal, Erdal ve Esengün (2008) ve Kaplan, Öztürk ve Kalyoncu (2011) çalışmalarında olduğu gibi çift yönlü nedenselliği desteklediği görülmektedir. Yenilenebilir enerji için durum daha farklıdır. Daha açık bir ifadeyle burada enerjiden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik olduğundan; Soytaş, Sarı ve Özdemir (2001), Mucuk ve Uysal (2009) ve Durğun ve Durğun (2018) çalışmalarında olduğu gibi “büyüme hipotezi” desteklenmektedir.

4.2.3. Toda-Yamamoto (1995) Nedenselliği

Yukarıda da ifade edildiği üzere Granger nedensellik testi sonuçları değişkenlerin durağan olma koşuluna bağlıdır. Ancak Tablo 8 ve Tablo 9’da uygulanan birim kök

testleri sonuçları kullanılarak $YNMZ_t$ ve $YNBL_t$ enerji değişkenlerinin durağan-dışı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle durağan-dışı değişkenlerin farkları üzerinden Granger nedensellik testleri gerçekleştirilmiştir. Bu durum değişkenler arasındaki ilişkinin giderilmesine neden olabilmektedir.

Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testi değişkenlerin farklı dereceden entegre olması durumunda da fark almadan doğrudan değişkenlerin düzeyleri üzerinden uygulanabileceğini ortaya koymaktadır. Toda-Yamamoto (1995) nedensellik sınaması uygulanmadan önce kullanılması gereken uygun modelin gecikme sayısı AIC ve SIC gibi bilgi kriterleriyle belirlenmektedir. Buna göre Tablo 11'de yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testi çerçevesinde sunulmaktadır.

Tablo 11: Toda-Yamamoto Nedensellik Test Sonuçları

SINANAN HİPOTEZ	VAR(p+dmax)	TEST İSTATİSTİK DEĞERİ
$EBYM_t \rightarrow YNMZ_t$	VAR(7+1)	3.7358 (0.8097)
$YNMZ_t \rightarrow EBYM_t$	VAR(7+1)	1.5624 (0.9801)
$EBYM_t \rightarrow YNBL_t$	VAR(3+1)	7.9091 ^b (0.0479)
$YNBL_t \rightarrow EBYM_t$	VAR(3+1)	7.3626 ^c (0.0612)

Not: Ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji modeli kesmeli ve trendli yapıya sahiptir ^a %1 düzeyinde, ^b %5 düzeyinde, ^c %10 düzeyinde anlamlıdır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ekonomik büyüme ve yenilenemez enerji kaynakları arasında nedensel bir ilişkiye rastlanmamıştır. Yani Toda-Yamamoto (1995) nedensellik sınamasına göre yenilenemez enerji için tarafsızlık hipotezinin geçerli olduğu görülmektedir. Bu sonuç Türkiye için daha önce uygulanan; Jobert and Karanfil (2007), Halıcıoğlu (2009), Soytaş ve Sarı (2009), Bulut ve Muratoğlu (2018) ve Güriş ve Tiftikçigil (2020) çalışmalarını desteklemektedir. Fakat Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testi Türkiye'de ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında iki yönlü nedensellik olduğunu göstermektedir. Bu yönüyle yenilenebilir enerji için Erdal, Erdal ve Esengün (2008) ve Kaplan, Öztürk ve Kalyoncu (2011) çalışmalarında olduğu gibi çift yönlü nedenselliği desteklediği görülmektedir. Test sonuçlarına göre her ne kadar ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik olsa da, ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru olan ilişkinin, yenilenebilir enerjiden ekonomik büyüme doğru olan ilişkidir daha güçlü olduğu görülmektedir.

Hacker-Hatemi-J (2010) çalışmalarında Granger (1969) ve Toda-Yamamoto (1995) nedensellik sınamalarını bütünleştirerek serilerin durağanlık yapısına göre uygulanabilen esnek bir nedensellik sınaması geliştirmiştir. Çalışmada kullanılan verilere Hacker-Hatemi-J (2010) bootstrap nedensellik analizi uygulandığında,

Tablo 9’da elde edilen sonuçlara yeniden ulaşılmıştır. Diğer bir ifadeyle Toda-Yamamoto (1995) ve Hacker-Hatemi-J (2010) nedensellik sonuçları aynı bulunmuştur.

4.2.4. Hatemi-J (2012) Asimetrik Nedenselliği

Granger (1969), Toda-Yamamoto (1995), Breitung-Candelon (2006) ve Hacker-Hatemi-J (2010) nedensellik testleri farklı özelliklere sahip olmalarına karşın, simetrik nedenselliği sınamaktadırlar. Fakat meydana gelen şokların simetrik olmaması durumunda ortak bir etki yaratması beklenmemektedir. Böylece bu etkilerin göz ardı edilmesi durumunda yanıltıcı sonuçlara ulaşılma olasılığı söz konusudur. Hatemi-J (2012) çalışmasında ise meydana gelen şokları negatif ve pozitif şoklar olarak ayırmakta ve bu ayrıştırılan şoklar arasındaki nedensellik yapısını analiz etmiştir. Dolayısıyla Hatemi-J (2012) değişkenler arasında şokların yapılarından kaynaklı bir nedensel yapının olabileceğini savunmaktadır. Bu nedenle çalışmanın bu aşamasında hem yenilenemez hem de yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki asimetrik nedensellik sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo 12’de ilk olarak enerji kaynakları ile ekonomik büyüme değişkenlerinin pozitif şokları dikkate alınarak hesaplanan Hatemi-J (2012) nedensellik sonuçları sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ne enerjiden ekonomik büyümeye ne de ekonomik büyümeden enerjiye doğru nedensel bir ilişkiye ulaşılamamıştır.

Tablo 12: Hatemi-J Asimetrik Nedensellik Test Sonuçları: Pozitif Şoklar

SINANAN HİPOTEZ	TEST İSTATİSTİK DEĞERİ	KRİTİK DEĞERLER		
		%1	%5	%10
$EBYM_t \rightarrow YNMZ_t$	6.145	833.134	145.569	73.723
$YNMZ_t \rightarrow EBYM_t$	2.158	479.030	94.025	47.910
$EBYM_t \rightarrow YNBL_t$	0.098	10.112	4.915	3.160
$YNBL_t \rightarrow EBYM_t$	0.063	9.348	4.693	3.085
$EBYM_t \rightarrow TümENERJİ_t$	12.160	531.613	99.883	50.444
$TümENERJİ_t \rightarrow EBYM_t$	15.773	477.196	102.829	52.193

Tablo 13’de ilk olarak enerji kaynakları ile ekonomik büyüme değişkenlerinin negatif şokları dikkate alınarak hesaplanan Hatemi-J (2012) nedensellik sonuçları sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ne enerjiden ekonomik

büyümeye ne de ekonomik büyümeden enerjiye doğru nedensel bir ilişkiye ulaşılamamıştır.

Tablo 12 ve Tablo 13 birlikte dikkate alındığında ne enerjiden ekonomik büyüme ne de ekonomik büyümeden enerjiye doğru nedensel bir ilişkiye ulaşılamamıştır. Bu sonuç şokların asimetrik etkiye sahip olmadığını göstermekte ve etkilerin değişkenler üzerinde simetrik bir etki yarattığını göstermektedir. Bu nedenle başka nedensellik sınaması yapılmasına ihtiyaç duyulmamıştır.

Tablo 13: Hatemi-J Asimetrik Nedensellik Test Sonuçları: Negatif Şoklar

SINANAN HİPOTEZ	TEST İSTATİSTİK DEĞERİ	KRİTİK DEĞERLER		
		%1	%5	%10
$EBYM_t \rightarrow YNMZ_t$	4.439	70.977	32.087	22.740
$YNMZ_t \rightarrow EBYM_t$	10.672	66.328	30.327	21.033
$EBYM_t \rightarrow YNBL_t$	0.0229	8.720	4.499	3.063
$YNBL_t \rightarrow EBYM_t$	3.285	8.993	4.556	3.091
$EBYM_t \rightarrow \text{TümENERJİ}_t$	2.747	865.115	130.637	61.238
$\text{TümENERJİ}_t \rightarrow EBYM_t$	4.656	822.082	144.206	69.061

Hatemi-J asimetrik nedensellik sonuçları tüm enerji kaynakları için tarafsızlık hipotezin geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle enerjinin ekonomi üzerindeki etkisinin çok az veya hiç etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç Jobert and Karanfil (2007), Halıcıoğlu (2009), Soytaş ve Sarı (2009), Bulut ve Muratoğlu (2018) ve Güriş ve Tiftikçigil (2020) çalışmalarını desteklemektedir.

5. Sonuç

Türkiye enerji talebinin büyük bir kısmını (beşte dördünü) ithal ettiği fosil yakıtlardan sağlamaktadır. Bu yüksek oran artan dış ticaret açığının meydana gelmesine sebep olurken, enerjinin ithal edilmesi sürdürülebilir kalkınma hedefini zora sokmaktadır. Örneğin enerji akışında bir kriz veya herhangi bir problem yaşanması durumunda ekonomik büyüme ve kalkınma bu durumdan olumsuz etkilenecektir. İlaveten ithal edilen birincil enerjilerin çevresel etkileri yüksek karbon ve sera gazı emisyonları olarak ortaya çıkmakta ve dolayısıyla yaşamı tehdit etmektedir. Açıktır ki özellikle enerji konusunda dışa bağımlılığın azaltılması gerekmektedir. Türkiye’de bu konuda çalışmalar yapılmaya başlanmış ve

yenilenebilir enerji kaynakları için yatırımlar yapılmıştır. Ancak bu yatırımlar henüz talebin beşte birini karşılayacak seviyededir.

Bu çalışmada yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkiler; Granger, Breitung-Candelon, Toda-Yamamoto, Hacker-Hatemi-J ve Hatemi-J gibi geleneksel ve güncel nedensellik testleri çerçevesinde ele alınmaktadır. Çalışma birçok nedensellik sınamasını bir arada ele aldığından literatürde yer alan çalışmalardan ayrılmakta ve çok sayıda nedensellik sınama sonuçlarını karşılaştırmalı sunması sebebiyle literatüre katkı sağlamaktadır.

Çalışmamızda uygulanan bu testler sonucunda; tüm enerji bağlamında çift yönlü nedensellik olduğu, yenilenemez enerji için ekonomik büyümeden yenilenemez enerjiye doğru, yenilenebilir için ise yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye doğru nedensel ilişki olduğu bulunmuştur. Çalışmada uygulanan nedensellik testleri sonucunda yenilenemez enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasında daha çok koruma hipotezinin geçerli olduğunu, diğer bir ifadeyle enerji tüketimini ve atığı azaltmak için tasarlanan enerji koruma politikalarının ekonomik büyüme üzerinde çok az veya hiç olumsuz etkisi olmayacağı söylenebilir. Nitekim yenilenemez enerji kaynakları açısından 2017 yılından itibaren uygulanan sıfır atık projesinin koruma hipotezini destekleyici adımlar olarak yorumlanabilir. Nedensellik sınamaları sonucunda yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasında büyüme hipotezinin geçerliliği konusunda birliğin sağlandığı görülmektedir. O halde yenilenebilir enerjinin kullanımının artması ekonomik büyümeyi destekleyici sonuçlar üretecektir. Sonuçta yenilenebilir enerji bağlamında uygulanan politikaların büyümeyi destekleyici etkisi olduğu söylenebilir. Son olarak tüm enerji kaynakları birlikte dikkate alındığında ise geribildirim hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuçlar Türkiye’de enerji ile ekonomik büyüme arasında ilişki olduğunu ortaya koyan literatür çalışmalarını desteklemektedir. Dolayısıyla elde edilen sonuçlardan Türkiye’de yenilenemez ve yenilenebilir enerji çerçevesinde ekonomik büyüme üzerinde pozitif etki yaratacak şekilde politikalar üretildiği ve bu politikaların kendi içerisinde tutarlı bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Nitekim özellikle son dönemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar ve ihaleler, politika yapımcıların yenilenebilir enerji kaynaklarına verdikleri önemi ortaya koymaktadır. Bu yatırımlar sayesinde ülkemizin dışa bağımlılığının ve bundan kaynaklanan sorunların azaltılabilmesi ve daha temiz bir çevre için teknolojiler kullanılarak üretime sokulması gerekmektedir. Bu doğrultuda hâlihazırda bulunan araştırma-geliştirme faaliyetlerine daha çok önem verilmelidir.

Her ne kadar şuan veri kısıtı söz konusu olsa da ileriki çalışmalarda, özellikle yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi detaylandırılabilir. Daha açık bir ifadeyle; biyokütle, jeotermal, hidroelektrik, güneş, rüzgâr ve nükleer enerji verileri ayrı ayrı oluşturduğunda, yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişki araştırılabilir. İlaveten hangi

yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerinde (veya tersi) daha etkili olduğu analiz edilebilir. Alternatif olarak Türkiye ile yakın özelliklere sahip ve benzer yatırımları yapan ülkeler yardımıyla panel veri yapısı oluşturularak, hem her bir enerji için ayrı ayrı hem de bütün olarak panel boyutuyla enerji ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik analizi gerçekleştirilebilir.

Kaynakça

- Abosedra, S. ve Baghestani, H. (1989). New evidence on the causal relationship between united states energy consumption and gross national product. *Journal of Energy Development*, 14, 285-292.
- Akarca, A. T. ve Long, T. V. (1980). On the relationship between energy and GNP: a reexamination. *Journal of Energy Development*, 5, 326-331.
- Alper, F. Ö. (2018). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: 1990-2017 Türkiye örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8, 2, 223-242.
- Arifin, J. ve Syahrudin, N. (2011). Causality relationship between renewable and non-renewable energy consumption and GDP in Indonesia. *Economics and Finance in Indonesia*, 59, 1, 1-18.
- Aslan, A. ve Öcal, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
- Bowden, N. ve Payne, J. E. (2009). The causal relationship between us energy consumption and real output: a disaggregated analysis. *Journal of Policy Modeling*, 31, 2, 180-188.
- Breitung, J. ve Candelon, B. (2006). Testing for short- and long-run causality: a frequency-domain approach. *Journal of Econometrics*, 132, 2, 363-378.
- Breusch, T. S. ve Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *Review of Economic Studies*, 47, 1, 239-253.
- Bulut, U. ve Muratoğlu, G. (2018). Renewable energy in Türkiye: great potential, low but increasing utilization, and empirical analysis on renewable energy-growth nexus. *Energy Policy*, 123, 240-250.
- Chen, S. T., Kuo, H. I. ve Chen, C. C. (2007). The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian countries. *Energy Policy*, 35, 2611-2621.

- Cheng, B. S. (1995). An investigation of cointegration and causality between energy consumption and economic growth. *Journal of Energy Development*, 21, 73-84.
- Cheng, B. S. (1999). Causality between energy consumption and economic growth in India: an application of cointegration and error-correction modeling. *Indian Economic Review*, 34, 39-49.
- Cheng, B. S. ve Lai, T. W. (1997). An investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan. *Energy Economics*, 19, 4, 435-444.
- Chontanawat, J., Hunt, L. C. ve Pierse, R. (2006). Causality between energy consumption and GDP: evidence from 30 OECD and 78 non-OECD countries. *Surrey Energy Economics Discussion Paper*, SEDDS 113.
- Chontanawat, J., Hunt, L. C. ve Pierse, R. (2008). Does energy consumption cause economic growth? evidence from a systematic study of over 100 countries. *Journal of Policy Modelling*, 30, 2, 209-220.
- Çınar, M. ve Öz, R. (2017). Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisine yenilenebilir enerji bağlamında bir öneri. *International Journal of Academic Value Studies*, 3, 13, 40-54.
- Demirbaş, L. (2002). *Türkiye’de enerji sektörü, sektörün problemleri, avrupa birliği ve türkiye’de enerji politikaları* (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74, 366, 427-431.
- Durğun, B. ve Durğun, F. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *International Review of Economics and Management*, 6, 1-27.
- Eddrief-Cherfi, S. ve Kourbali, B. (2012), Energy consumption and economic growth in Algeria: cointegration and causality analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2, 4, 238-249.
- Elliott, G., Rothenberg, T. J and Stock, J. H. (1996). Efficient tests for an autoregressive unit root. *Econometrica*, 64, 4, 813-836.
- Erdal, G., Erdal, H. ve Esengün, K. (2008). The causality between energy consumption and economic growth in Türkiye, *Energy Policy*, 36, 10, 3838-3842.

- Fatai, K., Oxley, L. ve Scrimgeour, F. (2002). Energy consumption and employment in New Zealand: searching for causality. *NZAE Conference*, Wellington, 26-28 June 2002.
- Geweke, J. (1982). Measurement of linear dependence and feedback between multiple time series. *Journal of the American Statistical Association*, 77, 304-324.
- Ghali, K. H. ve El-Sakka, M. (2004). Energy use and output growth in Canada: a multivariate cointegration analysis. *Energy Economics*, 26, 225-238.
- Glasure, Y. U. (2002). Energy and national income in Korea: further evidence on the role of omitted variables. *Energy Economics*, 24, 355-365.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37, 424-438.
- Güriş, B. ve Tiftikçigil, B.Y. (2020). The renewable energy consumption-economic growth nexus in Türkiye. *Social Sciences Research Journal*, 9, 3, 105-111.
- Hacker, R. S. ve Hatemi-J, A. (2010). A bootstrap test for causality with endogenous lag length choice-theory and application in finance. *Working Paper Series in Economics and Institutions of Innovation*, 223, 1-21.
- Halıcıoğlu, F. (2009). An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Türkiye. *Energy Policy*, 37, 1156-1164.
- Hatemi-J, H. (2012). Asymmetric causality tests with an application. *Empirical Economics*, 43, 1, 447-456.
- Hosoya, Y. (1991). The decomposition and measurement of the interdependence between second-order stationary process. *Probability Theory and Related Fields*, 88, 429-444.
- Jobert, T. ve Karanfil, F. (2007). Sectoral energy consumption by source and economic growth in Türkiye. *Energy Policy*, 35, 5447-5456.
- Kalyoncu, H. Gürsoy, F. ve Göcen, H. (2013). Causality relationship between GDP and energy consumption in Georgia, Azerbaijan and Armenia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3, 1, 111-117.
- Kaplan, M., Öztürk, I. ve Kalyoncu, H. (2011). Energy consumption and economic growth in Türkiye: cointegration and causality analysis, *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 2, 31-41.

- Karanfil, F. (2008). Energy consumption and economic growth revisited: does the size of unrecorded economy matter?. *Energy Policy*, 36, 8, 3029-3035.
- Koçak, E. ve Şarkgüneşi, A. (2017). The Renewable energy and economic growth nexus in black sea and balkan countries. *Energy Policy*, 100, 51-57.
- Kraft, J. ve Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy Development*, 3, 401-403.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54, 1-3, 159-178.
- Lee, J. ve Strazicich, M. C. (2003). Minimum LM unit root test with two structural breaks. *Review of Economics and Statistics*, 85, 4, 1082-1089.
- Lee, J. ve Strazicich, M. C. (2004). Minimum LM unit root test with one structural break, *Economics Bulletin*, 33, 4, 1-15.
- Lumsdaine, R. L. ve Papell, D. H. (1997). Multiple trend breaks and the unit-root hypothesis. *The Review of Economics and Statistics*, 79, 2, 212-218.
- Mele, M. (2019). Renewable energy consumption: the effects on economic growth in Mexico, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9, 3, 269-273.
- Mucuk, M. ve Uysal, D. (2009). Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. *Maliye Dergisi*, 157, 105-115.
- Oh, W. ve Lee, K. (2004). Causal relationship between energy consumption and GDP: the case of Korea 1970-1999. *Energy Economics*, 26, 1, 51-59.
- Öcal, O. ve Aslan, A. (2013). Renewable Energy consumption economic growth nexus in Türkiye. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.
- Öztürk, İ. (2010). A literature survey on energy-growth nexus. *Energy Policy*, 38, 340-349.
- Paul, S. ve Bhattacharya, R. N. (2004). Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results. *Energy Economics*, 26, 6, 977-983.
- Payne, J. E. (2009). On the dynamics of energy consumption and output in the US. *Applied Energy*, 86, 4, 575-577.

- Payne, J. E. (2010). Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth. *Journal of Economic Studies*, 37, 1, 53-95
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica*, 57, 6, 1361-1401.
- Perron, P. (1997). Further evidence on breaking trend functions in macroeconomic variables. *Journal of Econometrics*, 80, 355-385.
- Phillips, P. C. B. ve Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75, 1988.
- Schmidt, P. ve Phillips, P.C.B. (1992). LM tests for a unit root in the presence of deterministic trends. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54, 257-287.
- Soytaş, U. ve Sarı, R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 68, 6, 1667-1675.
- Soytaş U., Sarı, R. ve Özdemir, O. (2001). Energy consumption and gdp relation in Türkiye: a cointegration and vector error correction analysis. In: *Economies and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings. Global Business and Technology Association*, 838-844.
- Stern, D. I. (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the us macroeconomy. *Energy Economics*, 22, 267-283.
- Toda, H. Y. ve Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated process. *Journal of Econometrics*, 66, 225-250.
- Tuçcu, C. T., Öztürk, İ., 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.
- Yıldırım E., Saraç, S. ve Aslan A. (2012). Energy consumption and economic growth in the USA: evidence from renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 6770-6774.
- Yang, H-Y. (2000). A Note On the Causal Relationship Between Energy and GDP in Taiwan. *Energy Economics*. 22, 309-317.
- Yu, E. S. H. ve Jin, J. C. (1992). Cointegration tests of energy consumption, income, and employment. *Resources and Energy*, 14, 259-266.

Yu, E. S. H. ve Hwang, B. K. (1984). The relationship between energy and GNP: further results. *Energy Economics*, 6, 186-190.

Zamani, M. (2007). Energy consumption and economic activities in Iran. *Energy Economics*, 29, 6, 1135-1140.

Zhang, X. P. ve Cheng, X. M. (2009). Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. *Ecological Economics*, 68, 10, 2706-2712.

Zivot, E. ve Andrews, D. W. K. (1992). Further evidence on the great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*. 10, 251-270.

Wolde-Rufael, Y. (2004). Disaggregated industrial energy consumption and GDP: the case of Shanghai. *Energy Economics*, 26, 69-75.

Etik Beyanı: Yazarlar, bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu beyan etmektedir. Bilimsel etik konuları ile ilgili aksi bir durumun tespiti halinde tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına ait olup, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi'nin hiçbir sorumluluğu bulunmamaktadır.

The Investigation of the Causal Relationship Between Renewable and Non-Renewable Energy Resources and Economic Growth: The Case of Turkey

Extended Abstract

1. Introduction

At the beginning of the development indicators of a country is the amount of energy used by that country. In a rapidly developing world, the need for energy is increasing day by day as a result of the industrial revolution and especially the advancement of technological developments. While countries are trying to meet emerging energy needs, they are also considering energy's economic and environmental dimensions. To meet the energy demand, non-renewable (fossil) energy sources have come to mind for many years at the point of energy production. While its low cost is an advantage, the need for alternative energy sources has become inevitable to meet the energy need, especially since it is expected to be destroyed shortly and the damage it causes to the environment. The energy source that will meet this need is renewable energy sources.

It is seen that there were increases in coal and natural gas supplies throughout the world in the 1995-2019 period, while decreases were experienced in oil and nuclear energy supplies. It is seen that there has been an increase in hydroelectric and wind-solar energies, which are renewable energy sources, and a decrease of approximately 1% in the supply of biodiesel fuel over time. According to this result, while there has been a decrease in non-renewable energy resources throughout the world, especially after 2010, there has been an increase in renewable energy. In 2019, the world's total primary energy distribution is oil (31%), coal (27%), natural gas (23%), nuclear (5%), and renewable (% 14). While the rate of renewable energy is 14%, this rate of biodiesel at 9%, hydroelectricity at 3%, and wind, solar, etc. at 2% appears to be composed of different energy types. In Turkey, on the other hand, it can be seen that the mobility between non-renewable and renewable energy is much faster than in the rest of the world.

2. Method

Since the study's main purpose is to reveal the causal relationship between renewable and non-renewable energy resources and economic growth, the process starts with unit root tests methodically, and then causality tests are included. Dickey-Fuller (1979), one of the unit root tests without a structural break, focuses on three model structures to determine whether a time series is stationary or not. These models are known as the none model, the intercept model, and the trend and intercept model. In addition, the optimal lag number for each model is determined with the help of the Akaike information criterion (AIC) and Schwarz information criterion (SIC). Random shocks are assumed to be white noise in all three models. The study also focuses on the unit root tests of Philips-Perron (1988), Schmidt-Phillips (1992), Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, and Shin (KPSS, 1992).

If a time series is non-stationary, one of the reasons may be structural breaks. In other words, a structural break can cause a stationary time series to be seen as non-stationary by changing the data generation process of the series. Perron (1989) focuses on the concept of structural break and explains how the structural break is tested. These models are; Model A, which takes level change into account; Model B, which considers slope change; and Model C, which considers both level and slope change. Perron (1989) performs the analysis with two important assumptions in his study. The first is that there is only one break in the series, and the second is that this break is exogenous. In other words, Perron (1989) assumes that the fracture date is known. However, Zivot-Andrews (1992)

and Perron (1997) argued, unlike Perron (1989), that structural breaks should be taken endogenously. In other words, they argue that the unknown break date should be determined by the model. Unlike Perron (1989 and 1997) and Zivot-Andrews (1992), Lumsdaine-Papell (1997) and Lee-Strazicich (2003) studies consider unit root tests with two breaks.

The causality structure between stationary series is first investigated with the Granger (1969) test. In the Granger (1969) test, there is a condition for the series to be stationary. However, there is no need for such a case in the Toda-Yamamoto (1995) causality test. Breitung-Candelon (2006) examines the causality relationship in frequency domain causality in the form of short, medium, and long term. In Hatemi-J (2012) asymmetric causality test, it was revealed that asymmetrical components, not symmetrical ones, could be effective in the causality structure. More precisely, the time series is divided into two components: positive and negative shocks. Then, the causality test is performed for each component separately.

3. Results and Discussion

This study investigates the causal relationship between renewable and non-renewable energy sources and economic growth using Turkey's 1993-2020 period data. To reveal the causality between renewable and non-renewable energy sources and economic growth, the stationarity levels of the variables should be determined. When unit root tests without a structural break are evaluated in general, it is concluded that $EBYM_t$ and $TümENERJİ_t$ variables are stationary. On the contrary, it is seen that the energy variables $YNMZ_t$ and $YNBL_t$ are non-stationary. According to the structural break unit root tests applied for $YNMZ_t$ and $YNBL_t$ energy sources, it is concluded that both series are non-stationary. In other words, structural breaks are not the reason why the energy series $YNMZ_t$ and $YNBL_t$ are non-stationary.

As a result of the causality test by Granger (1969) and Breitung-Candelon (2006), there is a causality from economic growth to non-renewable energy sources and this causality is unidirectional. The tests of Granger (1969) and Breitung-Candelon (2006) concluded that there is causality in the direction of economic growth from renewable energy sources. According to the Granger (1969) test, it was determined that there is bidirectional causality between all energy sources and economic growth. The Hatemi-J (2012) test shows that shocks do not have an asymmetrical effect and that the effects have a symmetrical structure on the variables.

4. Conclusion

About one-fifth of Turkey's energy demand comes from renewable energy sources, and about four-fifths from fossil fuel sources. While this high rate causes an increasing foreign trade deficit, importing energy complicates the goal of sustainable development. In addition, the environmental effects of imported primary fuels appear as high carbon and greenhouse gas emissions, thus threatening life.

In this study, the causal relationships between non-renewable and renewable energy sources and economic growth are handled within the framework of causality tests such as Granger, Breitung-Candelon, Toda-Yamamoto, Hacker-Hatemi-J, and Hatemi-J. Since the study deals with many causality tests together, it differs from the studies in the literature. It contributes to the literature by presenting the results of many causality tests comparatively. As a result of these tests applied in the study, found that there is unidirectional causality from economic growth to non-renewable energy, unidirectional causality from renewable energy to economic growth, and bidirectional causality in all energy contexts.

As a result of the causality tests applied in the study, it can be said that the hypothesis of more conservation between non-renewable energy sources and economic growth is valid, in other words,

energy conservation policies designed to reduce energy consumption and waste will have little or no negative impact on economic growth. This result applied to Turkey; Karanfil (2008), Öcal and Aslan (2013), and Alper (2018) support their work. One-way causality from renewable energy to economic growth; the “growth hypothesis” is supported, as in the studies of Soytaş, Sarı, and Özdemir (2001), Mucuk and Uysal (2009), and Durğun and Durğun (2018). Therefore, the increase in the use of renewable energy produces results that support economic growth. When all energy sources are considered together, it is concluded that the feedback hypothesis is valid. These results support the Erdal, Erdal, and Esengün (2008) and Kaplan, Öztürk, and Kalyoncu (2011) studies from literature revealing a relationship between energy and economic growth in Turkey.