



T.C.

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İKTİSAT ANABİLİM DALI

YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNİN

EKONOMİK BÜYÜMEYE ETKİSİ:

TÜRKİYE ÖRNEĞİ (1990-2017)

Yüksek Lisans Tezi

Ramazan ÖZBEK

DANIŞMAN

Doç. Dr. Şükrü APAYDIN

Nevşehir

Haziran, 2021

**YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNİN EKONOMİK BÜYÜMEYE
ETKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ (1990-2017)**

Ramazan ÖZBEK

**Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
İktisat Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans, Haziran 2021**

Danışman: Doç. Dr. Şükrü APAYDIN

ÖZET

Enerji hem üretim hem de tüketim sürecinde çok önemli bir faktördür. Sadece ekonomik büyüme için değil, aynı zamanda sosyal, teknolojik ve çevresel konular için de kritik bir bileşendir. Son elli yılda bu alanlarda yaşanan olaylar ve gerçekler ile enerji faktörünün önemi artmış ve alternatif enerji kaynakları arayışı hızlanmıştır. Böylece sürdürülebilir büyüme hedefleri dikkate alınarak yenilenebilir enerji kaynakları daha çok tercih edilmeye başlanmalıdır. Türkiye’de 1990-2017 dönemi için yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme etkisini araştırmayı amaçlayan çalışmanın birinci bölümünde, enerji kavramı, enerji kaynakları, Dünya’da ve Türkiye’de enerji kullanımı ve yenilenebilir enerji üretimi ekonomik büyüme ilişkisi ele alınmıştır. İkinci bölümde teorik ve ampirik literatür taraması ile veri seti kullanılarak birim kök testleri yapılmıştır. Çalışmada, Türkiye'nin gayri safi yurtiçi hasıla, sermaye stoku, istihdam ve yenilenebilir enerji üretim verileri kullanılarak Otogressif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) yöntemi kullanılmıştır. Bulgulara göre, sermaye stoku, istihdam ve yenilenebilir enerji üretimindeki artışlar ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir. Böylelikle kamunun ve özel teşebbüsün yenilenebilir enerji üretimine yatırımları tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Üretimi, Ekonomik Büyüme, ARDL Modeli, Türkiye.

**THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY
GENERATION ON ECONOMIC GROWTH:
THE CASE OF TURKEY (1990-2017)**

Ramazan ÖZBEK

**Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Institute of Social
Sciences Department of Economics, Master's Thesis, June
2021 Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şükrü APAYDIN**

ABSTRACT

Energy is a very important factor in both production and consumption processes. It is a critical component not only for economic growth, but also for social, technological and environmental issues. With the events and facts in these areas in the last fifty years, the importance of the energy factor has increased and the search for alternative energy sources has accelerated. Thus, considering the sustainable growth targets, renewable energy sources should be preferred more. In the first part of the study that aims to investigate the effect of renewable energy production on economic growth in the 1990-2017 period, the energy concept, and resources, as well as the usage of energy in the world and Turkey, and also the relationship between economic growth and the production of sustainable energy are dealt with. In the second part, theoretical and empirical literature review and unit root tests were performed using the data set. The study has used Turkey's gross domestic product, capital stock, employment and renewable energy production data, in the ARDL method. According to the findings, increases in capital stock, employment and renewable energy production positively affect economic growth. Thus, it is recommended that the public and private enterprises invest in renewable energy generation.

Keywords: Renewable Energy Generation, Economic Growth, ARDL Model, Turkey.

TEŞEKKÜR

Babam Nevzat ÖZBEK'in aziz anısına. Bu tezin yazılmasında bana her türlü destek olan danışmanım Doç. Dr. Şükrü APAYDIN'a sozsuz teşekkür ederim.

Ayrıca eşime ve çocuklarıma şükranlarımı sunarım.

Ramazan ÖZBEK



İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE

YENİLENEBİLİR ENERJİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ

1.1. Enerji Kavramı	4
1.2. Enerji Kaynakları	6
1.2.1. Yenilemeyen Enerji Kaynakları: Fosil Yakıtlar.....	7
1.2.1.1. Petrol	9
1.2.1.2. Kömür	10
1.2.1.3. Doğal Gaz.....	12
1.2.2. Nükleer Enerji	13
1.2.2.1. Uranyum.....	15
1.2.2.2. Toryum.....	17
1.2.3. Yenilenebilir Enerji.....	18
1.2.3.1. Güneş Enerjisi	23
1.2.3.2. Rüzgâr Enerjisi.....	25
1.2.3.3. Hidroelektrik Enerji	27
1.2.3.4. Jeotermal Enerji	29
1.2.3.5. Biyokütle Enerjisi	31
1.3. Yenilenebilir Enerji ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki.....	33

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNİN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

2.1. Literatür İncelemesi	35
2.1.1. Enerji Tüketimi – Ekonomik Büyüme İlişkisi Literatürü	35
2.1.2. Yenilenebilir Enerji Tüketimi – Ekonomik Büyüme İlişkisi Literatürü ..	43
2.1.3. Yenilenebilir Enerji Üretimi – Ekonomik Büyüme İlişkisi Literatürü	50
2.2. Veri ve Ekonometrik Yöntem	54
2.2.1. Veri.....	54
2.2.2. Ekonometrik Metodoloji	57
2.2.3. Ekonometrik Test ve Tahmin Sonuçları	58
2.2.3.1. Birim Kök Test Sonuçları	58
2.2.3.2. ARDL Modeli Tahmin Sonuçları.....	59
SONUÇ	63
KAYNAKÇA	65
ÖZGEÇMİŞ	73

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1: Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Üretimi (1965-2019 Dönemi)	2
Tablo 2: Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	6
Tablo 3: Dünyada Kaynağına Göre Fosil Enerji Üretimi (1965-2019 Dönemi).....	7
Tablo 4: Dünya Petrol Üretimi (1965-2019 Dönemi).....	9
Tablo 5: Dünya'da ve Türkiye'de Kömür Üretimi (1965-2019 Dönemi) (Milyon Ton)	11
Tablo 6: Dünya'da Doğal Gaz Üretimi (1965-2019 Dönemi).....	12
Tablo 7: 2017 Yılı İtibariyle Türkiye Uranyum Rezervleri (Ton).....	17
Tablo 8: 2019 Yılı İtibariyle Dünya Toryum Rezervleri (Ton).....	18
Tablo 9: Kaynaklarına Göre Yenilenebilir Enerji Türleri.....	19
Tablo 10: Dünya'da ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Üretimi (1965-2019 Dönemi)	21
Tablo 11: 2019 Yılı İtibariyle Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli.....	22
Tablo 12: Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi Üretimi (1989-2019 Dönemi)...	24
Tablo 13: Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Üretimi (1989-2019 Dönemi) .	25
Tablo 14: Dünya'da ve Türkiye'de Hidroelektrik Enerjisi Üretimi (1965-2019 Dönemi).....	28
Tablo 15: Dünya'da ve Türkiye'de Jeotermal Enerji Üretimi (2000-2018 Dönemi)	30
Tablo 16: Dünya'da ve Türkiye'de Biyokütle Enerjisi Üretimi (2000-2018 Dönemi)	32
Tablo 17: Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Büyüme Oranları (1965-2019 Dönemi).	33
Tablo 18: Enerji Tüketimi-Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar.....	41
Tablo 19: Yenilenebilir Enerji Tüketimi- Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar.....	48
Tablo 20: Yenilenebilir Enerji Üretimi- Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar.....	53
Tablo 21: Değişkenlerin Tanımı.....	55
Tablo 22: Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler.....	55
Tablo 23: Birim Kök Test Sonuçları.....	59
Tablo 24: Optimal Gecikme Uzunluğu Seçimi.....	60

Tablo 25: Sınır Test Sonucu.....	60
Tablo 26: ARDL Tahmin Sonuçları (2,0,1,0).....	61
Tablo 27: ARDL (2, 0, 1, 0) Modelinin Uzun Dönem Tahmin Sonuçları.....	62



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Dünyada Fosil Enerji Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi).....	8
Şekil 2. Dünya Petrol Üretimi (1965-2019 Dönemi).....	10
Şekil 3. Dünya’da ve Türkiye’de Kömür Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi)11	
Şekil 4. Dünya’da Doğal Gaz Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi)	13
Şekil 5. Dünya’da Nükleer Enerji Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi) (Terawatt Saat)	14
Şekil 6: Ülkelere Göre Uranyum Üretimi (1945-2019 Dönemi) (Ton).....	16
Şekil 7: Dünya’da ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi)	22
Şekil 8: Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Üretiminin Gelişimi (1989-2019 Dönemi)	24
Şekil 9: Dünyada ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Üretimi (1989-2019 Dönemi)	26
Şekil 10: Dünya’da ve Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Üretimi (1965-2019 Dönemi)	29
Şekil 11: Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal Enerji Üretimi (2000-2018 Dönemi)..	31
Şekil 12: Dünya’da ve Türkiye’de Biyokütle Enerjisi Üretimi (2000-2018 Dönemi)	32
Şekil 13: Değişkenlere Ait Zaman Serileri	56
Şekil 14: Cusum ve Cusum – of- Square Testleri.....	62

GİRİŞ

Enerji, literatürde iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Bu anlamda üretimin her aşamasında enerjiye ihtiyaç vardır. Artan üretim imkânları insanoğlunun enerji talebini de en üst seviyeye çıkarmış, günümüzde tüm insanların en temel ve en hayati ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Geleneksel noktada enerji faktörü tüm ülkeler bakımından ekonomik büyümenin önemli bir parçası haline gelmiştir. Zira emek ve sermaye gibi ekonomik büyümenin temel unsuru olarak enerji, üretim sürecinin hem girdisi hem de çıktısıdır. Başka bir deyişle enerji hem üretim faktörü hem de tüketim açısından refah düzeyinin bir göstergesidir (Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü [OECD], 2006; Bruns, 2012).

Tarihsel süreç içerisinde enerji faktörünün artan önemi, 18. Yüzyılın ikinci yarısında gerçekleşen Sanayi Devrimine kadar uzanmaktadır. Bu dönemden itibaren insanlığın enerji talebi katlanarak artmış ve günümüzde de bu artış devam etmektedir. Bu bağlamda 1973-74 Petrol Krizi, Körfez Savaşı gibi olayların arkasında ülkelerin enerji talebinde yaşanan artışların olduğunu söylemek mümkündür. Böylelikle fosil yakıtlara sahip olma isteğinin dünya barışı açısından bir tehdit olduğu da ifade edilebilir. Bunun yanı sıra fosil yakıt kullanımının küresel iklim değişikliği ve küresel ısınma üzerindeki etkileri de bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur. Özellikle gelişmiş ülkelerin fosil yakıtları enerjiye dönüştürmesiyle ortaya çıkan karbondioksit hem havaya hem de çevreye zarar vermektedir. Böylece alternatif enerji kaynakları arayışları hızlanmış ve yenilenebilir enerji, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma bağlamında değerlendirilmeye başlamıştır. Kısacası, dünyadaki tüm ülkeler sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlamak için yenilenebilir enerjiye odaklanmaya başlamış ve yenilenebilir enerji üretimi zaman içinde kademeli olarak artmıştır. Bu durum dünyada ve Türkiye'ye yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme oranlarını özetleyen Tablo 1'den görülebilir.

Tablo 1: Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Üretimi (1965-2019 Dönemi)

	Dünya		Türkiye	
	Üretim Miktarı (Twh)	Artış Oranı (%)	Üretim Miktarı (Twh)	Artış Oranı (%)
1965-2019	414,6	9,9	3,7	27,8
1965-1979	30,4	7,0	0,2	4,8
1980-1999	115,4	7,6	0,1	37,9
2000-2009	374,6	12,3	0,5	33,2
2010-2019	1629,3	16,0	19,1	36,3

Notlar: Hesaplamalar tarafımızdan yapılmıştır. Üretim miktarları ve artış oranları dönem ortalamasıdır.
Twh: Terawatt-saat.

Kaynak: (BP) (2020).

Tablo 1’den de görülebileceği gibi, dünya genelinde 1965-2019 dönemi yenilenebilir enerji üretimi ortalama 414,6 terawatt-saat iken, bu dönemde ortalama artış oranı ise yaklaşık yüzde 10 düzeyindedir. 2000 sonrası dönemde enerji üretimi ortalama artış oranı yüzde 10’un üzerinde iken, 2000 öncesi dönemde artış oranı ortalama yüzde 7 düzeyindedir. 1980-1999 alt döneminde 115,4 twh enerji üretilirken, bu miktar 2000-2009 döneminde 374,6 terawatt saate ve 2010 sonrası dönemde de yaklaşık 1630 terawatt saate çıkmıştır. Bir başka deyişle 1980 sonrası dönemde yenilenebilir enerji konusunda dünya genelinde bir farkındalık artışı göze çarpmaktadır ve yirmi birinci yüzyılda bu farkındalık daha belirgin olmuştur. Benzer bir durum, özellikle 2010 sonrası dönem için Türkiye açısından da söz konusudur. 2010-2019 dönemindeki ortalama 19,1 terawatt saatlik yenilenebilir enerji üretimi önceki tüm dönemlerin toplamından kat kat fazladır ve bu dönemdeki artış oranı yüzde 36 civarındadır.

Kısacası, özellikle son dönemlerde olmak üzere dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji üretiminde dikkate değer artışlar olmuştur. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji üretiminin sürdürülebilir ekonomik büyümeye nasıl katkı sağladığı veya beklenen katkıyı sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi önemli olmaktadır. Bu nedenle Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (Autoregressive Distributed Lag – ARDL) modelinin kullanıldığı çalışmanın amacını, Türkiye’de 1990-2017 döneminde yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerindeki etkilerinin belirlenmesi oluşturmuştur. Bu yöntemin seçilmesinin temel nedeni, yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki kısa ve uzun dönem etkilerinin aynı anda

belirlenmesine imkân vermesidir. Kullanılan yöntem ve analiz edilen değişkenler göz önüne alındığında, çalışmanın temel farkı ve katkısı, yenilenebilir enerji tüketiminden ziyade yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerindeki etkilerine odaklanmasıdır. Bu çalışmanın bir diğer farkı ise çalışmada emek, sermaye ve yenilenebilir enerji üretimi içeren Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun kullanılmasıdır. Başka bir deyişle, emek ve sermaye gibi ekonomik büyümeyi etkileyen enerji faktörü ihmal edilmemiştir. Çalışmadaki bir diğer fark ise, her ülkenin kendine has şartları olduğu fikrinden yola çıkılarak sadece Türkiye ekonomisini kapsıyor olmasıdır. Bu farklılıklar göz önüne alındığında, çalışmanın konuyla ilgili ampirik literatüre katkı sağlayacağını söylemek mümkündür.

Çalışma iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde ilk olarak enerji kaynakları tanıtılmakta, enerji kullanımı ve yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme ilişkisi teorik olarak ele alınmaktadır. İkinci bölümde ise ilk olarak konuyla ilgili ampirik literatür ilişkin bilgi verilmekte, daha sonra veri seti ve kullanılan yöntem tanıtılarak ampirik test ve bulguların değerlendirilmesi yapılmaktadır. Nihayet genel bir değerlendirme ve tartışmanın yapıldığı sonuç bölümüyle çalışma tamamlanmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE

YENİLENEBİLİR ENERJİ İLE EKONOMİK BÜYÜME

ARASINDAKİ İLİŞKİ

Bu bölümde ilk olarak enerji kavramı üzerinde durulmakta ve yenilenemeyen, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları hakkında bilgi verilerek, Türkiye ve dünyadaki enerji üretimi değerlendirilmektedir. Daha sonra büyüme olgusu ele alınarak Türkiye ve dünyadaki büyüme süreci incelenmektedir.

1.1. Enerji Kavramı

İster gelişmiş isterse gelişmekte olsun ülkelerdeki hızlı nüfus artışı, sanayileşme, ekonomik büyüme ve kentleşme gibi olgular enerji talebinde önemli artışlara yol açmaktadır. Üretim sürecinin temel bir bileşeni olarak enerji, bir ülkenin sosyal ve ekonomik gelişme gücünü yansıtan ana göstergelerden biridir. Enerji tüketimiyle ekonomik ve sosyal kalkınma arasında doğrusal bir ilişki vardır. Buna göre ekonomik büyüme ve refah artışıyla birlikte enerji tüketimi de artmaktadır (Koç ve Şenel, 2013). Bir başka ifade ile enerji ile ekonomik büyüme/kalkınmanın karşılıklı bir etkileşim içinde olması söz konusudur. Bu anlamda enerji türlerinin incelenmesinde fayda vardır.

Enerji, kullanım ve elde ediliş biçimlerine ya da kaynaklarına göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir.

İnsan hayatını kolaylaştıran etken olan enerjinin diğer üretim faktörleriyle birlikte kullanılmasına bağlı olarak çıktı elde edilme süreci dikkate alındığında; ısı enerjisi, ses enerjisi, kimyasal enerji, nükleer enerji, elektrik enerjisi, manyetik enerji, kinetik enerji ve potansiyel enerji gibi türlerinden bahsedilebilmektedir (<https://www.enerji.gen.tr/enerji-turleri.html>):

Bunlardan birincisi, termal enerji olarak da adlandırılabilen **ısı enerjisi**, fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan enerji türüdür. Bir başka ifade ile ısı enerjisi maddelerin sıcaklık farkına bağlı olarak tanımlanan enerji türüdür. Transfer halinde olan ısı enerjisinin örnekleri arasında ampuller ve elektrikli sobalar sayılabilir.

Ses enerjisi ise bir nesnenin hareketinden veya rezonansından meydana gelen enerji türüdür. Desibel olarak adlandırılan birimle ölçülen ses enerjisi ısı enerjisine dönüşebilmektedir.

Kimyasal maddelerin reaksiyonu sonucu açığa çıkan enerji ise **kimyasal enerji** olarak bilinmektedir. Bu enerji türü, kimyasal tepkimeye girinceye kadar madde veya nesnelere içinde depolanmaktadır. Bunların tipik örneği olarak piller verilebilir. Kimyasal enerjinin ısı, ışık ve elektrik enerjisine dönüşmesi söz konusudur.

Bir diğer enerji türü **çekirdek enerjisi** de denilen **nükleer enerjidir**. Nükleer enerji, atom çekirdeğinin parçalanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Nükleer santrallerde uranyumun parçalanması ve birleşmesi sonucu ortaya çıkmakta ve buradan da elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Elektrik enerjisi de atomun etrafını saran yüklü ve yüksüz elektronların iletken bir tel üzerinde birbirlerine karşı uyguladıkları itme ve çekme kuvveti sonucu ortaya çıkan enerji türüdür. Günlük hayatta en sık kullanılan bir enerji türü olarak elektrik enerjisi, pek çok kaynaktan elde edilmektedir: Petrol, doğalgaz, kömür, nükleer santraller, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biokütle bunların belli başlılarıdır.

Elektronların akımı ile meydana gelen manyetik gücün neden olduğu enerji ise **manyetik enerji** olarak adlandırılmaktadır. Mıknatıslar bu enerji türüne örnek olarak verilebilir. Mıknatısların itme ve çekme kuvveti mıknatıstaki atomların elektronlarının dizilişi ile ilgilidir.

Akım enerjisi de denilen **kinetik enerji**, cisimlerin devinimlerinden ötürü sahip olduğu güçtür. Bir cisme kuvvet uygulandığında kinetik enerji kazanmakta ve hızı artmakta, sonuçta bir iş meydana getirilmektedir. Örnek olarak hidroelektrik santralleri, rüzgâr enerji santralleri ve akarsular verilebilir. Bu enerji türü de elektrik elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Bir maddenin konumu ve durumuna bağlı olarak sahip olduğu enerji ise *potansiyel enerji* olarak adlandırılmaktadır. Bir başka ifade ile nesnelere yükseklikleri, kütlesi ve kütlesine uygulanan çekim kuvvetinden dolayı sahip oldukları güce potansiyel enerji denilmektedir. Potansiyel enerjinin bir işe dönüşebilmesi için mutlaka kinetik enerjiye dönüşmesi gerekmektedir. Zemine göre yüksekte bulunan, gerilmiş ya da sıkıştırılmış olan tüm maddeler potansiyel enerjiye sahiptir.

1.2. Enerji Kaynakları

Enerji, yararlanma açısının genişliği sebebiyle çok çeşitli şekillerde gruplandırılmaktadır. Bu gruplandırma hangi temel ilkelere göre yapılırsa yapılsın, değişik gruplarda yer alan enerjiler karşılıklı olarak dönüştürülebilmektedir. Enerjinin transformasyonunun ölçümü “ekserji” ile ortaya konmaktadır. Ekserji, belirli termodinamik şartlarda, belirli ölçüdeki enerjinin bir başka enerji türüne dönüştürülebilen en fazla ölçüsüdür (Acaroğlu, 2013).

Enerji kaynaklarının sınıflandırılması araştırmacılar tarafından farklı şekillerde yapılabilmektedir. Bu sınıflandırmalardan bir diğeri de kaynaklarına göre enerji türleri sınıflandırmasıdır. Bu çerçevede iki grup enerji türünden bahsetmek mümkün olmaktadır: yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji.

Yenilenemeyen enerji, kullanıldıktan sonra tekrar yerine konulamayan enerji türüdür. Genel olarak yenilenemeyen enerji doğalgaz, petrol ve kömür gibi fosil yakıt kaynaklı enerji türleri ve nükleer enerji bunların örnekleri arasındadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ise kullanıldıktan sonra tekrar yerine konulabilen, yeniden üretimi söz konusu olan enerji kaynaklarıdır. Bunların örnekleri arasında rüzgâr, güneş, hidroelektrik, jeotermal, hidrojen ve biokütle enerjilerini saymak mümkündür.

Tablo 2: Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Kaynak

Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
Ham Petrol	Güneş
Doğal Gaz	Rüzgâr
Kömür	Jeotermal
Nükleer	Hidroelektrik
	Biyokütle
	Dalga Enerjisi

Kaynak: Özşahin, Mucuk ve Gerçekler, (2016).

1.2.1. Yenilemeyen Enerji Kaynakları: Fosil Yakıtlar

Fosilleşmiş hayvan ve bitkilerden meydana gelen enerji türlerine fosil yakıtlar denilmektedir. Bu yakıt türünün temel niteliği, hidrokarbon ve çok fazla büyüklükte karbon varlığına sahip organik maddeleri içermesidir. Fosil yakıtlar, bir alanda veya havzada çok uzun yıllar toprağın altında kalmış bitki ve hayvan atıklarının ısıya dayalı kimyasal reaksiyon geçirmesi sonucu oluşmaktadır. Dolayısıyla fosil yakıt türleri belirli bir alanda ve az miktarda rezerv içermektedir. Fosil enerji kaynakları doğalgaz, kömür ve petrol olarak üç başlık altında gruplandırılmaktadır (<https://www.enerjiportali.com/fosil-yakitlar-nelerdir/>).

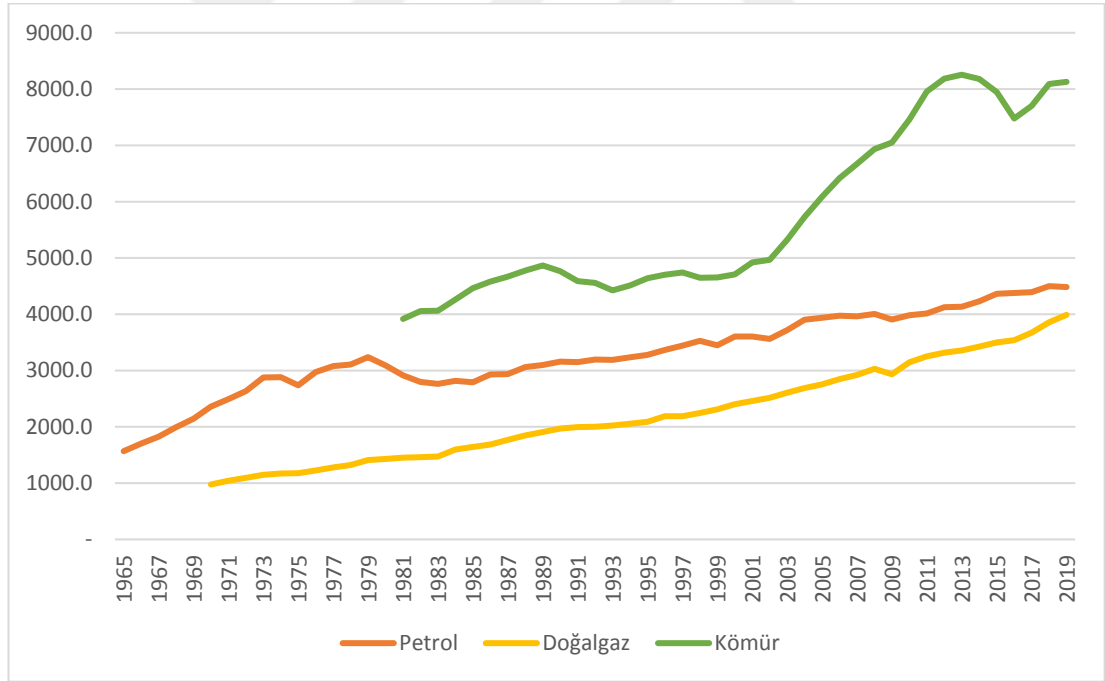
Fosil yakıt olarak kullanılan ilk enerji kaynağı kömür olmuştur. Günümüzde dahi dünya enerji kaynağı kullanımının yarısından fazlasını kömür oluşturmaktadır. Dünya üzerinde çok geniş alanlara yayılan kömür yatakları, kullanımına devam edilmesi halinde gelecek 250 yıl boyunca doğada tükenmeyecek miktarda bulunmaktadır. Buna karşılık kömüre kıyasla daha akıcı ve temiz olan petrol yataklarının gelecek 30 yıl gibi kısa bir sürede tükeneceği öngörülmektedir. Bir diğer fosil yakıt kaynağı olan petrolün çok eski devirlerde deniz ortamında yaşamış olan küçük hayvan ve bitki kalıntılarından meydana geldiği düşünülmektedir. Bu canlıların atıkları gömülerek sıkıştıkları ve ısındıkları zaman bunları organik kalıntıları sıvı veya gaz halinde özellikle tortul kayaçların gözeneklerinde toplanmakta ve petrol yataklarını meydana getirmektedir (Şen, 2009). Dünya kaynağına göre fosil enerji üretimi Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3: Dünyada Kaynağına Göre Fosil Enerji Üretimi (1965-2019 Dönemi)

	Petrol (Milyon Ton)	Doğalgaz (Milyon m³)	Kömür (Milyon Ton)
1965-2019	3.283	2.227	5.745
1965-1980	2.543	1.206	0
1980-2000	3.135	1.915	4.529
2000-2019	4.062	3.148	7.025

*Not: Hesaplamalar tarafımızdan yapılmıştır. Değerler dönem ortalamasını göstermektedir.
Kaynak: BP (2020).*

Tablo 3'e göre, dünyada petrol üretimi 1965-2019 yılları arasında ortalama 3.283 milyon ton, doğalgaz üretimi ortalama 2.227 milyon metreküp, kömür üretimi ise 5.745 milyon ton olmuştur. Alt dönemler itibariyle değerlendirildiğinde fosil enerji üretimi şu şekildedir: 1965-1980 yılları arasında ortalama petrol üretimi 2.543 milyon ton, doğalgaz üretimi 1.206 milyon metreküp, kömür üretimi ise olmamıştır. 1980-2000 yılları arasında ortalama petrol üretimi 3.135 milyon ton, doğalgaz üretimi 1.915 milyon metreküp ve kömür üretimi ise 4.529 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2000-2019 yılları arasında ortalama petrol üretimi 4.062 milyon ton, doğalgaz üretimi 3.148 milyon metreküp ve kömür üretimi 7.025 milyon ton olmuştur. Kısacası fosil enerji üretimi özellikle 2000-2019 yılları arasında artış göstermekte, enerji talebindeki artış devam etmektedir. Petrol ve doğalgaz Türkiye'de çıkarılmadığından üretimi de yapılmadığı için burada yer verilmemiştir. Ancak 1980'li yıllardan itibaren kömür üretimine başlanmıştır.



Şekil 1. Dünyada Fosil Enerji Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi)

Kaynak: BP (2020).

Şekil 1'de Dünya'da fosil enerji (doğal gaz, kömür ve petrol) üretiminin 1965-2019 yılları arasında değişimi verilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi, fosil enerji üretiminde 1965 yılından başlayan artış 2019 yılına kadar devam etmektedir.

1.2.1.1. Petrol

Petrol kelimesi Latince “taş” ya da “kaya” anlamındaki “petra” sözcüğü ile “yağ” anlamındaki “elaion” veya “oleum” kelimelerinin birleşiminden oluşan ve “kaya yağı” anlamına gelen bir terimdir. Yerbilimcilere göre petrol, çok uzun yıllar önce varlığını sürdüren küçük deniz hayvanlarıyla tek hücreli yosunların kalıntılarını ifade etmektedir (Altın, 2013).

Bilindiği gibi petrol, dünyadaki tüm ülkeler için hem çok önemli bir gelir kaynağı hem de çok önemli bir enerji potansiyelidir. Bunun en önemli nedenlerinden biri, tüm dünyada yapılan enerji harcamaları içerisinde petrolün payının yüksek olmasıdır. Özellikle çağımızda elektrik üretiminden taşımacılığa kadar çok geniş bir alanda kullanımı mevcuttur. Petrolün oluşması için uzun yıllar geçmesi gerektiğinden enerji kaynakları gruplandırmasında, fosil kaynaklar (petrol, doğal gaz ve kömür) içerisinde yer almaktadır (Gökçe, 2014). Petrolün değeri ve kullanımı tüm dünyada ekonomik ve siyasi dalgalanmalar ile sürekli değişmektedir ve bunun temel nedeni, birbirinden farklı nitelikte ve maliyet yapılarına sahip farklı petrol türlerinin bulunmasıdır (Uzuner, 2018). Petrolün aranmasında, bulunmasında, çıkarılmasında ve küresel piyasalara aktarılmasında uluslararası güçlerin rekabeti önem arz etmektedir. Bu rekabette Uluslararası Enerji Kurumu (IEA) ve Petrol İhraç Eden Ülkeler Birliği (OPEC) gibi teşkilatlar da aktif rol oynamaktadır (Bayraç, 2009). Dünya petrol üretim miktarları dönemler itibariyle Tablo 4’te özetlenmiştir.

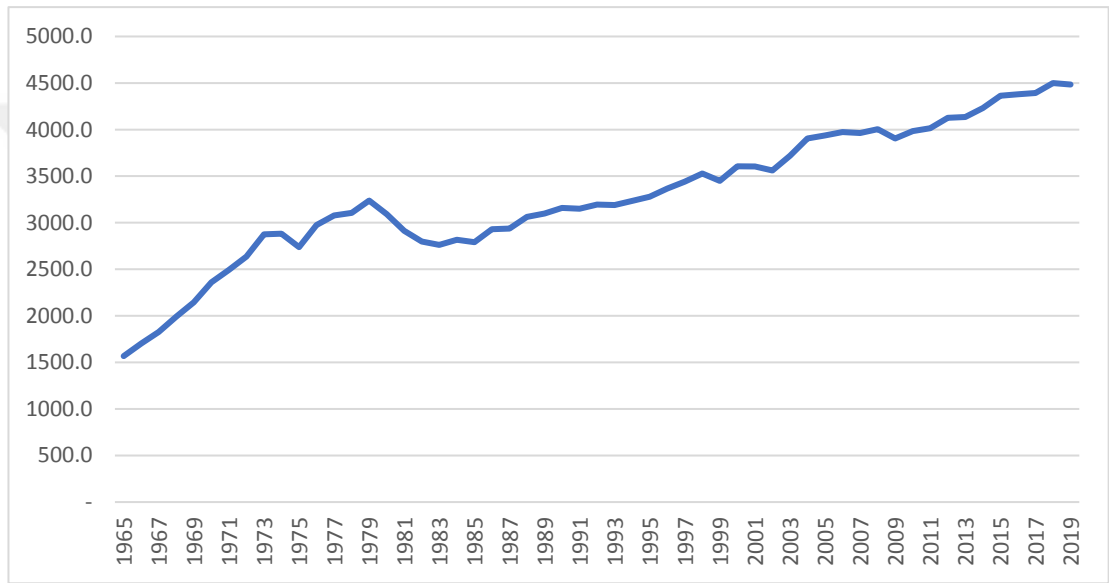
Tablo 4: Dünya Petrol Üretimi (1965-2019 Dönemi)

Dönemler	Üretim Miktarı (Milyon Ton)
1965-2019	180.589
1965-1980	40.703
1980-2000	62.703
2000-2019	77.182

Not: Değerler dönem toplamını ifade etmektedir.
Kaynak: BP (2020).

Tablo 4’te görüldüğü gibi, dünya petrol üretimi 1965-2019 döneminde toplam 180.589 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Alt dönemler itibariyle dünya petrol üretimine bakılacak olursa, 1965-1980 yılları arasında 40.703 milyon ton, 1980-2000

döneminde 62.703 milyon ton ve 2000-2019 yılları arasında 77.182 milyon ton petrol üretilmiştir. Kısaca dünyada 1965-2019 yılları arasında toplam petrol üretiminde, bazı yıllar üretim düşmüş olsa da genel olarak bir artışın mevcut olduğu söylenebilir. Dünya petrol üretimindeki bu artış eğilimi, Tablo 4’te yer alan verilerden hareketle çizilen Şekil 2 üzerinden daha rahat izlenebilir. Görülebileceği gibi, 1973-74 Petrol Krizini izleyen yıllarda petrol üretimi önce düşmekte ancak daha sonra artış trendi yeniden yakalanmaktadır.



Şekil 2. Dünya Petrol Üretimi (1965-2019 Dönemi)

Kaynak: BP (2020).

1.2.1.2. Kömür

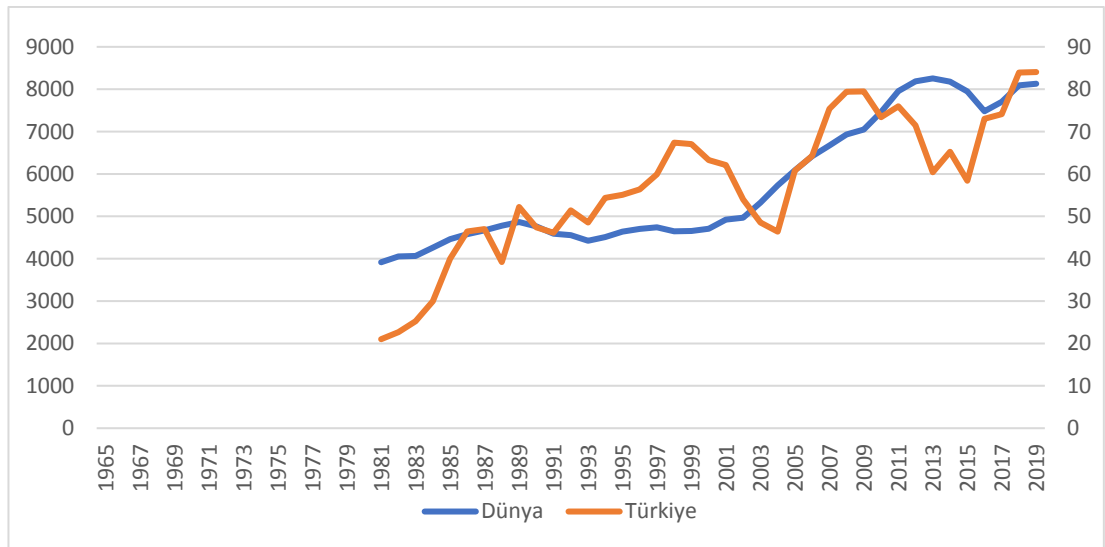
Bir başka önemli fosil enerji kaynağı kömür ise genellikle hidrojen, oksijen ve karbondan oluşan, çok az nitrojen ve kükürten içeren, kimyasal ve fiziksel olarak değişik bir formda bulunabilen maden ve kayadır. Kömürün diğer bileşenleri ise külden ibaret olan inorganik ve mineral maddelerdir. Bazı kömürler yüksek sıcaklıkta erimekte ve plastik şeklini alabilmektedir (Türkiye Taşkömürü Kurumu [TTK], 2019). Bir başka tanımda ise organik bir kayac olarak tanımlanan kömür, %50 oranında yanıcı madde ihtiva eden kaya olarak ele alınabilmektedir (Ateşok, 2004).

Tablo 5: Dünya’da ve Türkiye’de Kömür Üretimi (1965-2019 Dönemi) (Milyon Ton)

Dönemler	Dünya	Türkiye
1965-2019	5.745	57
1965-1980	0	0
1980-2000	4.529	47
2000-2019	7.025	67

Not: Değerler dönem ortalamalarını göstermektedir.
Kaynak: BP (2020).

Tablo 5’e göre dünyada 1965-2019 döneminde ortalama 5.745 milyon ton kömür üretimi gerçekleşmiştir. Alt dönemler itibariyle kömür üretimi ele alındığında ise 1965-1980 yılları arasında üretim olmadığı, buna karşılık 1980-2000 yılları arasında ortalama 4.529 milyon ton ve 2000-2019 yılları arasında ortalama 7.025 milyon ton kömür üretimi yapıldığı görülmektedir. Türkiye’de ise 1965-2019 yılları arasında ortalama 57 milyon ton kömür tüketimi gerçekleşmiştir. Alt dönemlere göre kömür tüketimi ise şu şekildedir: 1965-1980 yılları arasında dünya geneline benzer şekilde üretim yapılmamış, 1980-2000 yılları arasında ortalama 47 milyon ton kömür üretimi olurken, 2000-2018 yılları arasında ortalama 67 milyon ton kömür üretimi gerçekleştirilmiştir. Genel olarak hem dünyada hem Türkiye’de 1980’li yıllarda başlayan kömür üretimi, dünya ölçeğinde daha istikrarlı bir artış sergilerken, Türkiye özelinde inişli çıkışlı bir seyir izlemiştir. Bu durum Şekil 3 üzerinde daha net görülebilmektedir.



Şekil 3. Dünya’da ve Türkiye’de Kömür Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi)

Kaynak: BP (2020).

Şekil 3, genel olarak dünyada ve Türkiye’de 1965’ten 2019 yılına kadar gerçekleşen kömür üretiminin gelişimini göstermektedir. 1980’den başlayan kömür üretimi dünya ölçeğinde bazı yıllar azalma gösterse de genel olarak artan bir eğilim sergilemektedir. Türkiye’de ise 1980’den başlayan kömür üretimi 1999 yılına kadar artış eğiliminde olmakla birlikte, 1999-2005 yılları arasında üretimde azalma meydana gelmiştir. 2005 yılından itibaren yeniden başlayan üretim artışı 2009 yılına kadar sürmüştür ve 2009 yılından itibaren üretimde azalma olmuştur. Üretimdeki bu azalma 2017 yılına kadar sürmüştür. 2017-2019 yılları arasında üretim artışı gerçekleşmiştir.

1.2.1.3. Doğal Gaz

Petrolün yan ürünü olarak havadan hafif, yanıcı, renksiz ve kokusuz bir gaz olan doğal gaz, metan ve etan gibi farklı hidrokarbonlardan oluşmaktadır. Yer altında ve çoğunlukla petrol ile veya gaz yuvalarında bulunmaktadır. Kaynağından çıkarıldığı şekliyle herhangi bir aşamadan geçirilmeden kullanılabilen doğal gaz, boru hatları ile veya sıvılaştırılarak tankerlerle taşınmaktadır. Bir başka tanımda ise doğalgaz organik bir tür olan bitki ve hayvanların çok uzun yıllar yeryüzü tabakaları arasında kum, çamur ve diğer materyaller ile oksijensiz bir ortamda yüksek basınç ve ısıya maruz kalması ile oluşan metan, etan, propan, bütan ve pentan gibi yanıcı gazlardan meydana gelen gaz karışımı olarak ele alınmaktadır. İçeriğinin %95 gibi büyük bir kısmını metanın oluşturduğu doğalgaz, yüksek kalori değerine sahip havadan hafif ve renksiz kokusuz yanıcı bir gazdır. Fosil yakıtların aksine çok daha temiz bir şekilde yanan ve bunun sonucunda havaya sadece karbondioksit, su buharı ve çok az miktarda nitrojen oksit emisyonuna neden olan bir hidrokarbon gaz türüdür (Türkel, 2012).

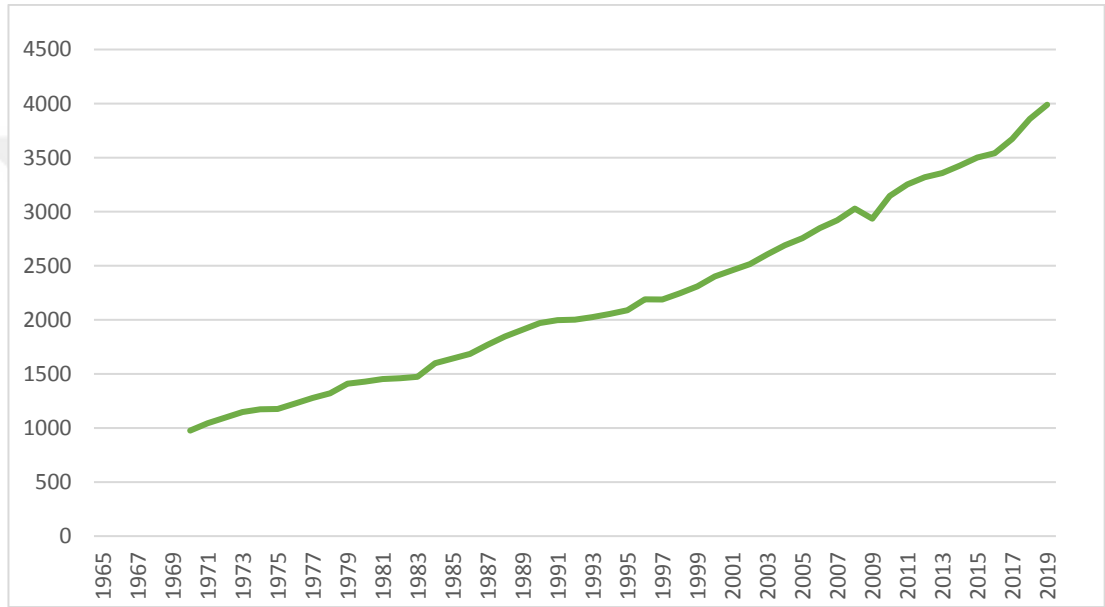
Tablo 6: Dünya’da Doğal Gaz Üretimi (1965-2019 Dönemi)

Dönemler	Üretim Miktarı (Milyon m ³)
1965-2019	111.397
1965-1980	13.273
1980-2000	38.304
2000-2019	59.818

Not: Değerler dönem toplamını ifade etmektedir.

Kaynak: BP (2020).

Tablo 6’da gösterildiği gibi, dünyada 1965-2019 yılları arasında toplam 111.397 milyon metreküp doğalgaz üretimi gerçekleştirilmiştir. Doğalgaz üretimine dönemler itibariyle bakıldığında 1965-1980 yılları arasında 13.273 milyon metreküp, 1980-2000 yılları arasında 38.304 milyon metreküp ve 2000-2019 yılları arasında 59.818 milyon metreküp doğalgaz üretimi yapıldığı görülmektedir. Dünya’da doğalgaz üretiminin tüm dönemler itibariyle bir artış eğilimi içinde olduğu gözlenmektedir. Bu durumu Şekil 4 üzerinden de izlemek mümkündür.



Şekil 4. Dünya’da Doğal Gaz Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi)

Kaynak: BP (2020).

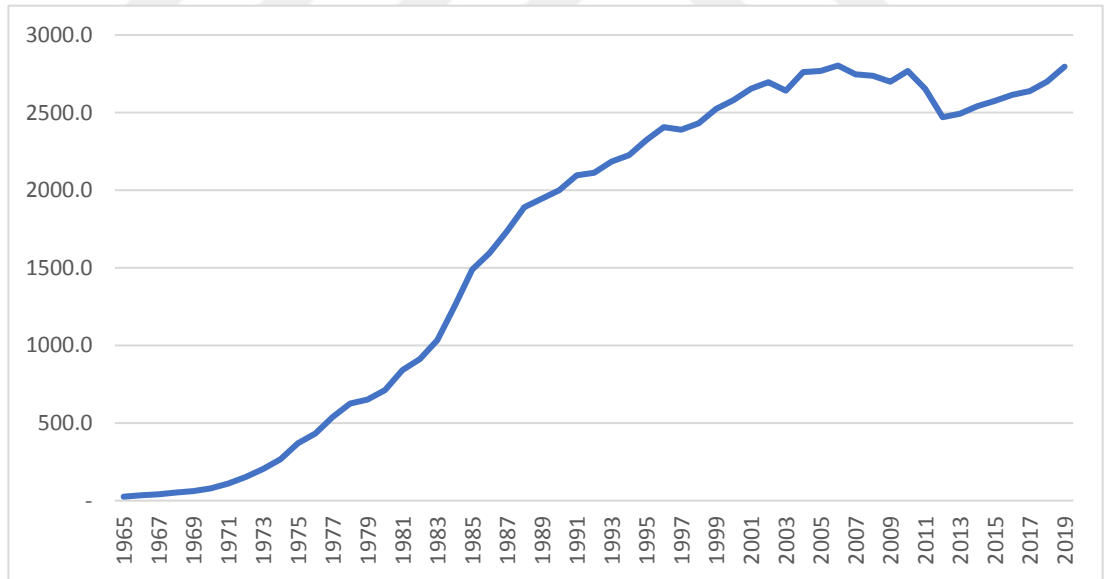
Şekil 4’te dünya genelinde 1965-2019 yılları arasında doğalgaz üretiminin grafiği verilmiştir. Görüldüğü gibi dünya genelinde doğalgaz üretiminde sürekli artan bir eğilim söz konusudur.

1.2.2. Nükleer Enerji

Bir başka önemli enerji kaynağı olan nükleer enerji, çok yüksek sıcaklık değerlerinde, yüksek enerji düzeyindeki atom çekirdeklerinin çarpışmasına bağlı olarak füzyon (birleşme) ve fisyon (parçalanma) reaksiyonları sonucu elde edilmektedir. Çekirdek enerjisi de denilen bu enerjinin oluşumu sırasında, nötronlar reaktörlerde Uranyum-235 çekirdeklerine çarpmakta, bu uranyum çekirdeği uranyum-236 haline dönüşerek bölünmektedir ve yeni nötronlar ile “nükleer enerji” adı verilen enerji türü

oluşmaktadır. Yeni ortaya çıkan nötronların başka uranyum-235 çekirdeklerine çarpıp yeni bölünmelere sebep olmasına bağlı olarak, sürekli bir enerji üretimi meydana gelmektedir. Nükleer enerji, ‘zincirleme tepkime’ olayı sonucunda elde edilmektedir (<https://www.enerjiportali.com>).

Özellikle gelişmiş ülkeler, fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükenecek olmasından dolayı artan enerji taleplerini karşılamak için nükleer enerjiye yönelmişler ve ihtiyaç duydukları elektrik enerjisinin bir kısmını nükleer santrallerden karşılamaya başlamışlardır. Bu durum nükleer enerji teknolojisini de beraberinde gündeme getirmiştir. Çok gelişmiş bir teknoloji olan nükleer teknoloji ülkeye gelişmiş ve hassas teknolojiyi getirirken, ulusal sanayinin uluslararası alanda rekabet gücünü artırmaktadır. Ulusal alanda çok değerli, kaliteli ve yüksek düzeyli insan gücünün yetişmesine neden olan nükleer teknoloji, içerdiği bilimsel ve stratejik unsurlar nedeniyle ülkeyi itibarlı ve güçlü kılmaktadır (Özbaş, 1996). Dünya nükleer enerji üretiminin gelişimi Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5. Dünya’da Nükleer Enerji Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi) (Terawatt Saat)

Kaynak: BP (2020).

Şekil 5’e göre 1965-1971 yılları arasında nükleer enerji üretimi nispeten sabit bir artış eğilimi gösterirken, 1971’den itibaren 2007 yılına kadar üretimde genel bir artış eğilimi olduğu gözlenmektedir. 2007-2013 yılları arasında üretimde görece azalma

olmakla birlikte, 2013 sonrası dönemde nükleer enerji üretiminde yeniden bir artış eğilimi gözlenmeye başlamıştır.

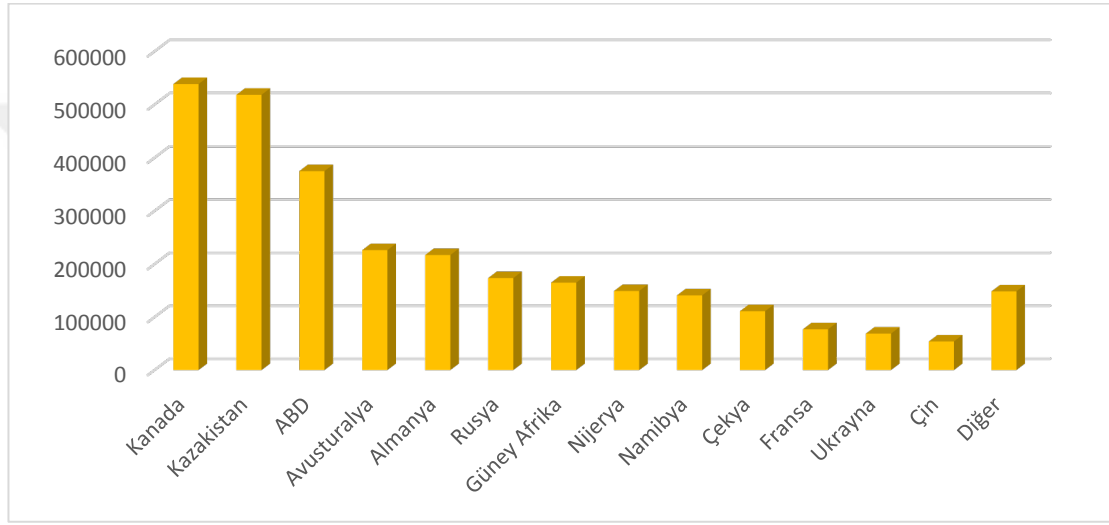
Türkiye’de nükleer santral olmadığı için henüz nükleer enerji üretimi yapılmamaktadır. Ancak, Mersin Akkuyu ve Sinop’ta nükleer santral kurulumu için çalışmalar devam etmektedir. Türkiye’de, 2023 yılına kadar iki santralin işletmeye alınması, üçüncüsünün inşaatına başlanması ve böylelikle enerji portföyüne nükleer enerji seçeneğinin katılması planlanmaktadır. Buradaki amaç, tahmin edilebileceği gibi, enerjide ithalata ve fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması, enerji kaynakları çeşitliliğinin artırılması ve bunların sonucunda enerji arz güvenliğinin sağlanması hedeflenmektedir. Böylelikle üç nükleer santrale ulaşılması halinde, Türkiye’nin elektrik enerjisi ihtiyacının en az %10’unun karşılanacağı düşünülmektedir (<https://www.nukleerakademi.org>).

Özet olarak, diğer tüm ülkeler için olduğu gibi, gelişen bir ülke olarak Türkiye açısından da enerji son derece önemlidir. Bu bakımdan mevcut diğer enerji kaynaklarıyla birlikte nükleer enerji kaynaklarının kullanıma alınması, özellikle enerjide dış bağımlılığı olan Türkiye’nin bu bağımlılığını azaltması noktasında bilhassa önem arz etmektedir (Temurçin ve Aliagaoglu, 2003).

1.2.2.1 Uranyum

Nükleer enerji üretimi ve atom bombası yapımında kullanılan radyoaktif bir element olarak uranyum, doğada saf bir şekilde bulunmamaktadır. Daha ziyade çeşitli elementlerin içerdiği uranyum, nükleer enerji üretiminde kullanılan bir hammadde niteliğindedir. Bundan dolayı herhangi bir maden gibi kolaylıkla bulunamamakta ve alınıp satılamamaktadır. Kullanım ve taşınması uluslararası anlaşmalar çerçevesinde gerçekleşmekte, oldukça sıkı denetim ve gözetimi yapılmaktadır. Enerji kaynaklarındaki azalmaya bağlı olarak artan nükleer enerji talebine paralel olarak uranyum talebi de giderek artış eğilimi göstermektedir. Esasen, nükleer silah yapımında ve dolayısıyla savaş tehdidi olarak kullanılmamak kaydıyla, insanlara yararlı bir maddedir. Ancak bilindiği gibi, günümüzde nükleer başlıklı silahlar dünya barışını tehdit eden önemli bir sorundur (<https://www.makaleler.com/uranyum-nedir-ozellikleri-nelerdir-nerelerde-kullanilir>).

Uranyum kaynaklarının yarısından fazlasının, diğer madenlerde olduğu gibi, açık ya da kapalı yöntemlerle işletilmesi mümkün olabilmektedir. Üretiminin yaklaşık yüzde 40'ının ISL (yerinde süzme – in situ leaching) yöntemi ile yapıldığı uranyumun belirli bir miktarı da yan ürün olarak elde edilmektedir. Günümüzde, elde edilen uranyumun %0,1 ile %1 arasında değişen oranlarda U308 içermekte, bu nedenle de ön zenginleştirme işlemine tabi tutulmaktadır (Eroğlu ve Şahiner, 2017). Böylece zenginleştirilen uranyum nükleer santrallerde kullanılmakta ve elektrik enerjisi üretilmektedir.



Şekil 6: Ülkelere Göre Uranyum Üretimi (1945-2019 Dönemi) (Ton)

Kaynak: <https://www.statista.com>

Şekil 6'dan da görülebileceği gibi, 1945-2019 yılları arasında dünyada en fazla uranyum üreten ülkeler Kanada, Kazakistan, ABD, Avustralya, Almanya, Rusya, Güney Afrika, Nijerya, Namibya, Çekya, Fransa, Çin şeklinde sıralanmaktadır.

Laboratuvar çalışmaları öncülüğünde arama çalışmalarının gerçekleştirildiği Türkiye'de uranyum cevheri bulunmuş ve sarı pasta üretimi de yapılmıştır. Manisa Köprübaşı madenlerinde Maden Tetkik Arama (MTA) Enstitüsünün kurduğu tesisler 1974-1982 döneminde faaliyette bulunmuş ve 1200 kg civarı sarı pasta üretiminde kullanılan uranyum madeni çıkarılmıştır. Üretilen sarı pasta 1996 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumuna teslim edilmiştir (Eroğlu ve Şahiner, 2017).

2017 verileri itibariyle 12.614 ton uranyum rezervlerinin bulunduğu belirlenen Türkiye'de, MTA Nevşehir'in Avanos ilçesine bağlı Yeşilöz alanında arama

faaliyetlerini sürdürmektedir. Ülkemizde Yozgat’ın Sorgun ilçesi Temrezli bölgesinde bulunan uranyum maden yatağı, ekonomik bir rezerv olmanın yanı sıra yüksek tenör içeren bir yatak olma özelliği taşımaktadır. Yapılan ön ekonomik değerlendirmelere göre, 6700 ton civarında uranyumun bulunduğu öngörülmektedir. Türkiye’de bulunan mevcut maden yataklarındaki rezervler, buldukları dönemde genel kabul gören ekonomik sınırlarda bulunmasına rağmen, günümüz itibariyle bu miktarlar kabul edilebilir sınırlarında altındaki seviyelerdedir. Bu durum, bilhassa Kanada ve Avustralya başta olmak üzere, üretim maliyetlerinin çok düşük olduğu yeni uranyum maden ocaklarının bulunmasından kaynaklanmaktadır (Eroğlu ve Şahiner, 2017). Tablo 7’de Türkiye’de 2017 Yılı itibariyle uranyum rezervleri verilmiştir.

Tablo 7: 2017 Yılı İtibariyle Türkiye Uranyum Rezervleri (Ton)

Bölge	Tenör (U3O8) (%)	Rezerv (Ton)
Manisa (Köprübaşı)	0.04-0.07	3487
Uşak (Eşme – Fakılı)	0.05	490
Yozgat (Sorgun)	0.1	6700
Aydın (Küçükçavdar)	0.04	208
Aydın (Demirtepe)	0.08	1729
Toplam		12614

Kaynak: Eroğlu ve Şahiner, (2017).

1.2.2.2 Toryum

Uranyum gibi, doğada serbest halde bulunmayan bir diğer cevher de toryumdur. Bununla birlikte yaklaşık 60 mineralde bulunan toryum, bu minerallerin sadece ikisinden (monazit ve thorite) üretilmektedir. Uranyuma benzer şekilde, toryum da bir nükleer yakıt üretiminde kullanılan bir hammadde özelliği taşımaktadır (<https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/toryum>).

Toryum, ilk olarak mineralog M. T. Esmark’ın 1828 tarihinde radyoaktif bir element olduğu keşfedilmesine rağmen, daha sonra kimyager J. J. Berzelius’un tanımlamasıyla periyodik cetvele girmesi mümkün olmuştur. Tek başına nükleer yakıt olarak kullanılamayan toryum, fertil izotop özelliği taşıyan Th-232’nin fisyon yapma özelliğine sahip U-233’e dönüşmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm, Th-232’nin düşük enerjili nötronlarla girdiği tepkime sonucunda görece daha az kararlılık gösteren Th-

233'ün oluşmasıyla gerçekleşmektedir. 23 dakikalık bir zaman dilimi içinde beta parçacığı yayan Th-233 protaktinyum olarak adlandırılan Pa-233'e; Pa-233 ise 27 günlük bir zaman diliminde U-233'e dönüşmektedir (Eroğlu ve Şahiner, 2017).

Tablo 8, oluşum sürecinin açıklandığı toryumun kıtalara göre 2109 yılı itibariyle tahmini rezervlerini göstermektedir.

Tablo 8: 2019 Yılı İtibariyle Dünya Toryum Rezervleri (Ton)

Bölge	Rezerv (ton)	Oran
Asya	2.524.500	41%
Amerika	1.723.300	28%
Avrupa	720.000	12%
Afrika	649.500	10%
Avusturalya	595.000	9%
Dünya Toplam	6.212.300	100%

Kaynak: International Atomic Energy Agency [IAEA], (2019).

Tablo 8'den görüldüğü gibi, 2019 yılı itibariyle dünyada 6.212.300 ton toryum rezervi olduğu tahmin edilmektedir. En fazla rezerve sahip bölge 2.524.500 ton ve yüzde 41 pay ile Asya kıtasıdır. İkinci olarak 1.723.300 ton ve yüzde 28 pay ile Amerika kıtası gelmektedir. Avrupa 720.000 ton ve yüzde 12 paya, Afrika 649.500 ton ve yüzde 10 paya, Avusturalya 595.000 ton ve yüzde 9 paya sahip diğer kıtalar olarak sıralanmaktadır.

Türkiye'deki duruma bakıldığında, MTA Genel Müdürlüğü'nün yaptığı araştırma sonuçlarına göre, Eskişehir ilini bağlı Sivrihisar ilçesi Kızılcacören bölgesindeki toryum maden yatağında, ortalama tenörü yaklaşık binde iki olan ThO₂ düzeyinde bulunan 374.000 ton görünür rezerv bulunmaktadır. Bununla birlikte toryum zenginleştirilmesine yönelik teknolojik problemlerin bütünüyle çözülemediği de bilinmektedir (<https://enerji.gov.tr/tabii-kaynaklar-toryum>).

1.2.3. Yenilenebilir Enerji

Daha önce de ifade edildiği gibi, 1973-1974 yıllarında yaşanan Petrol Krizlerini takip eden yıllarda, tüm dünyada enerji faktörünün önemi daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve alternatif enerji kaynaklarının bulunup kullanılması konusunda önemli adımlar atılmış, bilhassa enerjide dışı bağımlı

ülkelerde sürdürülebilir enerji politikaları bağlamında politika arayışları hız kazanmıştır. Son yirmi yıllık süreç incelendiğinde ise alternatif enerji arayışlarının önemli ölçüde ivme kazandığı ve yenilenebilir enerjiye yönelik hem teorik hem de pratik çalışmaların artmaya başladığı görülmüştür (Karagöl ve Kavaz, 2017; Apaydın, Taşdoğan ve Güngör, 2019).

Yenilenebilir enerji, en basit ifadeyle, üretilen enerjiye eşit bir oranda ya da üretilen enerjinin tüketilme hızına göre daha hızlı bir şekilde yenilenebilen enerji olarak tanımlanabilir (<https://enerji.gov.tr/enerji>). Bir diğer ifadeyle, “doğanın kendi döngüsü içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji” yenilenebilir enerjidir. Dolayısıyla geleneksel enerji türlerinin yenilenebilir enerji kaynakları olarak ele alınması mümkün değildir (Kum, 2009).

Hali hazırda tüm dünyada enerjinin çok önemli bir bölümü fosil yakıtlardan üretilmeye devam etmekle birlikte, bu kaynaklara olan bağımlılığın azaltılması noktasında yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir alternatif olarak görülmektedir. Nitekim hem Türkiye’de hem de dünya genelinde, yenilenebilir enerji üretim ve tüketimini teşvik etmek amacıyla önemli tedbirler alınmaktadır (<https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2019/02/sector-el-bakis-2019-enerji.html>).

Yenilenebilir enerjinin elde edildikleri kaynaklarına göre güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik, biokütle, dalga ve hidrojen gibi türleri bulunmaktadır. Kaynaklarına göre yenilenebilir enerji türleri Tablo 9’da listelenmiştir.

Tablo 9: Kaynaklarına Göre Yenilenebilir Enerji Türleri

<i>Enerji Türü</i>	<i>Kaynak</i>
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr
Jeotermal Enerji	Yeraltı Suyu
Hidroelektrik Enerji	Nehir, Akarsu
Biokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Dalga Enerjisi	Deniz, Okyanus
Hidrojen Enerjisi	Su, Hidroksit

Kaynak: Yerebakan (2010)

Yenilenebilir enerji kullanımıyla birlikte gelecekte fosil yakıtların çevreye verdiği zararların azaltılması da mümkün olabilecektir. Bununla birlikte yenilenebilir enerji türlerinin kendilerinin de küçük ölçeklerde kısmi çevresel etkileri vardır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının neredeyse tamamının atmosferi kirletici gaz emisyonu bulunmamaktadır. Bu enerji kaynaklarının güvenilir olmalarının yanı sıra bir diğer özelliği de tükenmez olmaları ve depolanmalarının gerekmemesidir (Şen, 2009). Bu anlamda dünyada 1965-2018 yılları arasında toplam 4,5 milyar ton petrole eşdeğer (mtep) yenilenebilir enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Aynı yıllar arasında Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi 35,05 mtep olmuştur. Dünyada son on beş yıllık dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin arttığı anlaşılmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji yatırımları bu konuda önemli bir etken olmuştur. Bu durumun Türkiye için de geçerli olduğu söylenebilir. Türkiye’de de son on beş yıllık dönemde yenilenebilir enerji üretiminde çok önemli artışlar olmuştur. Tablo 10’da Dünya’da ve Türkiye’de yenilenebilir enerji üretiminin terawatt-saat (Twh) cinsinden değerleri verilmiştir.

Tablo 10’a göre 1965-2019 döneminde Dünya’da ortalama 414,6 Twh yenilenebilir enerji üretimi gerçekleşmiştir. Dönemler itibariyle yenilenebilir enerji üretimine bakılacak olursa; 1965-1979 yılları arasında ortalama 30,4 Twh, 1980-1999 yılları arasında ortalama 115,4 Twh, 2000-2009 yılları arasında ortalama 374,6 Twh ve nihayet 2010-2019 dönemini kapsayan son on yıllık dönemde 1629,3 Twh’lik üretimin gerçekleştirildiği görülmektedir. Dikkat edilirse, özellikle 2000 yılı sonrasındaki onar yıllık dönemlerde yenilenebilir enerji üretiminde yüzde 12 ve yüzde 16 gibi hiç de yadsınamayacak oranlarda artışlar gerçekleşmiştir. Benzer bir eğilim Türkiye için de söz konusudur. Her ne kadar üretim miktarları dünya geneline göre mütevazı kalsa da, artış oranları bakımından Türkiye’deki eğilim daha çarpıcıdır. Türkiye’deki yenilenebilir enerji üretimi 1965-2019 döneminde ortalama 3,7 Twh düzeyindedir. 1965-1979 yılları arasında ortalama 0,2 Twh, 1980-1999 yılları arasında 0,1 Twh ve 2000-2009 yılları arasında 0,5 Twh ve 2010-2019 döneminde 19,1 Twh’lik yenilenebilir enerji üretimi gerçekleştirildiği görülür. Üretim miktarı açısından en çarpıcı dönem 2010 sonrası iken, artış oranları bakımından 1980 sonrası dönemde yaklaşık yüzde 38’ler düzeyinde üretim artışları gerçekleşmiş olması dikkate değerdir.

Tablo 10: Dünya’da ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Üretimi (1965-2019 Dönemi)

	Dünya		Türkiye	
	Üretim Miktarı (Twh)	Artış Oranı (%)	Üretim Miktarı (Twh)	Artış Oranı (%)
1965-2019	414,6	9,9	3,7	27,8
1965-1979	30,4	7,0	0,2	4,8
1980-1999	115,4	7,6	0,1	37,9
2000-2009	374,6	12,3	0,5	33,2
2010-2019	1629,3	16,0	19,1	36,3

Notlar: Hesaplamalar tarafımızdan yapılmıştır. Üretim miktarları ve artış oranları dönem ortalamasıdır.

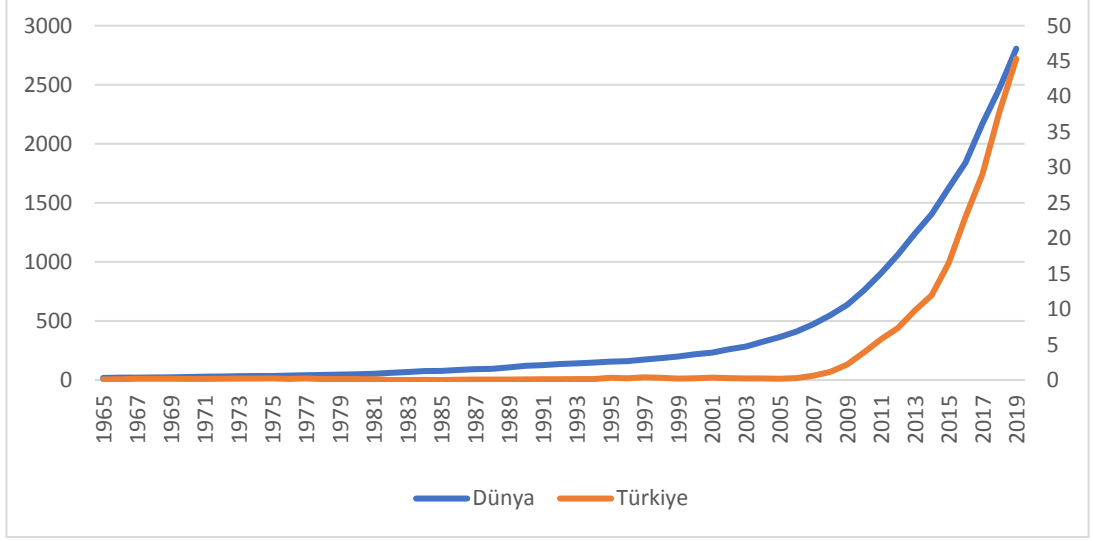
Twh: Terawatt-saat.

Kaynak: (BP) (2020).

Kısacası, Tablo 10’da sunulan veriler hem dünyada hem de Türkiye’de yenilenebilir enerji üretiminin artan önemini gözler önüne sermektedir. Yenilenebilir enerji üretimindeki bu gelişimi Şekil 7 üzerinden daha rahat gözlemlemek mümkündür.

Şekil 7’de Dünya’da ve Türkiye’de yenilenebilir enerji üretiminin 1965-2019 yılları arasındaki grafiği verilmiştir. Grafiğe göre Dünya’da 1965 yılından itibaren yenilenebilir enerji üretimine başlandığı ve 1978 yılından itibaren sürekli bir artışın olduğu ve bu artışın 2019 yılına kadar devam ettiği görülmektedir.

Türkiye’de ise yenilenebilir enerji üretimi 1965-2007 yılları arasında çok az miktarda kalmıştır. 2007 yılından sonra yenilenebilir enerji üretiminde çok önemli bir artışın olduğu ve bu artışın 2019 yılına kadar devam ettiği görülmektedir. Türkiye’de nüfus artışı, ekonomik ilerleme ve gelişen yaşam koşullarına paralel olarak enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artma eğilimindedir.



Şekil 7: Dünya'da ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Üretiminin Gelişimi (1965-2019 Dönemi)

Kaynak: BP, (2020).

Kaynaklarına göre enerji türleri açısından karşılaştırıldığında, Türkiye'nin yenilenebilir enerji bakımından daha üstün olduğunu söylemek mümkündür. Özellikle hidroelektrik, rüzgâr, güneş, biokütle ve jeotermal enerjilerin mevcut gücü oldukça yüksektir (Yılmaz, 2012). 2019 yılı itibariyle Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli, Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11: 2019 Yılı İtibariyle Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

<i>Kaynak</i>	<i>Potansiyel</i>
Hidroelektrik	140 milyar kWh/yıl
Rüzgâr	48.000 MW
Jeotermal	4,99 btep*
Biokütle-Biogaz	10,6 mtep**
Güneş Enerjisi	1.527 kWh/m ² -yıl

Notlar: * 2000 MW'ı elektrik üretimine elverişlidir. btep: bin ton eşdeğer petrol, **mtep: milyon ton eşdeğer petrol

Kaynak: EÜAŞ, (2020).

Tablo 11'deki veriler incelendiğinde, Türkiye'de 2019 yılı itibariyle 140 milyar kilovat saat hidroelektrik enerji, 48.000 megavat rüzgâr enerjisi, 4.99 btep jeotermal enerji, 10.6 mtep biokütle ve biyogaz, 1527 kilovat güneş enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji potansiyeline sahip görünmektedir. Yenilenebilir enerji üretimi

açısından oldukça iyi sayılabilecek bir bölgede bulunmasına rağmen, gerçekleşen üretim değerleri itibariyle Türkiye'deki üretimin düşük olduğu söylenebilir. Potansiyel ve gerçekleşen değerler arasında bu kadar fark bulunmasının arkasında, gerekli yasal düzenleme ve mevzuatlardaki eksikliklerin yanı sıra maliyetlerin yüksek oluşu gibi çok sayıda etken bulunmaktadır. Türkiye'nin enerjide dış bağımlılığı dikkate alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomiye kazandırılmasının çok önemli olduğu rahatlıkla söylenebilir (Karagöl ve Kavaz, 2017).

1.2.3.1. Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında, belki de birinci sırada yer alan güneş enerjisi, elektrik üretim gücünün artırılması için kullanılabilen çevre dostu, temiz ve neredeyse sonsuz sayılabilecek düzeyde bol miktarda bulunabilen, yaygın bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, çeşitli teknolojilerin kullanımı suretiyle elektrik ve ısı enerjisi gibi çok faydalı enerji formlarına dönüştürülerek insanlığın yararına sunulmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi, yalnızca ithal enerji talebini azaltmakla kalmayıp bunun yanında termik santrallerin yaydığı gaz emisyonunu da düşürmektedir (Çıra ve Cevheroğlu, 2009). Zaman içinde meydana gelen teknolojik gelişmelere paralel olarak güneş enerjisi üretim teknikleri de gelişmiş, bu enerji türünden yararlanma imkanları da önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu sistemlerin gelişmesinde fotovoltaik sistemlerdeki ilerleme ve maliyetlerin düşmesi de büyük katkı sağlamıştır (Üstün vd., 2009).

Tüm bu gelişmeler sonucu, dünyada ve Türkiye'de güneşten elektrik elde etmenin önemi son yirmi yılda giderek artmıştır. Güneş enerjisi üretiminin gelişimi, Tablo 12'de gösterilmiştir. Tablodan da görülebileceği üzere, 1989-2019 döneminde güneş enerjisi üretiminin dünya ortalaması 98,09 terawatt-saat olarak gerçekleşmiştir. Dönemler itibariyle bakıldığında ise, 1989-1999 döneminde ortalama 0,57 terawatt-saat, 1999-2009 döneminde 4,07 terawatt-saat ve 2009-2019 döneminde 287,55 terawatt-saat güneş enerjisi üretimi gerçekleştirilmiştir. Konu Türkiye açısından ele alındığında, güneş enerjisi üretiminin 2009 sonrası için başladığını söylemek gerekmektedir. Bir başka ifade ile 1999-2009 döneminde üretim mevcut değildir. 2009-2019 döneminde başlanan güneş enerjisi üretiminde ortalama 2,7 terawatt - saatlik bir üretim söz konusu olmuştur. 1989-2019 dönem ortalaması ise 0,7 terawatt-saattir.

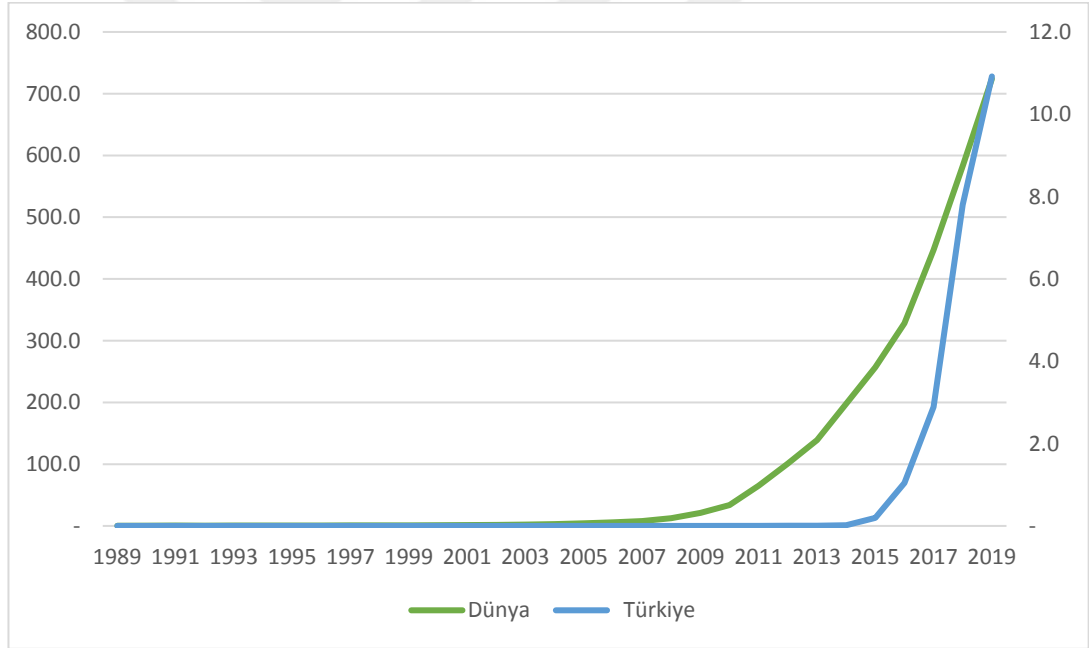
Tablo 12: Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Üretimi (1989-2019 Dönemi)

Dönemler	Dünya (TWh)	Türkiye (TWh)
1989-1999	0,57	0
1999-2009	4,07	0
2009-2019	287,5	2,7
1989-2019	98,1	0,7

Not: Değerler dönem ortalamasını ifade etmektedir. TWh: Terawatt-saat.

Kaynak: BP, (2020).

Güneş enerjisi üretimindeki bu gelişimi, Şekil 8 üzerinden de daha ayrıntılı görmek mümkündür.



Şekil 8: Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Üretiminin Gelişimi (1989-2019 Dönemi)

Kaynak: BP, (2020).

Şekil 8’de de görülebileceği gibi, dünyada 1989-2007 yılları arasında güneş enerjisi üretiminin çok az olduğu, üretimin 2008’li yıllardan itibaren artmaya başladığı görülmektedir. Türkiye’de ise güneş enerjisi üretiminin 2015 yılından itibaren başladığı dikkat çekmektedir. Oysa Türkiye, içinde bulunduğu bölge nedeniyle yüksek

güneş enerjisi gücüne sahiptir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na (ETKB) hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasında (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi ise yıllık 1.527 kWh/m² (günlük ortalama 4,18 kW/m²) olduğu tespit edilmiştir (ETKB, 2020).

1.2.3.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, yeryüzünün güneş ışınlarından farklı derecelerde etkilenmesinden meydana gelmektedir. Yeryüzünün farklı derecelerde ısınması, hava sıcaklığı, nem ve basıncının da farklı olmasına, basıncın farklı olması da hava hareketine yol açmaktadır. Rüzgâr enerji santrallerinin işleyişi açısından temel yapı taşı özelliğini taşıyan bu hava hareketi, rüzgâr türbinleri tarafından önce mekanik, sonra da elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Yatay veya dikey eksenli olarak üretilen rüzgâr türbinlerinin en yaygın kullanıma sahip olanı ise yatay eksenli olan türbinlerdir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar>).

Tablo 13: Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Üretimi (1989-2019 Dönemi)

Dönemler	Dünya (TWh)	Türkiye (TWh)
1989-1999	7,33	0
1999-2009	91,97	0,31
2009-2019	829,63	11,63
1989-2019	308,6	3,9

Not: Değerler dönem ortalamasını ifade etmektedir. TWh: Terawatt-saat.

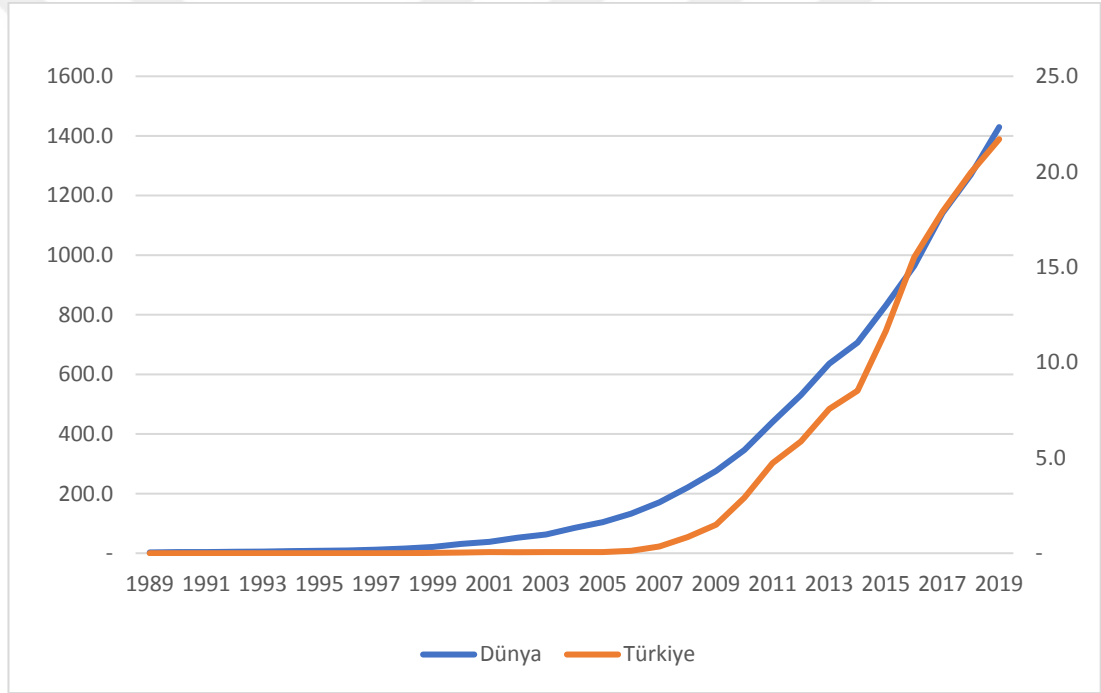
Kaynak: BP, (2020).

Tablo 13'te görüldüğü gibi, ortalama rüzgâr enerjisi üretiminin dünya ortalaması 1989-2019 döneminde 308,60 terawatt-saat olmuştur. Dönemler itibariyle rüzgâr enerjisi üretimi ise 1989-1999 döneminde ortalama 7,33 terawatt-saat, 1999-2009 döneminde ortalama 91,97 terawatt-saat ve 2009-2019 döneminde ortalama 829,63 terawatt-saat olmuştur. Tabloya Türkiye açısından bakıldığında, dünya ortalamasının oldukça altında bir üretimin olduğu görülmektedir. Zira 1989-1999 döneminde rüzgâr enerjisi üretimi söz konusu değildir. 1999-2009 döneminde ortalama 0,31 terawatt-saat üretim yapılırken, 2009-2019 döneminde ortalama üretim 11,63 terawatt-saat

çıkıştır. Nihayet 1989-2019 döneminde ise 3,9 terawatt-saatlik bir üretim ortalamasına ulaşıldığı görülmektedir.

Dünya üzerinde rüzgâr potansiyelinin güçlü olması, tüketimi de doğrudan etkilemekte ve bu gücün belirlenebilmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin IEA tarafından yapılan çalışmalarda, kapasitenin yüzde 4'ünün kullanılacağı kabul edilerek, küresel rüzgâr enerjisi potansiyelinin yıllık 53.000 TWh olduğu tahmin edilmektedir (Özarıslan ve Bayraç, 2018).

Dünyada ve Türkiye'deki rüzgâr enerjisi üretiminin gelişimini Şekil 9 üzerinden izlemek mümkündür.



Şekil 9: Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Üretimi (1989-2019 Dönemi)

Kaynak: BP, (2020).

Şekil 9'dan görülebileceği gibi, dünyada rüzgâr enerjisi üretimi 1989 yılında başlamış ve 1999 yılından itibaren artarak devam etmiştir. Güneş enerjisinde olduğu gibi, rüzgâr enerjisi de 15-20 yıllık bir enerji kaynağıdır. Benzer bir eğilim Türkiye için de söz konusudur. Türkiye'de de 1989 yılında başlayan rüzgâr enerjisi üretimi, 2007 yılından sonra giderek artma eğilimi göstermiştir. Rüzgâr enerjisi üretimine geç başlanmasının nedenleri arasında bu santrallerin pahalı olması yer almaktadır. Bununla birlikte yerli üretimin başlamasıyla birlikte rüzgâr santralleri ucuzlamış ve

tüketim de artmaya başlamıştır. Elektrik üretimi bakımından rüzgâr santralleri, genel olarak dünyada kirliliğe neden olmaması ve neredeyse çevreye hiç zarar vermiyor olması, çok kısa sürede kurulabilmesi, yatırım harcamalarının görece düşük oluşu ve elektrik enerjisine dönüşümünün hızlı ve kolay olması gibi nedenlerle tercih edilmektedir (Yılmaz ve Öziç, 2018).

Türkiye’de son dönemlerde rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde hatırı sayılır gelişmeler kaydedilmiştir. Yerden 50 metre yükseklikte, 7,5 m/s ve daha fazla rüzgâr hızına sahip alanlarda, kilometrekare başına 5 MW gücüne sahip rüzgâr santrallerinin kurulabileceği kabul edilmiş ve Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) oluşturulmuştur. Buna göre Türkiye’nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin 48.000 MW, buna denk düşen toplam alanın ise ülke yüz ölçümünün yüzde 1,3’üne denk gelmektedir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar>).

Rüzgâr santrallerinin bütünüyle yerli kaynaklar kullanılarak üretilip kurulması yerine ithal edilmesi, teknoloji birikimi ve gelişimi konusunda katkı yapmadığı gibi ülkenin döviz giderlerinin artmasına da neden olmaktadır. Bu nedenle ülkedeki mevcut potansiyelin kullanılması ve üretimin ulusal kaynaklarla yapılması önem arz etmektedir.

1.2.3.3. Hidroelektrik Enerji

Bir başka ve en eski yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan enerji kaynağı da hidroelektrik enerjidir. Kavramsal olarak bu enerji türü, yerçekimi kuvvetine bağlı olarak yüksek bir yerden düşen veya akan suyun elektrik enerjisi üretimine dönüştürülme sürecine işaret etmektedir. ‘Hidroelektrik santraller’ de söz konusu enerjinin üretildiği tesisleri tanımlamaktadır. Kısaca söylemek gerekirse, hidroelektrik santrallerinde su belli bir yükseklikten düşürülmekte, böylelikle türbinlerin döndürülmesi sağlanarak elektrik üretilmektedir (Ürker ve Çobanoğlu, 2012). Üretilen elektrik sanayide, hanelerde, büyük küçük firmalarda, aydınlatmada kısaca hemen her alanda tüketilmektedir. Bu anlamda dünyada ve Türkiye’de hidroelektrik enerjisi önem arz etmektedir.

Tablo 14, dünya geneli ve Türkiye’deki hidroelektrik enerji üretimini özetlemektedir. Buna göre 1965-2019 döneminde dünya hidroelektrik enerji üretimi ortalama 2365

terawatt-saat olarak gerçekleşmiştir. Alt dönemler itibariyle değerlendirildiğinde bu rakamlar 1965-1980 dönemi için ortalama 1308 terawatt-saat, 1980-2000 dönemi için ortalama 2214 terawatt-saat ve 2000-2019 dönemi için ortalama 3413 terawatt-saat düzeyindedir. Bir diğer ifadeyle alt dönemler bazında hidroelektrik enerjisi üretimi giderek artış eğilimindedir. Bu eğilim, dünya ortalamasının oldukça altında olmakla birlikte, Türkiye için de söz konusudur. Türkiye’de dönem genelinde (1965-2019) ortalama hidroelektrik enerji üretimi 27,6 terawatt-saat iken, bu ortalamanın özellikle 1980 sonrası dönemde gerçekleşen ortalama üretim artışlarından kaynaklandığı görülür. Zira 1965-1980 döneminde ortalama üretim 5,1 terawatt-saat iken, bu üretim 1980-2000 döneminde ortalama olarak 25,1 terawatt-saat ve 2000-2019 döneminde ortalama 49 terawatt-saat düzeylerine ulaşmıştır.

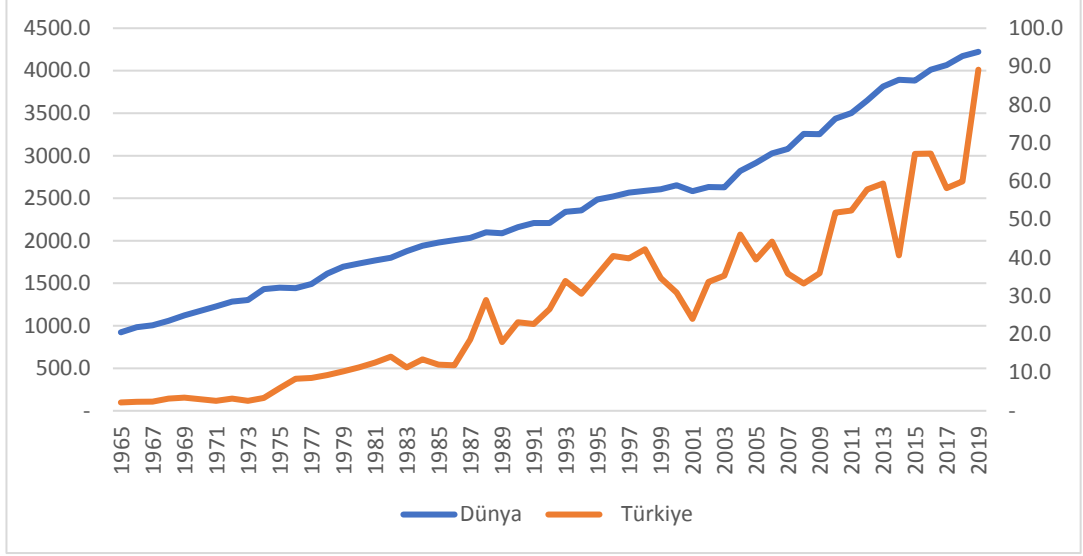
Tablo 14: Dünya’da ve Türkiye’de Hidroelektrik Enerjisi Üretimi (1965-2019 Dönemi)

Dönemler	Dünya (TWh)	Türkiye (TWh)
1965-1980	1308	5,1
1980-2000	2214	25,1
2009-2019	3413	49
1965-2019	2365	27,6

Not: Hesaplamalar tarafımızdan yapılmıştır. Değerler dönem ortalamasını ifade etmektedir. TWh: Terawatt-saat.

Kaynak: BP, (2020).

Özet olarak Tablo 14’teki veriler hem dünyada hem Türkiye’de hidroelektrik enerji üretiminde önemli artış eğilimlerini ortaya koymaktadır. Bu durum, söz konusu artış eğilimlerini net bir şekilde ortaya koyan Şekil 10 üzerinden görülebilir.



Şekil 10: Dünya’da ve Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Üretimi (1965-2019 Dönemi)

Kaynak: BP, (2020).

Şekilden de görülebileceği gibi, dünyada hidroelektrik enerji üretimi 1965’den günümüze neredeyse kesintisiz bir artış eğilimi gösterirken, Türkiye’de inişli çıkışlı bir seyir izlemektedir. Türkiye’de böyle bir seyir izlemesinin temel nedeni olarak, yaşanan ekonomik krizler olduğunu söylemek mümkündür. Nitekim Şekil 10 incelendiğinde, Asya ve Rusya Krizleri ile Türkiye’de 1997, 1998 ve 1999-2000 yıllarında yaşanan krizler ile 2007-2008 Küresel Finans Krizini takip eden yıllarda enerji üretiminde önemli sayılabilecek düşüşlerin yaşandığı dikkat çekmektedir. Öte yandan kriz sonrası yıllarda hidroelektrik enerjisi üretiminin yeniden artış eğilimine girmesi de ilgi çekicidir. Tüm bunlara rağmen Türkiye’de bu enerji üretimi açısından genel bir artış trendinin olduğunu söylemek mümkündür.

1.2.3.4. Jeotermal Enerji

‘Jeotermal’, Latince jeo (yer) ve termal (sıcaklık) kelimesinden gelir ve jeotermal enerji, kelimenin tam anlamıyla Dünya’da bulunan ve gezegensel ölçekte jeolojik olayları üreten ısı olarak tanımlanır. Bununla birlikte günümüzde dünya ısısının insan tarafından faydalanması için ‘jeotermal enerji’ kullanılmaktadır (İnce, 2005). Jeotermal enerjiyi kısaca tanımlamak gerekirse, potansiyelini yer kabuğunun derinliklerinde bulunan sulardan alan birikmiş ısının meydana getirdiği, yapısında

erimiş mineral tuzlar ve gazlar gibi çeşitli kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardan oluşan bir hidrotermal enerjidir (Külekçi, 2009).

Bulunduğu bölge ve sahip olduğu yeryüzü özellikleri itibariyle Türkiye jeotermal enerji açısından dünya ülkeleriyle kıyaslandığında zengin bir konumdadır. Öyle ki, ülkenin çeşitli bölgelerinde farklı sıcaklıklara sahip yaklaşık bin civarında jeotermal kaynak bulunmaktadır. Jeotermal kaynakların yüzde 78'i Batı Anadolu Bölgesinde, bulunurken, bunu sırasıyla İç Anadolu Bölgesi (%9), Marmara Bölgesi (%7), Doğu Anadolu Bölgesi (%5) ve diğer bölgeler (%1) takip etmektedir. Türkiye'deki jeotermal kaynakların büyük bir bölümü (%90) ısıtma, termal turizm ve çeşitli endüstriyel uygulamalar gibi doğrudan kullanım için, geriye kalan bölümü (%10) ise elektrik enerjisi üretimi gibi dolaylı kullanımlar için uygun durumdadır (<https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>).

Dünyada ve Türkiye'de 2000 sonrası dönemde jeotermal üretim miktarları ve artış oranları Tablo 15'ten izlenebilir.

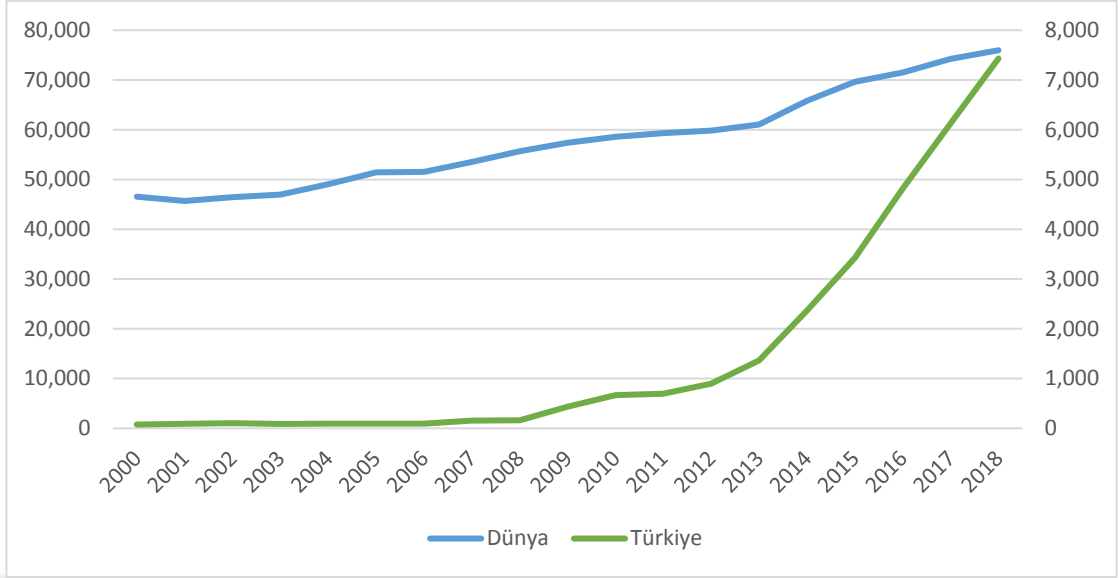
Tablo 15: Dünya'da ve Türkiye'de Jeotermal Enerji Üretimi (2000-2018 Dönemi)

Yıllar	Dünya (GWh)	Artış Oranı (%)	Türkiye (GWh)	Artış Oranı (%)
2000	46.538		76	
2005	51.421	10,5	94	23,7
2010	58.570	13,9	668	610,6
2015	69.638	18,9	3.425	412,7
2016	71.516	2,7	4.819	40,7
2017	74.223	3,8	6.127	27,1
2018	75.970	2,3	7.431	21,3

Not: Hesaplamalar tarafımızdan yapılmıştır. GWh: Gigawatt-saat.

Kaynak: <https://www.irena.org/Statistics>, 2020.

Tablodan da görülebileceği gibi hem dünyada hem de Türkiye'de jeotermal enerji üretimi sürekli artış eğilimindedir. Ancak özellikle 2005-2015 döneminde dünya genelinde hatırı sayılır bir artış gözlenmekle birlikte, Türkiye'deki artış dikkat çekmektedir. Bu artış eğilimi, yıllar itibariyle jeotermal enerji üretim miktarlarının gösterildiği Şekil 11 üzerinden daha iyi gözlenebilmektedir.



Şekil 11: Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal Enerji Üretimi (2000-2018 Dönemi)

Kaynak: <https://www.irena.org/Statistics>, 2020

1.2.3.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, çeşitli atıklardan (tarım, orman ürünleri, hayvansal veya kentsel) oksijensiz ortamda çürütülerek elde edilen enerji türüdür. Kısaca ifade etmek gerekirse, organik maddelerden elde edilen enerjiye biyokütle enerjisi denilmektedir (<http://kojenturk.org/tr/biyokutle-nedir-8>). Organik karbon olarak da nitelendirilebilen biyokütle enerjisi, biyolojik kökenli fosil olmayan organik madde külesinden elde edilen enerji türüdür. Genelde güneş enerjisini fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak da ifade edilen biyokütleden üretilen enerji, elektrik ve ısı üretiminde kullanılabilirdiği gibi, yakıt olarak da kullanılabilir. Biyokütlenin enerji üretiminde kullanımında doğrudan yakma ve/veya çeşitli fiziksel ve kimyasal süreçler kullanılmaktadır (Hacıhamzaoğlu, 2017; Kapluhan, 2014). Bununla birlikte en yaygın kullanılan yöntem doğrudan yakmadır (Durak, 2018).

Tablo 16, dünyada ve Türkiye’de 2000 sonrası dönem için biyokütle enerjisi üretim değerlerini özetlemektedir.

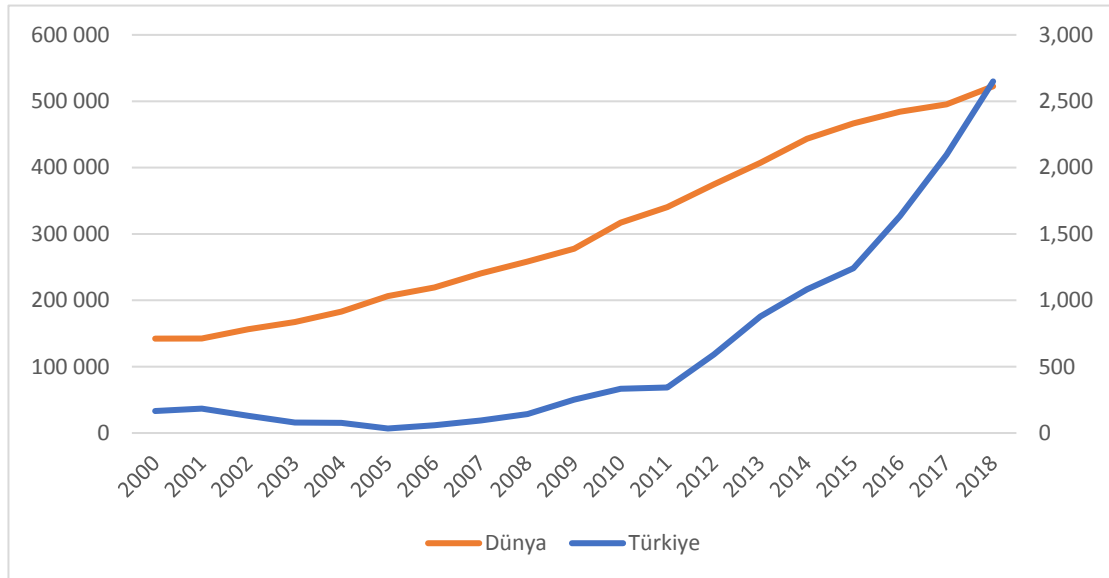
Tablo 16: Dünya’da ve Türkiye’de Biyokütle Enerjisi Üretimi (2000-2018 Dönemi)

Yıllar	Dünya (GWh)	Artış Oranı (%)	Türkiye (GWh)	Artış Oranı (%)
2000	142.261		166	
2005	206.379	45,0	34	-79,5
2010	317.134	53,6	333	906,0
2015	466.697	47,1	1.241	272,6
2016	484.270	3,7	1.695	36,5
2017	495.401	2,2	2.096	23,6
2018	522.552	5,4	2.650	26,4

Not: Hesaplamalar tarafımızdan yapılmıştır. GWh: Gigawatt-saat.

Kaynak: <https://www.irena.org/Statistics>, 2020.

Tablodan da görülebileceği gibi, genel olarak hem dünya genelinde hem Türkiye’de biyokütle enerjisi üretim miktarları artmaktadır. Sadece 2005 yılında bir azalma görülmekle birlikte, Türkiye’deki biyokütle enerji üretim artış oranları dünya geneline kıyasla oldukça yüksek seyretmektedir. Yıllar itibariyle biyokütle enerjisi üretim miktarları ise Şekil 12 üzerinde daha net görülmektedir.



Şekil 12: Dünya’da ve Türkiye’de Biyokütle Enerjisi Üretimi (2000-2018 Dönemi)

Kaynak: <https://www.irena.org/Statistics>.

1.3. Yenilenebilir Enerji ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki

Dünya genelinde hemen her ülkenin uyguladığı iktisat politikalarının ana hedeflerinden biri, sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin sağlanmasıdır. Bu hedefin gerçekleştirilebilmesi bakımından enerji faktörünün büyük bir role sahip olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Daha önce de ifade edildiği gibi, dünya nüfusundaki artışlar, ülkelerin sanayileşmesi, hızlı kentleşme, vb. olgular insanlığın enerji faktörüne olan talebi artırmış ve artırmaya da devam etmektedir. Bir yandan artan enerji talebi diğer yandan fosil yakıtların küresel iklim değişikliği ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri, alternatif enerji kaynağı arayışlarını hızlandırmış ve yenilenebilir enerji üretim ve tüketimi, özellikle büyüme ve kalkınmanın sürdürülebilirliği bağlamında değerlendirilmeye başlanmıştır. Nitekim hem devlet hem de özel sektör düzeyinde yenilenebilir enerji alanına daha fazla yatırım yapıldığı ve yenilenebilir enerji üretiminde hatırı sayılır artışlar gözlenmeye başlanmıştır (Tablo 17).

Tablo 17: Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Büyüme Oranları (1965-2019 Dönemi)

Dönem	Dünya			Türkiye		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi (TWh)	Artış Oranı (%)	Büyüme Oranı (%)	Yenilenebilir Enerji Üretimi (TWh)	Artış Oranı (%)	Büyüme Oranı (%)
1965-1979	30,4	7,0	4,56	0,2	4,8	5,11
1980-1999	115,4	7,6	4,05	0,1	37,9	2,83
2000-2009	374,6	12,3	2,87	0,5	33,2	4,02
2010-2019	1629,3	16,0	2,96	19,1	36,3	5,86
1965-2019	414,6	9,9	3,33	3,7	27,8	4,66

Not: Hesaplamalar tarafımızdan yapılmıştır. Veriler dönem ortalamalarını göstermektedir. TWh, terawatt-saat.

Kaynak: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>

Tablodan görülebileceği gibi, 1965-2019 döneminde dünya yenilenebilir enerji üretim artış oranı ortalama olarak yaklaşık yüzde on düzeyinde iken, özellikle 2000’li yıllarda bu oran yüzde onların üzerine çıkmaktadır. 2000-2009 döneminde ortalama olarak yüzde 12,3 oranında artan yenilenebilir enerji üretimi, 2010-2019 döneminde ortalama olarak yüzde 16 oranında artmaktadır. Söz konusu dönemde ekonomik büyüme oranı da ortalama yüzde 2,96 olarak gerçekleşmekte ve bir önceki döneme (2000-2009) dönemine göre nispi olarak artış gözlenmektedir. Buna karşın aynı dönemlerde Türkiye’de hem yenilenebilir enerji üretiminde hem de ekonomik büyüme oranlarında

gözle görülür farklılık söz konusudur. Zira 2000-2009 dönemi yenilenebilir enerji üretimi ortalama olarak yüzde 33 civarında artış gösterirken, ekonomik büyümenin ortalama yüzde 4 olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji üretiminde ortalama yüzde 36,3 artışın gözlendiği 2010-2019 döneminde ise ortalama yüzde 5,86 oranında gerçekleşen ekonomik büyümenin tüm dönem ortalamasının üzerinde gerçekleşmesi dikkat çekmektedir. Dolayısıyla, özellikle 2000 sonrasında görülen yenilenebilir enerji üretim artışı ile ekonomik büyüme oranlarındaki artış, iki değişken arasında bir ilişkinin olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim hem genel olarak enerji tüketimi hem de yenilenebilir enerji tüketim ve üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki pek çok araştırmaya konu olmuş, olmaya da devam etmektedir. Çalışmanın bundan sonraki bölümünde ilk olarak konuyla ilgili ampirik literatüre ilişkin açıklamalar yapılmış, daha sonra söz konusu ilişki yenilenebilir enerji üretimi bağlamında Türkiye özelinde ampirik olarak araştırılmıştır. Zira, aşağıdaki açıklamalardan da görülebileceği gibi, çalışmaların daha ziyade yenilenebilir enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkilere odaklanması söz konusudur.

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNİN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

2.1. Literatür İncelemesi

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen literatür çalışmalarına bakıldığında, enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri konusunda yapılan çalışmaların son dönemlerde arttığı görülmektedir. Özellikle Kraft ve Kraft (1978) tarafından yapılan çalışmadan sonra sayıları gittikçe artan bu çalışmaların dört hipotez etrafında incelenmesi mümkündür: büyüme hipotezi, korumacılık hipotezi, yansızlık hipotezi ve geri besleme hipotezi. Büyüme hipotezine göre, enerji tüketiminden büyümeye doğru tek taraflı bir ilişki varken, korumacılık hipotezine göre bu tek yönlü ilişkinin yönü ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğrudur. Yansızlık hipotezinde ise ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında bir ilişki mevcut değildir. Geri besleme hipotezi ise enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişkinin olduğunu iddia etmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda açıklanmaktadır.

Bununla birlikte enerji odaklı çalışmaların son dönemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneldiği ve hatta yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerindeki etkilerini konu edindiği dikkat çekmektedir. Bu nedenle çalışmanın literatür incelemesi üç kısımda yapılmıştır: birinci kısım, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, ikinci kısım yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme, üçüncü kısım yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik büyüme ilişkilerini odaklanan literatür çalışmalarını kapsamaktadır.

2.1.1. Enerji Tüketimi – Ekonomik Büyüme İlişkisi Literatürü

Wolde-Rufael (2004) tarafından yapılan çalışmada, Toda ve Yamamoto tarafından önerilen Granger (1969) nedensellik testinin değiştirilmiş bir versiyonunu kullanılarak, Shanghai için 1952-1999 döneminde çeşitli endüstriyel enerji tüketimi

ve GDP arasındaki nedensellik ilişki araştırılmıştır. Ayrıştırılmış enerji serisinin kullanıldığı çalışmada, kömür, kok, elektrik ve toplam enerji tüketiminden reel milli gelire doğru tek taraflı bir Granger nedenselliğinin bulunduğu ve petrol tüketimi ile reel GSYİH arasında herhangi bir yönde işleyen Granger nedenselliğinin olmadığı bulgusuna ulaşılmaktadır.

Lee (2005), 1975-2001 dönemi verilerini kullanarak, gelişmekte olan 18 ülkede, enerji tüketimiyle GSYİH arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Panel birim kök testi, heterojen panel eşbütünleşme analizi ve panel hata düzeltme modellerinin kullanıldığı çalışmada ulaşılan bulgular, uzun ve kısa dönem nedenselliklerin enerji tüketiminden GSYH'ye doğru olduğunu, ancak bunun tersinin doğru olmadığını göstermektedir. Bu sonuç, enerjide korumacı yaklaşımın, geçici veya kalıcı olmasına bakılmaksızın, gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümeye zarar verebileceğini göstermektedir.

Şengül ve Tuncer (2006) tarafından yapılan çalışmada ise esas olarak ticari amaçlı enerji kullanımı, reel enerji fiyatları endeksi ile milli gelir arasındaki nedensellik ilişkileri, Türkiye'nin 1960-2000 dönemi yıllık verileri kullanılarak incelenmiştir. Nedensellik incelemesinin Toda ve Yamamoto (1995) çalışmasına dayalı, gecikmesi artırılmış (lag augmented) VAR yöntemi çerçevesinde yapıldığı çalışmada, ticari amaçlı enerji kullanımından milli gelire doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunurken, reel enerji fiyatları ile milli gelir arasında çift yönlü ve reel enerji fiyatları endeksinden ticari amaçlı enerji kullanımına doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu bulgularına ulaşılmıştır.

Soytaş ve Sarı (2006), çalışmalarında 1960-2004 yılları arasında G-7 ülkelerine ait yıllık verileri kullanarak enerji tüketimi ve gelir arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. G-7 ülkelerinin tümü dikkate alındığında enerji kullanımı ile gelir arasında çeşitli ülkeler için farklı yönden işleyen nedensellik ilişkileri tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, dört ülkede (Kanada, İtalya, Japonya ve İngiltere) nedensellik GSYİH'den enerji kullanımına, ikisinde (ABD ve Fransa) enerji kullanımından gelire ve sadece birinde (Almanya) iki yönlü nedensellik ilişkisi vardır.

Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul (2007), Türkiye'de 1974-2004 dönemi verilerini kullanarak ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi ilişkisini araştırmışlardır.

Ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi serileri farklı derecelerden durağan (I(0) ve I(1)) olduklarından dolayı, değişkenler arası ilişki Sınır Testi yaklaşımı ile incelenmiştir. Bu yaklaşıma göre, seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiş ve değişkenler arasında kısa dönemde pozitif bir ilişki ortaya çıkarken uzun dönemde bu ilişki negatif bulunmuştur.

Karanfil (2008), Türkiye'de enerji tüketimi ile reel gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) arasındaki uzun dönemli ilişkiyi kayıt dışı ekonominin büyüklüğünü dikkate alarak analiz etmiştir. Türkiye'nin 1970-2005 dönemini kapsayan çalışmada ulaşılan ampirik sonuçlar, resmi GSYİH ile enerji tüketimi arasında uzun dönemde istikrarlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca kısa ve uzun dönemde bulunan tek yönlü nedenselliğin resmi GSYH'den enerjiye doğru işlediği tespit edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak sera gazı salınımlarının ekonomik faaliyetler üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olmadan, sera gazı emisyonlarını azaltmak için enerji koruma politikaları uygulanabileceği düşüncesi ileri sürülmektedir. Ulaşılan bir diğer sonuç, kayıt dışı ekonomideki üretim fonksiyonunun istikrarlı olmadığı yönündedir. Bu çerçevede, kayıt dışı ekonomiye mücadeleyle yönelik ekonomi politikaların, enerji koruma politikaları açısından bir tamamlayıcılık işlevi görmeyebileceği ifade edilmektedir.

Erdal, Erdal ve Esengül (2008) tarafından Türkiye'nin 1970-2006 dönemi verileri kullanılarak yapılan çalışmada, fosil enerji tüketimi (EC) ve GSYİH arasındaki ilişkinin incelenmesi için nedensellik testini uygulanmıştır. Araştırmada genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) ve Phillips Perron (PP) birim kök testleri, Johansen eşbütünleşme testi ve Paired-Wise Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, enerji tüketimi ile GSMH arasında çift yönlü nedensellik olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada Türkiye'de enerji piyasasındaki dalgalanmaların ekonomik büyümeyi negatif yönde etkileyebileceği ve bu nedenle enerjinin ekonomik büyümeyi engelleyici bir etken olabileceği sonucuna ulaşılmaktadır.

Türkiye'nin 1960-2005 dönemi verilerinin kullanıldığı Halıcıoğlu (2009) tarafından yapılan çalışmada, zaman serisi yöntemi aracılığıyla karbon salınımı, enerji tüketimi, dış ticaret ve gelir arasındaki dinamik nedensellik ilişkileri ampirik olarak

incelenmektedir. Eşbütünleşme testinin kullanıldığı araştırmada, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Bowden ve Payne (2009), ABD’de 1946-2006 dönemi için toplam ve sektörel birincil enerji tüketimi ile reel milli gelir arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Toda-Yamamoto nedensellik testinin kullanıldığı çalışmada, enerji tüketimi ile reel milli gelir arasındaki ilişkinin sektörler arasında tekdüze olmadığını ortaya koymaktadır. Granger nedensellik testine göre ise toplam ve sektörel birincil enerji tüketimi ile reel milli gelir arasında ilişki yoktur. İki yönlü Granger nedensellik, sırasıyla ticari ve hane halkı birincil enerji tüketimi ile reel GSYİH arasında bulunmaktadır.

Öztürk, Aslan ve Kalyoncu (2010), 51 ülkenin 1971-2005 dönemi verilerini kullanarak enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri araştırmaktadır. Çalışmada ülkeler üç gruba ayrılmıştır: düşük gelirli ülkeler, orta-düşük gelirli ülkeler ve yüksek gelirli ülkeler. Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki, çalışmada ilk olarak Pedroni (1999) panel kointegrasyon yöntemi ile incelenmiştir. İkinci olarak, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmak için panel nedensellik testi uygulanmıştır. Son olarak, Pedroni (2001) yöntemi kullanılarak bu değişkenler arasındaki ilişkinin derecesi araştırılmıştır. Sonuç olarak çalışmada ele alınan tüm gelir grupları için ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında güçlü bir ilişki bulunamamıştır.

Kapusuzoğlu ve Karan (2010) çalışmasında Türkiye’nin 1975-2006 dönemi verileri çerçevesinde, gayrisafi yurtiçi hasıla ile elektrik tüketimi arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkileri araştırılmıştır. Çalışmada ilk olarak kointegrasyon analizi sonucunda, elektrik tüketimi ile gayri safi yurt içi hasıla arasında uzun dönemli ilişki bulunmuştur. VECM doğrultusunda yapılan Granger nedensellik analizi sonucunda ise elektrik tüketimi ile gayri safi yurt içi hasıla arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, Türkiye’de ekonomik büyüme sürecinde gayrisafi yurt içi hasıla uzun dönemde elektrik tüketimini pozitif yönde etkileyen önemli bir değişkendir. Bu nedenle büyüme sürecinde ortaya çıkabilecek aksaklıkları önlemek açısından uzun dönemde elektrik enerjisi ve elektrik üretiminde kullanılan birincil enerji kaynaklarının zamanında temin edilmesinin, üretim ve tüketim sürecinin istikrarı açısından önemli olduğu ifade edilmektedir.

Türkiye’de elektrik tüketimi ve büyüme ilişkisinin incelendiği bir diğer çalışma, Ertuğrul (2011) tarafından 1998-2011 dönemi çeyreklik veriler kullanılarak yapılan çalışmadır. GSYH ve elektrik tüketimi serileri arasındaki eş bütünleşme ilişkisi bulunduğundan sonra, seriler arasındaki dinamik ilişki Kalman Filtresi modeliyle incelenmiştir. Çalışma sonucunda, elektrik tüketiminin GSYH üzerinde zaman içerisinde özellikle 2003 yılından itibaren giderek artan bir etkisi olduğu bulunmuştur. Küresel Krizin etkisiyle 2009 yılından itibaren azalmaya başlayan etkinin, 2011 yılından itibaren yeniden artmaya başladığı ifade edilmiştir.

Johansen-Juselius ve Stock-Watson eş bütünleşme testleri ile Toda-Yamamoto nedensellik testleri kullanılarak yapılan çalışmada Çetin ve Şeker (2012), enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Türkiye’nin 1970-2009 dönemi için incelemişlerdir. Yapılan testler sonucunda, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edilmiş, enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve güçlü bir etkiye sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte Toda-Yamamoto test sonuçları enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlara göre yazarlar, Türkiye’de enerji darlığının ekonomik büyümeyi negatif olarak etkileyebileceğini ifade etmişlerdir.

Bozoklu ve Yıllancı (2013), 20 OECD ülkesi için ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki kısa ve uzun dönem nedensellik ilişkisini incelemişlerdir. Bu amaçla, kısa (geçici) ve uzun dönem (sürekli) nedenselliğin analiz edilmesine imkân veren frekans alanını dikkate alan Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak, GSYH’den enerji tüketimine doğru işleyen nedensellik anlamında Avustralya, Avusturya, Kanada, İtalya, Japonya, Meksika, Hollanda, Portekiz, İngiltere, ABD için *geçici* ve Avusturya, Belçika, Danimarka, Almanya, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç ve ABD için *kalıcı* bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. İkinci olarak elde edilen bulgu, enerji tüketiminden GSYH’ye doğru işleyen nedensellik anlamında olmak üzere Avusturya, Danimarka, İtalya, Hollanda, Norveç ve Portekiz için *geçici*; Belçika, Finlandiya, Yunanistan, İtalya, Japonya ve Portekiz için kalıcı nedensellik olduğudur. Yazarlara göre bulguların ortaya koyduğu temel çıkarım, enerji politikalarının sadece ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisinin yönünü değil, aynı zamanda bu ilişkinin geçici mi yoksa kalıcı mı olduğunu

da dikkate alması ve yetkililerin politikaları buna uygun olarak düzenlemeleri gerektiğidir.

ABD'nin 1973-2012 dönemi üçer aylık verileri kullanılarak yapılan çalışmada Aslan, Apergis ve Yıldırım (2013), enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini farklı zaman ölçeklerinde incelemiştir. Sonuçlar, bu etkinin zaman ölçeğine göre değiştiğini göstermiştir: kısa dönem enerji tüketimi ekonomik büyümeden etkilenir, ancak orta ve uzun vadede bunun tersi geçerlidir.

Gövdere ve Can (2015) çalışmasında, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi ilişkisi Türkiye'nin 1970-2014 dönemi verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, değişkenlerin durağanlığı Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi ile, eşbütünleşme ilişkisi Engle-Granger eşbütünleşme analizi kullanılarak, uzun dönem ve kısa dönem analizi ise (hata düzeltme modeli) Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi (DEKK) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki vardır. Hata düzeltme modeline göre, hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiki olarak anlamlı olduğu ve seriler arasında ortaya çıkan bir sapmanın yaklaşık üç dönem sonra giderildiği tespit edilmiştir.

Türkiye'de sektörel enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin 1970-2012 dönemi yıllık veriler kullanılarak yaptıkları çalışmada Usta ve Berber (2017), söz konusu ilişkiyi Toda-Yamamoto nedensellik testi ile analiz etmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre ulaştırma ve sanayi sektörlerindeki enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik olduğunu gözlemlemişlerdir. Ulaşılan sonuç geri besleme hipotezini doğrulamıştır. Diğer bir sonuç ise tarım ve konut sektörleri enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin bulunamamış olmasıdır. Bu sonuç ise yansızlık hipotezine uygun bir sonuç olarak değerlendirilmiştir.

Dineri ve Çayır (2020) tarafından yapılan çalışma, 15 Avrupa Birliği ülkesi ve Türkiye için enerji tüketimi, beşerî sermaye ve fiziksel sermaye stokunun ekonomik büyüme üzerindeki etkisini 1988-2017 dönemi verileriyle incelemiştir. Söz konusu ülkeler için oluşturulan panele ait ampirik bulgular, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif korelasyonun varlığına işaret etmektedir. Nedensellik testi sonuçlarında ise ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi

bulunmuştur. Analizde yer alan ülkeler için *geribesleme hipotezinin* geçerli olduğunu test etmişlerdir. Bu durumda, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında tamamlayıcılık ilişkisinin olduğu ifade edilebileceğine vurgu yapılmıştır.

Umutlu ve Bayraç'ın (2020) çalışması, Türkiye'de ekonomik büyüme ve doğal gaz tüketimi arasındaki ilişkiyi 1986-2018 dönemi için yıllık verileri kullanarak araştıran bir çalışmadır. Değişkenlerin durağan olup olmadıklarını belirlemek için ADF (Augmented Dickey - Fuller) ve PP (Philips Perron) birim kök testlerinin yapıldığı çalışmada, ekonomik büyüme ve doğal gaz tüketimi arasındaki uzun dönemli ilişki ARDL (Autoregressive Distributed Lag Bound Test) sınır testi yardımıyla incelenmiştir. Nihayet çalışmada doğal gaz tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi VECM Granger Nedensellik Analizi ile test edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki vardır. Bununla birlikte iki değişken arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir.

Tablo 18: Enerji Tüketimi- Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar

Yazar ve Yıl	Ülke ve Dönem	Yöntem	Değişkenler	Sonuç
Wolde-Rufael (2004)	Shanghai 1952-1999	Toda ve Yamamoto Granger Nedensellik	Elektrik, Petrol	Elektrik→GSYH Petrol Ø GSYH
Lee (2005)	Gelişmekte olan 18 Ülke 1975-2001	ECM Eş bütünleşme	E T	E T→GSYH
Şengül ve Tuncer (2006)	Türkiye 1960-2000	Toda ve Yamamoto	E T	E T→GSYH
Soytaş ve Sarı (2006)	G-7 ülkeleri 1960-2004	Johansen- Juselius Eş bütünleşme, VECM	ET	Kanada, İtalya Japonya, İngiltere GSYH→ET ABD, Fransa ET→GSYH Almanya ET↔GSYH

Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul (2007)	Türkiye 1974-2004	Eş bütünleşme	Elektrik	Elektrik→GSYH
Karanfil (2008)	Türkiye 1970-2005	Granger Nedensellik VECM	ET	GSYH→ET
Erdal, Erdal ve Esengül (2008)	Türkiye 1970-2006	ADF, Johansen eş bütünleşme Paired-Wise Granger nedensellik	EC	EC ↔GSMH
Bowden ve Payne (2009)	ABD 1946-2006	Toda-Yamamoto Granger nedensellik	EC	EC Ø GSYH
Halıcıoğlu (2009)	Türkiye 1960-2005	Granger nedensellik	ET, GSYH	ET →GSYH
Öztürk, Aslan ve Kalyoncu (2010)	51 ülke 1971-2005	Granger nedensellik	ET	ET Ø GSYH
Kapusuzoğlu ve Karan (2010)	Türkiye 1975-2006	Granger nedensellik VECM	Elektrik	GSYH→Elektrik
Ertuğrul (2011)	Türkiye 1998Ç1-2011Ç3	Eş bütünleşme Kalman Filtresi modeli	Elektrik	Elektrik→GSYH
Çetin ve Şeker (2012)	Türkiye 1970-2009	Johansen- Juselius, Stock- Watson eş bütünleşme	ET	ET →GSYH
Bozoklu ve Yılcı (2013)	20 OECD 1965-2011	Granger nedensellik	ET	ET →GSYH
Aslan, Apergis ve Yıldırım (2013)	ABD 1973-2012	Granger nedensellik	ET	ET →GSYH
Gövdere ve Can (2015)	Türkiye 1970-2014	Engle Granger Eş bütünleşme	Petrol, kömür elektrik	ET →GSYH
Usta ve Berber (2017)	Türkiye 1970-2012	Toda-Yamamoto Nedensellik	ET	ET ↔GSYH

Dineri ve Çayır (2020)	15 AB Ülkesi ve Türkiye	Granger nedensellik	Beşerî Sermaye Sermaye Stoku ET	ET ↔ GSYH
Umutlu ve Bayraç (2020)	Türkiye 1986-2018	ARDL, VECM Granger Nedensellik	Doğal Gaz	ET Ø GSYH

Not: GSYH, büyüme → tek yönlü ilişki ↔ çift yönlü ilişki Ø ilişki olmadığını göstermektedir.

ET: Enerji Tüketimi EC: Birincil Enerji Tüketimi

2.1.2. Yenilenebilir Enerji Tüketimi – Ekonomik Büyüme İlişkisi Literatürü

Enerji – büyüme ilişkisine odaklanan ampirik çalışmaların özellikle son on yıl içinde gittikçe yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneldikleri göze çarpmaktadır. Bu kısımda, yenilenebilir enerji tüketiminin konu edildiği seçilmiş ampirik çalışmalar ele alınmıştır.

Apergis ve Payne (2009) tarafından yapılan çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişki, 20 OECD ülkesine ait 1985-2005 dönemi verileri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada yapılan panel eşbütünleşme testi sonucunda, analizde kullanılan yenilenebilir enerji tüketim, büyüme, reel gayrisafı sabit sermaye oluşumu ve işgücü arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif ilişki bulunmuştur. Ayrıca analizde elde edilen bulgular, büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü nedenselliğin olduğunu da göstermiştir.

Yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme ve refah üzerindeki etkilerini Çin örneğinde inceleyen Fang (2011), değişkenler arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, yenilenebilir enerji tüketimindeki artış hem reel GSYH'yi hem de kişi başına reel GSYH'yi artırmaktadır.

Yıldırım, Saraç ve Aslan (2012) tarafından ABD ekonomisinin 1949-2010 dönemini kapsayan verilerle yapılan çalışmada Toda-Yamamoto nedensellik analizi kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre yenilenebilir enerji tüketimi ile GSYH arasında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır.

Tuğcu, Öztürk ve Aslan (2012) tarafından yapılan çalışmada ise 1980-2009 dönemi G7 ülkelerine ait veriler kullanılarak, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile büyüme arasındaki uzun dönemli ve nedensellik ilişkileri hem klasik hem de

artırılmış üretim fonksiyonları çerçevesinde araştırılmıştır. Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) modeli Hatemi-J nedensellik testinin kullanıldığı çalışmada yapılan uzun dönem tahmin sonuçları hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde önemli etkileri bulunduğu ve artırılmış üretim fonksiyonunun söz konusu ilişkinin açıklanmasında daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Öcal ve Aslan (2013) tarafından yapılan çalışma, yenilenebilir enerji tüketimi, sermaye, emek ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri araştırmaktadır. Çalışmada Türkiye'nin 1990-2010 dönemi verileri, ARDL yöntemi ve Toda-Yamamoto nedensellik testleri ile analiz edilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilemektedir ve ayrıca değişkenler arasında ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik bulunmaktadır.

Hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelendiği bir diğer çalışma Uçan, Arıcıoğlu ve Yücel (2014) tarafından yapılmıştır. 15 AB üyesi ülkeye ait 1990-2011 dönemi verileri kullanılarak yapılan panel data analizinde, yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın ekonomik büyümeyi artırdığı, buna karşın yenilenemeyen enerjinin büyümeyi olumsuz yönde etkilediği bulgusu elde edilmiştir.

Büyükyılmaz ve Mert (2015) tarafından Türkiye ekonomisinin 1961-2010 dönemi için yapılan çalışmada ise yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu büyüme arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. MS-VAR yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada, değişkenler arasındaki doğrusal bir ilişkinin bulunmadığı ve söz konusu ilişkilerin rejimlere göre değiştiği bulgusuna ulaşılmıştır. Değişkenler arasında çift yönlü bir nedenselliğin bulunduğu, elde edilen bir diğer bulgudur.

Shahbaz, vd. (2015) tarafından çalışmada yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki Pakistan ekonomisinin 1972-2011 dönemi için incelenmiştir. Sermaye ve emek faktörünün de analize dahil edildiği çalışmada, değişkenlerin eş bütünleşik olduğu ve yenilenebilir enerjinin büyümeyi pozitif şekilde etkilediği temel bulgusuna ulaşılmıştır.

Bakırtaş ve Çetin (2016), 1992-2010 dönemi G20 ülkeleri için yaptıkları çalışmada kişi başına gelir ile kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Yapılan eşbütünleşme testi ile G20 ülkeleri için söz konusu dönemde uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edilirken, kişi başına düşen gelirdeki artışların yenilenebilir enerji tüketiminde önemli artışlara neden olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Özşahin, Mucuk ve Gerçekler (2016) çalışması ise hem BRICS hem de Türkiye için yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. 2000-2013 verilerinin panel CUSUM ve panel ARDL yöntemleriyle analiz edildiği çalışmada, değişkenler arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile CO2 emisyonlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin incelendiği bir diğer çalışma Ito (2017) tarafından yapılmıştır. 42 gelişmiş ülkenin 2002-2011 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada, yenilenemeyen enerjinin ekonomik büyümeyi negatif, yenilenebilir enerjinin ise pozitif yönde etkilediği bulgusu rapor edilmiştir.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir diğer çalışmada Koçak ve Şarkgüneşi (2017) tarafından yapılmış ve çalışmada dokuz Karadeniz ve Balkan ülkesinin 1990-2012 dönemi verileri kullanılmıştır. Panel eşbütünleşme ve panel nedensellik testlerinin kullanıldığı çalışmada, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğu ve yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme pozitif yönde etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Yapılan nedensellik analizi Bulgaristan, Yunanistan, Makedonya, Rusya ve Ukrayna için büyüme hipotezini; Arnavutluk, Gürcistan ve Romanya için geri besleme hipotezini ve Türkiye için yansızlık hipotezini destekleyen sonuçlar ortaya koymuştur. Dokuz ülkenin tamamı için yapılan panel data sonuçları ise geri besleme hipotezine uygun bulgular ortaya koymuştur. Çalışmada analize dahil edilen ülkelere yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme açısından önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Şimşek ve Yiğit (2017), yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu, kentleşme, petrol fiyatları ve kişi başına GSYH değişkenleri arasındaki ilişkileri BRIC ülkeleri için 1990-2015 dönemi verilerini kullanarak incelemişlerdir. Panel vektör otoregresyon (panel vector autoregression – VAR) yönteminin ve panel nedensellik

analizinin kullanıldığı çalışmada yazarlar, GSYH'den kentleşme, yenilenebilir enerji, petrol fiyatları ve CO2 emisyonuna doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Rafindadi ve Öztürk (2017), Almanya ekonomisi için 1971- 2013 dönemini kapsayan çalışmalarında yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme, sermaye ve işgücü arasında çift yönlü bir ilişki tespit etmişler ve yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeyi artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Mangır, vd. (2018) tarafından yapılan çalışma 30 OECD ülkesi için büyüme, yenilenebilir enerji, sermaye ve emek arasındaki ilişkileri incelemektedir. Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan panel data yönteminin (Artırılmış Ortalama Grup Tahmincisi – Augmented Mean Group (AMG) Estimator) benimsendiği çalışmada 2006-2016 dönemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre sermaye, emek, yenilenebilir enerji; ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkiliyorken, büyüme ve emek arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Türkiye ekonomisine yönelik Durğun ve Durğun (2018) tarafından yapılan ve 1980-2015 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışma, yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına GSYH arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmaktadır. ARDL yöntemi ile Toda-Yamamoto nedensellik testinin kullanıldığı çalışmada, yenilenebilir enerji tüketiminden büyümeye doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkinin yönünü inceleyen çalışmasında Alper (2018), Türkiye'nin 1990-2017 dönem verilerini Bayer-Hanck eşbütünleşme ve Toda-Yamamoto nedensellik testlerini kullanmıştır. Çalışmanın bulgularına göre değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki vardır ve yenilenebilir enerji tüketimindeki artış ekonomik büyümeyi artırmaktadır. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi ise ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kullanımına doğrudur. Bir başka ifade ile çalışmanın bulguları koruma hipotezini desteklemektedir.

Tuğcu ve Topcu (2018), G7 ülkelerinin 1980-2014 dönemi verileri ve doğrusal olmayan gecikmesi dağıtılmış otoregresif (nonlinear autoregressive distributed lag – NARDL) kullanarak toplam, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile

ekonomik büyüme arasındaki hem kısa hem de uzun dönemli ilişkileri araştırmaktadır. Çalışmanın bulgularına göre, değişkenler arasındaki simetrik ve asimetrik ilişkiler ve nedensellik analizleri üretim fonksiyonlarına ve kullanılan enerji göstergesine göre oldukça değişkenlik göstermektedir. Yazarlara göre, enerji tüketimi toplam enerji kullanımı ile ölçüldüğünde, uzun dönemde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında güçlü bir asimetrik ilişki ortaya çıkmaktadır.

Apaydın ve Taşdoğan (2019) tarafından yapılan çalışmada, yazarlar Türkiye’de 1965-2017 döneminde yenilenebilir ve birincil enerji talebinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Johansen eşbütünleşme ve Dolado-Lütkepohl nedensellik analizinin kullanıldığı çalışmada, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğu ve nedenselliğin enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan hem yenilenebilir hem de birincil enerji talebinin uzun dönemde ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği çalışmanın diğer önemli bir bulgusudur.

Apaydın, Güngör ve Taşdoğan (2019) tarafından yapılan diğer çalışmada ise, yenilenebilir enerji tüketiminin büyüme üzerindeki asimetrik etkileri, Türkiye’nin 1965-2017 dönemine ait verileri yardımıyla analiz edilmektedir. Çalışmaya göre yenilenebilir enerji tüketimi ile büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmakla birlikte, söz konusu ilişki asimetrik bir yapıdadır. Bir diğer ifadeyle yenilenebilir enerji tüketimindeki artış ve azalışların büyüme üzerindeki etkileri asimetriktir. Buna göre yenilenebilir enerji tüketimindeki artışların büyüme üzerindeki etkisi, azalışların etkisinden daha küçüktür: yenilenebilir enerji tüketimindeki yüzde birlik artış büyümeyi yaklaşık yüzde 0,4 oranında artırırken, yüzde birlik azalma ekonomik büyümeyi yüzde 0,7 oranında düşürmektedir.

Öztürk ve Saygın’ın (2020) yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışma, Türkiye ekonomisinin 1978-2016 dönemini kapsamaktadır. ARDL, DOLS, FMOLS ve CCR yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, teknolojik gelişme ve büyüme değişkenlerinin eş bütünleşik olduğu bulguları elde edilmiştir. Ayrıca hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen enerji tüketiminin uzun dönemde ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği diğer önemli bir bulgudur.

Türkiye'nin 1980-2018 dönemini kapsayan çalışmalarında Demirgil ve Birol (2020), ARDL ve Toda-Yamamoto yöntemlerini kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi ile büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu bulmuşlar ve yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Yazarlar ayrıca nedenselliğin yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü olduğunu tespit etmişlerdir.

Tablo 19: Yenilenebilir Enerji Tüketimi- Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar

Yazar ve Yıl	Ülke ve Dönem	Yöntem	Değişkenler	Sonuç
Apergis ve Payne (2009)	OECD, 1985-2005	ARDL, Eş bütünleşme Granger nedensellik	Renew, GSYH K	Renew ↔ GSYH
Fang (2011)	Çin, 1978-2008	EKK	Renew, GSYH K, L	Renew → GSYH
Tuğcu, Öztürk ve Aslan (2012)	G7 Ülkeleri, 1980-2009	ARDL, Hatemi-J Nedensellik	Renew, GSYH	Renew ↔ GSYH
Yıldırım, Saraç ve Aslan (2012)	ABD, 1949-2010	Hatemi-J, Toda-Yamamoto Nedensellik	Renew, GSYH	Renew Ø GSYH
Öcal ve Aslan (2013)	Türkiye, 1990-2010	ARDL, Toda-Yamamoto Nedensellik	Renew, GSYH K, L	Renew → GSYH
Uçan, Arıcıoğlu ve Yücel (2014)	15 AB Ülkesi 1990-2011	ARDL, Granger Nedensellik	Renew, Nonrenew GSYH	Renew → GSYH
Shahbaz, vd. (2015)	Pakistan, 1972-2011	ARDL, Granger Nedensellik	Renew, K, L GSYH	Renew ↔ GSYH
Büyükyılmaz ve Mert (2015)	Türkiye 1961-2010	MS-Granger Nedensellik	Renew, GSYH	Renew ↔ GSYH
Bakırtaş ve Çetin (2016)	G-20, 1992-2010	Pedroni Eş Eşbütünleşme	Renew, GSYH	GSYH→Renew
Özşahin, Mucuk ve Gerçekler (2016)	BRICS-T 2000-2013	Pedroni ve Westerlund Eşbütünleşme	Renew, GSYH	Renew ↔ GSYH

Ito, (2017)	42 Gelişmiş Ülke 2002-2011	PMG, GMM	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Koçak ve Şarkgüneşi (2017)	9 Karadeniz ve Balkan Ülkeleri 1990-2012	ARDL, Dimitrescu Hurlin Nedensellik	Renew, GSYH K, L	Renew → GSYH
Rafindadi ve Öztürk (2017)	Almanya, 1971-2013	ARDL, VECM Granger Nedensellik	Renew, GSYH K, L	Renew ↔ GSYH
Şimşek ve Yiğit (2017)	BRICT 1990-2015	Dimitrescu, Hurlin Nedensellik	Renew, GSYH	GSYH→Renew
Mangır vd. (2018)	30 OECD Ülkesi 2006-2016	ARDL, Westerlund Durbin Hausman Eş bütünleşme	Renew, GSYH K, L	Renew → GSYH
Durğun ve Durğun (2018)	Türkiye, 1980-2015	ARDL, Toda- Yamamoto	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Alper (2018)	Türkiye, 1990-2017	Bayer-Hanck Eş bütünleşme, Toda-Yamamoto	Renew, GSYH K, L	Renew → GSYH
Tuğcu ve Topcu (2018)	G7 Ülkeleri 1980- 2014	ARDL, NARDL Granger Nedensellik	Renew, GSYH Nonrenew, K, L	Renew → GSYH
Apaydın ve Taşdoğan (2019)	Türkiye, 1965-2017	Johansen Eş bütünleşme Dolado-Lütkepohl	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Apaydın, Güngör ve Taşdoğan (2019)	Türkiye, 1965-2017	ARDL, Johansen Eş bütünleşme	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Öztürk ve Saygın (2020)	Türkiye, 1978-2016	ARDL, EKK	Renew, GSYH Nonrenew	Renew → GSYH
Demirgil ve Birol (2020)	Türkiye'de 1980-2018	ARDL, Toda- Yamamoto	Renew, GSYH	Renew → GSYH

Not: Renew, yenilenebilir enerji Nonrenew, yenilenemeyen enerji GSYH, büyüme K, sabit sermaye L, işgücü → tek yönlü ilişki ↔ çift yönlü ilişki Ø ilişki olmadığını göstermektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmaları üç başlık altında toplamak mümkündür: Birincisi, yenilenebilir enerji üretiminden ekonomik büyümeye doğru olan büyüme hipotezini destekleyen çalışmalar, Fan (2011), Öcal ve Aslan (2013), Uçan, Vd. (2014), Bakırtaş ve Çetin (2016), Ito (2017), Şimşek ve Yiğit (2017), Koçak ve Şarkgüneşi (2017), Mangır, Vd. (2018), Durğun ve Durğun (2018), Alper (2018), Tuğcu ve Topcu (2018), Apaydın ve Taşdoğan (2019), Apaydın, Vd. (2019), Öztürk ve Saygın (2020), Demirgil ve Birol (2020). İkincisi, yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişkinin olduğunu ortaya koyan ve geri besleme hipotezini destekleyen çalışmalar, Apergis ve Payne (2009), Tuğcu, Öztürk ve Aslan (2012), Şahbaz, Vd. (2015), Büyükyılmaz ve Mert (2015), Özşahin, Mucuk ve Gerçekler (2016), Rafındadi ve Öztürk (2017), Dinç ve Akdoğan (2019). Üçüncüsü, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin olmadığını ortaya koyan yansızlık hipotezini destekleyen çalışmalar, Yıldırım, Saraç ve Aslan (2012).

2.1.3. Yenilenebilir Enerji Üretimi – Ekonomik Büyüme İlişkisi Literatürü

Yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar ağırlıklı olarak, yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde toplanmıştır. Yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisine yönelik çalışmalar özellikle son on yılda önem kazanmaya başlamıştır. Bu bölümde yenilenebilir enerji üretimi ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen literatür çalışmasına yer verilmiştir.

Yenilenebilir enerji üretimi ile büyüme arasındaki ilişkileri Türkiye örneğinde inceleyen ilk çalışmalardan biri Bayraktutan, Yılgör ve Uçak (2011) tarafından yapılmıştır. OECD ülkelerinin 1980-2007 dönemi verileri kullanılarak yapılan analizin bulgularına göre, değişkenler arasında uzun dönemde pozitif yönlü bir ilişki vardır. Ayrıca çalışmada, büyüme hipotezini destekleyen tek yönlü bir nedenselliğin olduğu yönünde bulguya da ulaşılmıştır.

Ohler ve Fetter (2014) tarafından yapılan çalışma ise 20 OECD ülkesinde yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerindeki etkisini panel hata düzeltme modeli ve panel nedensellik testleriyle incelemektedir. 1990-2018 verilerinin kullanıldığı çalışmaya göre, yenilenebilir enerji üretimi ve büyüme arasında çift yönlü nedensellik vardır ve

yenilenebilir enerji bileşenleri ile GSYİH arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki bulunmaktadır.

Twari, Apergis ve Olayeni (2015), 1971-2011 döneminde Sahra altı Afrika ülkelerinde büyüme ile yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji üretimi arasındaki asimetrik etkileri araştırmaktadır. Çalışma, iki alt guruba ayrılan ülkeler için farklı ampirik sonuçlar ortaya koymuştur. Bulgular, ilk alt kümedeki ülkeler için büyüme hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koyarken, ikinci alt grup ülkelerin sonuçları koruma hipotezini doğrulamaktadır.

Bento ve Moutinho (2016) tarafından 1961 ile 2011 yılları arasında İtalya için yenilenebilir enerji ve büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini araştıran çalışmada Gecikmesi Dağıtılmış Otoresif (ARDL) modeli kullanılmıştır. Araştırmaya göre, büyüme hızındaki artışlar yenilenebilir enerji üretimini teşvik etmektedir. Bir başka ifade ile çalışma, koruma hipotezini destekleyen bir sonuç sunmaktadır.

Bayraç ve Çildir (2017) tarafından Avrupa Birliğinde yenilenebilir enerji politikalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışma, yenilenebilir enerji üretimiyle ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğu sonucunu ortaya koymaktadır. 2006-2015 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmaya göre yenilenebilir enerji üretiminin artması hem kısa hem de uzun dönemde kişi başına GSYH'yi artırmaktadır.

Acaravcı ve Erdoğan (2017), yenilenebilir enerji üretimi, çevre kirliliği ve gelir arasındaki ilişkileri dinamik panel data yöntemiyle inceleyen bir çalışmadır. Dünya ölçeğinde en fazla yenilenebilir enerji üretimi gerçekleştiren ilk beş ülkenin 1992-2013 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmanın ilk bulgusu, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı yönündedir. Ayrıca çalışma sonuçlarına göre yenilenebilir enerji üretimi çevre kirliliğini azaltırken, kişi başına gelirden meydana gelen artışlar çevre kirliliğini artırıcı bir etki yapmaktadır.

Atems ve Hotalling (2018), 1980-2012 yılları arasında 174 ülkenin veri setini kullanarak yenilenebilir enerji (elektrik) üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Sistem GMM modelinin kullanıldığı çalışmada değişkenler

arasında anlamlı ve pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Ayrıca, çalışmada değişkenler arasında geri besleme hipotezini doğrulayan bir bulgu da elde edilmiştir.

Khobai (2018), yenilenebilir enerji üretimi ile büyüme arasındaki ilişkileri araştırdığı çalışmada Güney Afrika'nın 1997-2012 dönemine ait üç aylık verilerini Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) modeli ve Granger nedensellik testi aracılığıyla incelemektedir. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin bulunduğu çalışmada, nedensellik testi sonuçlarına göre yenilenebilir enerjiden büyümeye doğru tek yönlü bir ilişki vardır. Yani, bulgular büyüme hipotezini destekler niteliktedir.

Oyeleke ve Akinlo (2019), Nijerya ekonomisi için 1980-2017 dönemine ait verilerinin hata düzeltme modeli ile analiz edildiği çalışmada, yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyümeyi kısa vadede olumlu uzun vadede olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır. Ancak, çalışmada değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi araştırılmamıştır.

Dinç ve Akdoğan (2019), 1980–2016 yılları arasında Türkiye için yenilenebilir enerji üretimi, toplam enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkilerini hem uzun hem de kısa dönemde incelemeyi amaçlamışlardır. Johansen eşbütünlük testi, vektör hata düzeltme modeli ve Granger nedensellik testinin kullanıldığı çalışmada hem kısa hem de uzun dönem için geri besleme hipotezini destekleyen sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre değişkenler arasında çift yönlü bir nedensellik bulunmaktadır. Ayrıca yazarlara göre elde edilen bulgular hem kısa hem de uzun dönemde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru işleyen tek yönlü bir nedenselliği, yani büyüme hipotezini de desteklemektedir. Ancak çalışmada, kısa dönemde büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru işleyen bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Ünüvar ve Keskinlik'in (2020) yaptığı çalışmada 2000-2016 döneminde G20 ülkeleri için yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik büyüme ilişkisini araştırılmıştır. FMOLS ve DOLS yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada, yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişkinin bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Koç ve Apaydın (2020) tarafından yapılan çalışmada rüzgâr enerjisi üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, G20 ülkeleri arasından seçilin 15 ülkenin 1991-2017 dönemi verileri panel data yöntemi ile analiz edilmektedir. Bu çerçevede son dönemde önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi gittikçe ön plana çıkmaya başlamıştır. Elde edilen bulgulara göre rüzgâr enerjisi ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır.

Tablo 20: Yenilenebilir Enerji Üretimi- Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar

Yazar ve Yıl	Ülke ve Dönem	Yöntem	Değişkenler	Sonuç
Bayraktutan, Yılmaz ve Uçak (2011)	OECD, 1980-2007	Pedroni eş bütünlük	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Ohler ve Fetter (2014)	20 OECD 1990-2018	Panel hata düzeltme Panel nedensellik	Renew, GSYH	Renew ↔ GSYH
Twari, Apergis ve Olayeni (2015)	12 Sahra altı Afrika Ülkesi 1971-2011	ADF, Hidden Eş bütünlük	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Bento ve Moutinho (2016)	İtalya, 1961-2011	ARDL, Granger Nedensellik	Renew, GSYH	GSYH → Renew
Bayraç ve Çildir (2017)	AB Ülkeleri 2006-2015	Pedroni Eşbütünlük	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Acaravcı ve Erdoğan (2017)	Brezilya, Kanada Çin, Rusya, ABD 1992-2013	AMG, Durbin Hausman Eş Bütünlük	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Atems ve Hotalling (2018)	174 ülke 1980-2012	GMM, Granger Nedensellik	Renew, GSYH	Renew ↔ GSYH
Khobai (2018)	Güney Afrika 1997-2012	VECM, Granger Nedensellik	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Oyeleke ve Akinlo (2019)	Nijerya 1980-2017	VECM, Eş bütünlük	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Diñç ve Akdoğan (2019)	Türkiye, 1980–2016	VECM, Johansen-Juselius eş bütünlük	Renew, GSYH	Renew ↔ GSYH

Ünivar ve Keskinliç (2020)	G20 üyesi 19 ülke 2000-2016	ADF, Kao ve Johansen Fisher Panel Eş bütünleşme	Renew, GSYH	Renew → GSYH
Koç ve Apaydın (2020)	15 G-20 ülkesi 1991-2017	Hausman Eş bütünleşme	Rüzgâr, GSYH	Rüzgâr → GSYH

Not: Renew, yenilenebilir enerji GSYH, büyüme K, sabit sermaye L, işgücü → tek yönlü ilişki ↔ çift yönlü ilişki Ø ilişki olmadığını göstermektedir.

Yenilenebilir enerji üretimi ekonomik büyüme ilişkisi literatürüne bakıldığında; Ohler ve Fetter (2014) ve Dinç ve Akdoğan (2019) yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişki bulmuşlardır. Bu durum geri besleme hipotezini desteklemektedir. Diğer yazarlar çalışmalarında, yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında tek yönlü bir ilişki, yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye doğru, bulmuşlardır. Bu durum büyüme hipotezini desteklemektedir. Bu tezde sermaye stoku, emek ve yenilenebilir enerji üretimini içeren Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun kullanılması literatüre farklı bir bakış açısı getirmiştir. Ayrıca sermaye stoku, istihdam ve yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye doğru pozitif bir ilişkinin olduğu ortaya konmuştur. Böylelikle büyüme hipotezi desteklenmiştir.

2.2. Veri ve Ekonometrik Yöntem

2.2.1. Veri

Yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin incelendiği bu çalışmada Türkiye ekonomisine ilişkin 1990-2017 dönemi verileri kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji üretim verileri British Petroleum Dünya Enerji İstatistikleri veri setinden (BP, 2020); GSYİH ve sermaye stoku verileri Groningen Üniversitesi Büyüme ve Kalkınma Merkezi tarafından hazırlanan Penn World Table versiyon 9.1'den (<https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/?lang=en>) ve İstihdam verileri Türkiye İstatistik Kurumu internet sitesinden (www.turkstat.gov.tr) temin edilmiştir. Değişkenler hakkında bilgi Tablo 21'de özet olarak verilmiş, bu değişkenlere ilişkin betimleyici istatistikler Tablo 22'de sunulmuştur.

Tablo 21: Değişkenlerin Tanımı

Değişken	Tanım	Kaynak
<i>loggdp</i>	Üretim yönlü reel GSYİH (2011 sabit fiyatları, milyon ABD Doları)	Penn World Table versiyon 9.1
<i>logcap</i>	Sermaye stoku (2011 sabit ulusal fiyatlarla, milyon ABD doları cinsinden)	Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)
<i>logemp</i>	İstihdam (15+ nüfus, milyon)	BP (2020)
<i>logrenewpro</i>	Yenilenebilir enerji üretimi (terawatt-saat)	

Tablo 22: Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	<i>loggdp</i>	<i>logcap</i>	<i>logemp</i>	<i>logrenewpro</i>
Ortalama	13.76328	14.72024	16.91667	-0.106256
Ortanca	13.55705	14.37444	16.87142	-0.495271
Maksimum	14.60457	15.93671	17.27003	1.463065
Minimum	13.20133	13.96215	16.73323	-1.096367
Std. Sapma	0.443686	0.701215	0.147597	0.805995
Çarpıklık	0.539820	0.527786	1.156184	0.725244
Basıklık	1.937187	1.751170	3.339838	2.018119
Jarque-Bera	2.677725	3.119441	6.372959	3.579342
Olasılık	0.262144	0.210195	0.041317	0.167015
Gözlem Sayısı	28	28	28	28

Araştırmada kullanılan değişkenler Stern (2004) tarafından ifade edilen aşağıdaki ekonomik modele göre belirlenmiştir:

$$GDP_t = f(Cap_t, Emp_t, Renewpro_t) \quad (1)$$

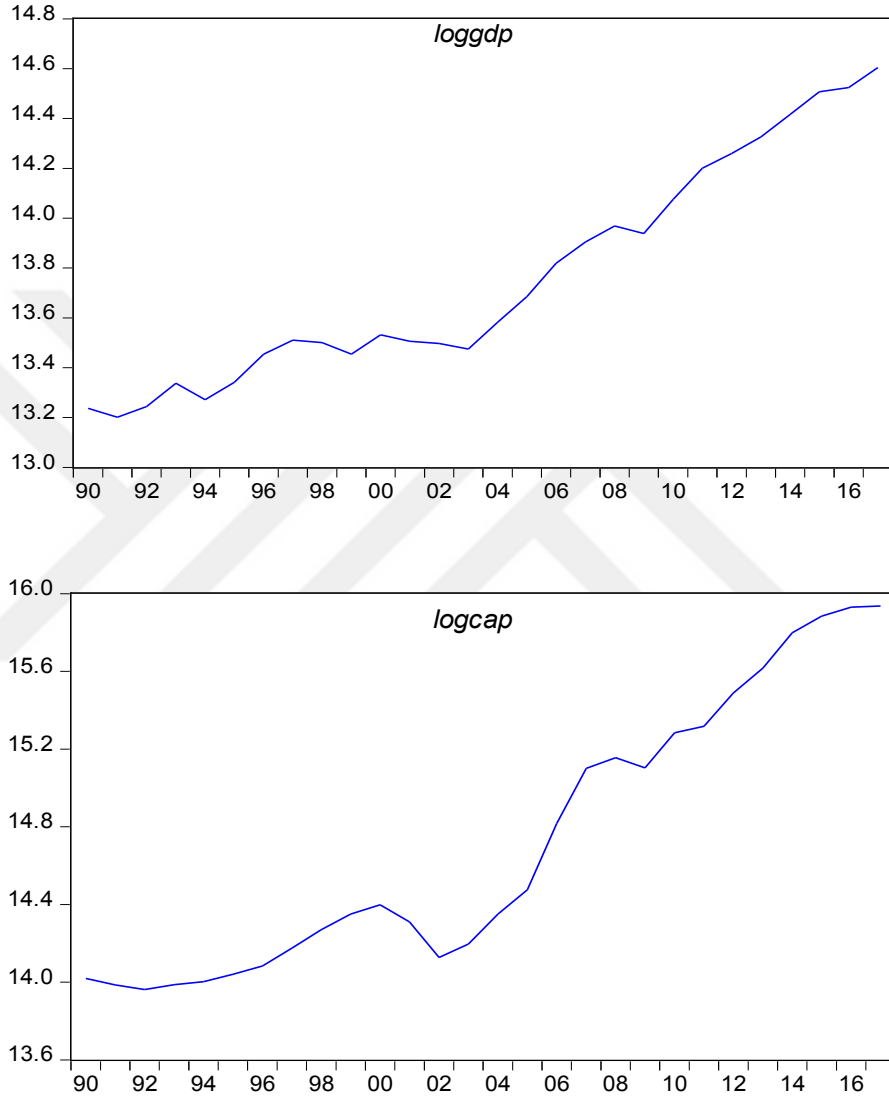
(1) numaralı denklemde GDP_t , Cap_t , Emp_t ve $Renewpro_t$ sırasıyla Türkiye'nin gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH), sermaye stoku, istihdam düzeyi ve yenilenebilir enerji üretimini temsil etmektedir. Denklemin logaritmik dönüşümü yapılmış indirgenmiş biçimi aşağıdaki gibi gösterilebilir:

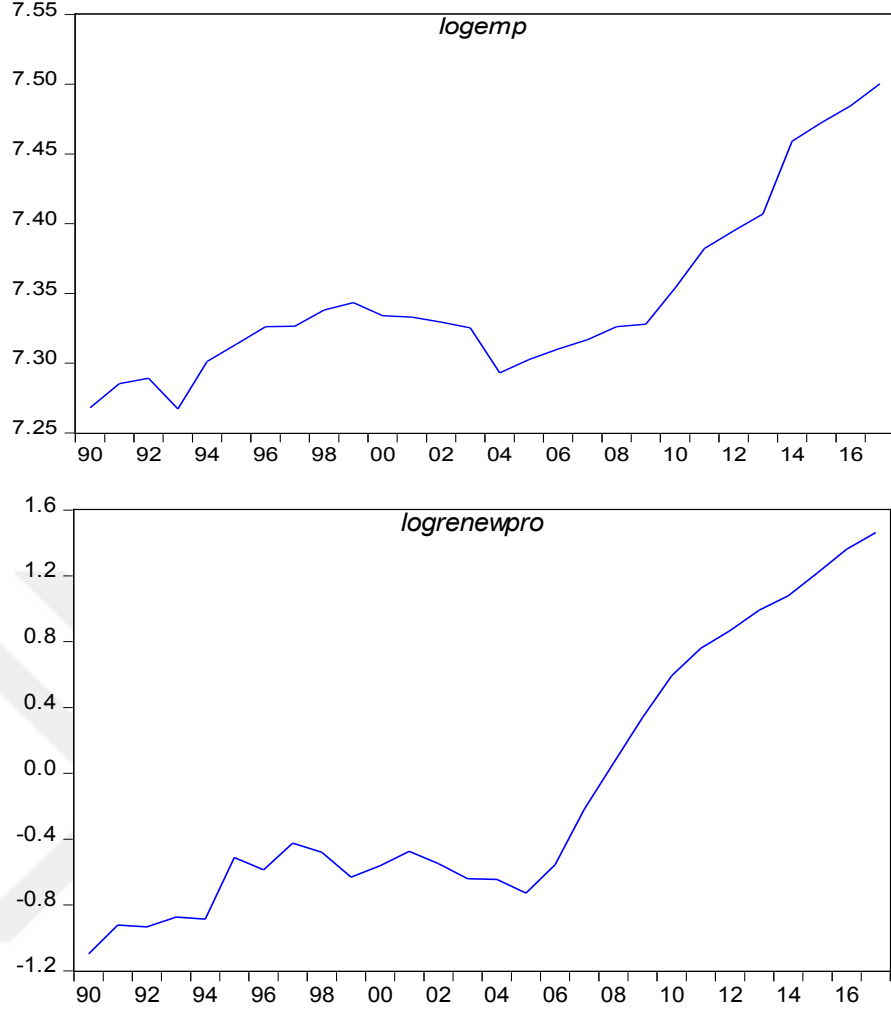
$$\log gdp_t = \alpha_0 + \alpha_1 \log cap_t + \alpha_2 \log emp_t + \alpha_3 \log renewpro_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Burada ε_t hata terimini temsil etmektedir.

(1) ve (2) numaralı denklemlerde sermaye stoku, istihdam ve yenilenebilir enerji üretimi bağımsız değişkenler iken reel GSYİH bağımlı değişkendir. Değişkenlere ait grafikler aşağıda verilmiştir.

Şekil 13: Değişkenlere Ait Zaman Serileri





2.2.2. Ekonometrik Metodoloji

Çalışmada zaman serilerinin durağanlığının test edilebilmesi için ekonometrik analizlerde en çok kullanılan iki birim kök testi uygulanmıştır. Bu testlerin uygulanma nedeni, birim kök testlerinin bir takım eksik yönlerinin olması ve diğer birim kök testlerinin bu eksik tarafları gidermesidir. Çalışmada, Dickey ve Fuller (1979) tarafından ortaya konan Genişletilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey-Fuller-ADF) ve Phillips-Peron (1988) birim kök testleri uygulanmıştır. ADF testi ekonometrik zaman serilerinin kendi gecikmeli değerlerinden etkilenmeleri durumunda durağan olmayacakları ve bu zaman serilerinin bir otoregresyon sonucundan ortaya çıktığı iddiasına dayanmaktadır. Fakat birçok zaman serileri hareketli ortalama süreci içermekte ve böylece önemli derecede boyut bozukluğu ortaya çıkabilmektedir. Bu sorunu gidermek için ortaya konan PP testinde hata terimlerinin gecikmeli değerleri serisel olarak ilişkili ve değişen varyanslı olarak ele

alınmaktadır. Bundan dolayı karşılaştırma yapılabilmesi için her iki testin sonuçları ortak değerlendirilmektedir.

Çalışmada, yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki rolünü araştırmak için Pesaran ve Shin (1999) ve Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin seçilmesinin temel nedeni, ARDL modelinin bazı avantajlarının bulunmasıdır (Pesaran ve Pesaran, 1997: 302-3003, Narayan, 2005). Bunlardan birincisi, bu yöntemde bağımsız değişkenlerin kısa ve uzun dönemli etkilerinin eş zamanlı olarak tahmin edilmesinin mümkün olmasıdır. İkinci avantaj ise, bu yaklaşımın değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin değişkenlerin durağanlık derecesinden bağımsız olarak belirlenmesine olanak sağlamasıdır. Üçüncü avantaj, ARDL modelinin gözlem sayısının görece az olduğu çalışmalara uygulanabilir olmasıdır. Narayan ve Narayan'ın (2004) belirttiği gibi, bu modelde önemli olan gözlemlerin sayısından çok, dikkate alınan sürenin uzunluğudur. Son olarak, bu yöntemde her bir değişkenin gecikme uzunluğu farklı olabilmektedir.

2.2.3. Ekonometrik Test ve Tahmin Sonuçları

2.2.3.1. Birim Kök Test Sonuçları

ARDL modellerinde, farklı durağanlık derecelerine sahip değişkenlerin analiz edilmesine imkan bulunmasına rağmen, değişkenler $I(2)$ olmamalıdır. Zira böyle bir durumda alt ve üst sınırlar için kritik değerlerin hesaplanması mümkün olmamaktadır (Narayan ve Narayan, 2004). Bu nedenle ARDL modeli tahmin edilmeden önce değişkenlerin durağanlık testlerinin yapılması gerekmektedir. Çalışmada değişkenlerin durağanlığı Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) testleri kullanılarak analiz edilmiş, test sonuçları Tablo 23'te gösterilmiştir.

Görüldüğü gibi, tüm değişkenlerin içermektedir ve birinci farkları durağandır. Diğer bir deyişle, tüm değişkenler $I(1)$ 'dir. Birim kök test sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerindeki etkisinin ARDL modeli ile analiz edilmesinde herhangi bir sakınca yoktur.

Tablo 23: Birim Kök Test Sonuçları

	ADF Testi		PP Testi	
	<i>Test İstatistikleri</i>	<i>Kritik Değer (5%)</i>	<i>Test İstatistikleri</i>	<i>Kritik Değer** (5%)</i>
<i>loggdp</i>	1.381882	-2.976263	1.631710	-2.976263
<i>logcap</i>	-0,122601	-2.981038	0.684306	-2.976263
<i>logemp</i>	1.154425	-2.976263	1.154425	-2.976263
<i>logrenewpro</i>	0.653428	-2.981038	0.616672	-2.976263
$\Delta loggdp$	-4.556924	-2.981038	-4.558607	-2.981038
$\Delta logcap$	-3.107848	-2.981038	-3.142082	-2.981038
$\Delta logemp$	-4.198744	-2.981038	-4.195362	-2.981038
$\Delta logrenewpro$	-3.709723	-2.981038	-3.777317	-2.981038

Notlar: Tüm test istatistikleri, MacKinnon'un (1996) ilgili testlerin %5 güven aralığında hesaplanan kritik değerlerini göstermektedir. Testler, bir önlleme, önlleme ve deterministik eğilim varsayımları altında gerçekleştirildi. Testte sadece kesişme sabit ise, durdurma ve eğilimi içeren test uygulanmıştır. Böylece, serinin durağanlığının belirlenmesinde tüm deterministik ve stokastik özellikleri dikkate alınır.

2.2.3.2. ARDL Modeli Tahmin Sonuçları

ARDL modelindeki değişkenler arasındaki ilişkileri analiz ederken iki aşamalı süreç uygulanmaktadır. İlk aşamada, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığı sınır testi ile araştırılmaktadır. Başka bir deyişle, değişkenler arasındaki eş bütünleşme ilişkisinin varlığı test edilir. Değişkenlerin eş bütünleşik olması durumunda, modelin kısa ve uzun dönem katsayıları ikinci aşamada tahmin edilmektedir.

Şüphesiz, bu adımların uygulanmasından önce bir kısıtsız hata düzeltme modeli (unrestricted error correction model-UECM) oluşturmaktadır. Bu çalışmada kullanılan UECM modeli aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\begin{aligned}
\Delta loggdp_t = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_{1i} \Delta loggdp_{t-i} + \sum_{i=0}^p \alpha_{2i} \Delta logcap_{t-i} + \sum_{i=0}^p \alpha_{3i} \Delta logemp_{t-i} \\
& + \sum_{i=0}^p \alpha_{4i} \Delta logrenewpro_{t-i} + \alpha_5 loggdp_{t-1} + \alpha_6 logcap_{t-1} + \alpha_7 logemp_{t-1} \\
& + \alpha_8 logrenewpro_{t-1} \\
& + u_t
\end{aligned} \tag{6}$$

Burada p gecikme sayısını göstermektedir.

ARDL modelinde, optimum gecikme uzunluğu, otokorelasyon olasılığının en düşük olduğu en küçük AIC veya SIC kritik değerine göre belirlenmektedir. Tablo 24, gecikme uzunluğu testinin sonuçlarını göstermektedir. Maksimum gecikme uzunluğunun dört alındığı analiz sonuçları, optimal gecikme uzunluğunun otokorelasyon olasılığının en düşük olduğu (0,9434) iki gecikme olduğunu göstermiştir.

Tablo 24: Optimal Gecikme Uzunluğu Seçimi

p	<i>AIC Kriterleri</i>	<i>LM Testi</i>
1	-3.282596	0.2141
2	-3.520755	0.9434
3	-3.512328	0.8023
4	-3.877180	0.3592

ARDL yaklaşımında, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin varlığı, denklem 6'daki bağımlı ve bağımsız değişkenlerin gecikmeli katsayılarının sifıra eşitlenmesi ($\alpha_5 = \alpha_6 = \alpha_7 = \alpha_8 = 0$) ve ardından F sınır testi uygulanması ile belirlenmektedir. Sınır testi sonucunda hesaplanan F istatistik değerinin *üst kritik değerden* ($I(1)$) büyük olması değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu; *alt kritik değerden* ($I(0)$) küçük olması, değişkenler arasında kısa dönemli bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Nihayet F alt ve üst kritik değerler arasında ise herhangi bir karar verilememektedir.

Tablo 25'ten de görüleceği gibi, F istatistik değeri tüm güven aralıklarında üst kritik değerden daha büyüktür. Buna göre, büyüme ve yenilenebilir enerji üretimi ile diğer kontrol değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişki vardır.

Tablo 25: Sınır Test Sonucu

F <i>İstatistik</i>	k	<i>Kritik Değerler</i>					
		1%		5%		10%	
		$I(0)$	$I(1)$	$I(0)$	$I(1)$	$I(0)$	$I(1)$
7.474478	3	5.17	6.36	4.01	5.07	3.47	4.45

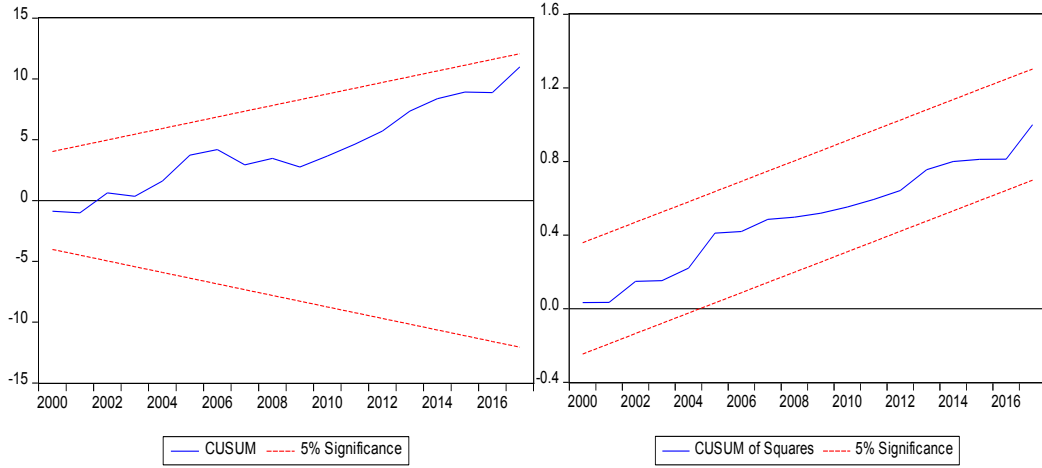
Notlar: k bağımsız değişkenlerin sayısıdır. $I(0)$ ve $I(1)$ Pesaran vd. (2001:300)'da yer alan sırasıyla alt ve üst kritik değerlerdir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiler belirlendikten sonra Tablo 26'da özetlenen ARDL (2, 0, 1, 0) modeli tahmin edilmiştir. Tanısal test sonuçlarına göre modelde herhangi bir sorun yoktur: Breusch-Godfrey LM testi, modelin otokorelasyon içermediğini ve ARCH-LM testi ardışık bağımlılık (heteroscedastisite) probleminin bulunmadığını göstermiştir. Jarque-Bera istatistik değeri artıkların normal dağılıma sahip olduğuna işaret ederken; Ramsey RESET testine göre, modelin fonksiyonel formu doğru kurulmuştur. Son olarak, tahmin edilen modelin kararlılığını, yani yapısal bir değişiklik olup olmadığını test etmek için CUSUM ve CUSUM-of-Square testleri yapılmıştır. Şekil 17'de gösterilen test sonuçlarına göre, tahmin döneminde yapısal bir kırılma bulunmamaktadır.

Tablo 26: ARDL Tahmin Sonuçları (2,0,1,0)

Bağımlı Değişken: <i>loggdp</i>				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistiği	Olasılık
<i>loggdp</i> (-1)	0.123145	0.195648	0.629422	0.5370
<i>loggdp</i> (-2)	-0.564943	0.180352	-3.132450	0.0058
<i>logcap</i>	0.409166	0.079666	5.136042	0.0001
<i>logemp</i>	0.068562	0.266640	0.257135	0.8000
<i>logemp</i> (-1)	0.394002	0.248316	1.586697	0.1300
<i>logrenewpro</i>	0.161746	0.051337	3.150661	0.0055
c	5.716306	2.528643	2.260622	0.0364
@trend	0.018839	0.005160	3.651079	0.0018
<i>R-kare</i>	0.994797	Breusch-Godfrey LM testi: Heteroskedastisite ARCH-		0.690244(0.6794)
<i>Düzeltilmiş R-kare</i>	0.992773	LM testi:		0.281642(0.7573)
<i>Durbin-Watson stat</i>	1.942612	Normallik testi:		
<i>F-istatistik</i>	491.6021	<i>Çarpıklık</i>		-0.126084
<i>Prob (F-istatistik)</i>	0.000000	<i>Basık:</i>		2.791478
		<i>Jarque-Bera</i>		0.115993(0.9436)
		Ramsey RESET Testi:		2.475559(0.1157)

Şekil 14: CUSUM ve CUSUM-of-Square Testleri



Bir sonraki adımda, değişkenlerin uzun dönem katsayıları tahmin edilmiştir. ARDL (2,0,1,0) modeli için uzun dönem tahmin sonuçları Tablo 27’de özetlenmiştir. Buna göre, bağımsız değişkenlerin katsayıları istatistiksel olarak anlamlıdır ve sermaye stoku, istihdam, yenilenebilir enerji üretimi ve büyüme arasında pozitif bir ilişki vardır. Başka bir deyişle, sermaye stoku, istihdam ve yenilenebilir enerji üretimi arttıkça ekonomik büyüme artmaktadır. Öte yandan, yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi diğer iki faktöre göre daha azdır. Bu durum beklenen bir durumdur ve şaşırtıcı değildir. Ancak, yenilenebilir enerji üretim miktarının nispeten düşük olduğu göz önüne alındığında, bu etkinin önemini yadsımak mümkün değildir.

Son olarak, elde edilen bulgulara göre, hata düzeltme katsayısı negatiftir (-1.441798) ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Başka bir deyişle, kısa dönemde meydana gelen dengesizlikler uzun dönemde ortadan kalkmakta ve sistem dengeye yakınsamaktadır. Modele göre kısa dönemli dengesizliklerin her yıl %11’i giderilmektedir.

Tablo 27: ARDL (2, 0, 1, 0) Modelinin Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistiği	Olasılık
<i>logcap</i>	0.283789	0.042859	-6.621440	0.0000
<i>logemp</i>	0.320824	0.097731	3.282734	0.0041
<i>logrenewpro</i>	0.112183	0.029990	3.740746	0.0015
CointEq(-1)	-1.441798	0.208534	-6.913968	0.0000

EC = $\text{loggdp} - (0.2838 \cdot \text{logcap} + 0.3208 \cdot \text{logemp} + 0.1122 \cdot \text{logrenewpro})$

SONUÇ

Bu çalışmada yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri ampirik olarak analiz edilmiştir. Türkiye ekonomisine ilişkin 1990-2017 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada ARDL modeli benimsenmiştir. Modelde yenilenebilir enerji üretiminin etkisinin belirgin hale getirilebilmesi için sermaye stoku ve istihdam düzeyi kontrol değişkenleri olarak kullanılmıştır. Ulaşılan en temel bulgu, sermaye stoku ve istihdam değişkenleri gibi, yenilenebilir enerji üretiminin de ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediğidir. Bu sonucun en önemli yanı, enerji ve doğal kaynaklar gibi etkenleri ‘ara girdi’ olarak değerlendiren neoklasik iktisat teorisinin kısmen de olsa yanlışlanmış olmasıdır. Bir diğer önemli nokta, yenilenebilir enerji üretim miktarının oldukça düşük olmasına rağmen, ekonomik büyüme üzerinde yadsınamaz bir etkiye sahip olmasıdır. Buna göre, ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri dikkate alındığında, yenilenebilir enerji üretiminde meydana gelecek artışların ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin daha belirgin hale gelmesi mümkün görünmektedir.

Çalışmanın amacı değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin incelenmesi olmamakla birlikte, burada elde edilen bulguların büyüme hipotezini destekleyen çalışmalarla (Bayraktutan, Yılgör ve Uçak (2011), Khobai (2018)) uyumlu olduğunu söylemek mümkündür. Örneğin Bayraktutan, Yılgör ve Uçak (2011) yenilenebilir enerji üretimindeki (elektrik) artışın büyümeye olumlu katkı sağladığını belirtmektedir. Diğerlerinden farklı olarak, rüzgâr enerjisinin etkilerini de dikkate alan Ohler ve Fetter (2014), yenilenebilir enerji kaynakları ile GSYİH arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki olduğunu öne sürmektedir. Oyeleke ve Akinlo (2019) yenilenebilir enerji üretimi ve büyüme arasında negatif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu açıdan söz konusu çalışma hem burada elde edilen bulgulardan hem de büyüme hipotezini destekleyen diğer çalışmalardan oldukça farklılaşmaktadır.

Sonuç olarak, her ülkenin sosyal, ekonomik ve çevresel koşullarına bağlı olarak farklı sonuçların ortaya çıkması muhtemeldir. Ancak, üretim miktarı az olmasına rağmen,

yenilenebilir enerji üretimi Türkiye'deki ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji alanında sosyal ve çevresel etkileri de dikkate alarak daha fazla yatırım yapılması gerektiği açıktır. Bunun dışında, her bir yenilenebilir enerji kaynağının büyüme üzerindeki etkilerinin ayrı ayrı incelenmesi ve belirlenmesi, yenilenebilir enerji yatırımları açısından aydınlatıcı bulgular ortaya koyabilecektir.



KAYNAKÇA

- Acaravcı, A. ve Erdoğan, S. (2017). Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş Ülkeler İçin Ampirik Bir Analiz Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi Nisan 2018, C.13, S.1, 53-64
- Acaroğlu, M. (2013). *Alternatif Enerji Kaynakları*, Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Alakbarov, N., Gündüz, M. ve Erkan, B. (2018). Türkiye’de Ekonomik Büyümenin Belirleyicisi Olarak Toplam Faktör Verimliliği, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (57), 253-270.
- Alper, F. Ö. (2018). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: 1990-2017 Türkiye örneği, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 223-242.
- Altın, V. (2013). *Dünya ve Enerji*, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.
- Apaydın, Ş., Güngör, A. ve Taşdoğan, C. (2019). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Asimetrik Etkileri Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. Cilt:6 Sayı:1 e-ISSN: 2149-1658
- Apaydın, Ş. ve Taşdoğan, C. (2019). Türkiye’de Yenilenebilir ve Birincil Enerji Talebinin Büyüme Üzerindeki Uzun Dönem Etkileri Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 54/1 (2019) 431- 445 doi: 10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.19.03.1109
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2009). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries *Energy Policy* 38 (2010) 656–660
- Aslan, A., Apergis, N. ve Yıldırım, S. (2013) ‘Causality between energy consumption and GDP in the U.S.: Evidence from wavelet analysis’ *Front. Energy* 2014, 8(1): 1–8 DOI 10.1007/s11708-013-0290-6
- Aslan, A. ve Topcu, E. (2017). İhracata Dayalı Büyüme Hipotezine Yeni Bir Yaklaşım: Türkiye Ekonomisi Üzerine Sektörel Bir Uygulama, *Uluslararası Ekonomik ve İdari Çalışmalar Dergisi*, (20):119-134. DOI: 10.18092/ulikidince.338806.
- Atems, B. and Hotaling, C. (2018). The effect of renewable and non-renewable electricity generation on economic growth, *Energy Policy*, 112, 111–118.
- Ateşok, G. (2004). *Kömür Hazırlama ve Teknolojisi*. İTÜ Maden Fakültesi Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Yayınları.
- Bakırtaş, İ. ve Çetin, M. A. (2016). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G-20 Ülkeleri Sosyoekonomi Vol.24(28), 131-145
- Bayraç, H. N. (2009). Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye: Petrol ve Doğalgaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 115-142.
- Bayraç, H. N. ve Çildir, M. (2017). AB Yenilenebilir Enerji Politikalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, ICMEB17 Özel Sayısı S. 201-212

- Bayraktutan, Y., Yılmaz, M. and Uçak, S. (2011). Renewable electricity generation and economic growth: Panel-data analysis for OECD members, *International Research Journal of Finance and Economics*, 66, 59-66.
- Bekhet, H.A. ve Harun, N.H. (2017). Elasticity and causality among electricity generation from renewable energy and its determinants in Malaysia, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(2), 202-216.
- Bektaş, V. ve Ursavaş, U. (2019). Impact of CO₂ Emission and Oil Prices on Renewable Energy. İçinde M. Karagül, A. Güngör, Ü. Koç, A. Ö. Yavuz ve A. D. Tuncer (Eds.), *Enerji Çevre ve İktisat Araştırmaları*, (pp. 13-26), Ankara: Siyasal Yayınevi.
- Ben-Salha, O., Hkiri, B. ve Aloui, C. (2018). Sectoral energy consumption by source and output in the U.S.: New evidence from wavelet-based approach, *Energy Economics*, 72, 75-96. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.03.029>.
- Bento, J. P. C. and Moutinho, V. (2016). CO₂ emissions, non-renewable and renewable electricity production, economic growth, and international trade in Italy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 142–155.
- Bowden, N. ve Payne, J. E. (2009). The causal relationship between U.S. energy consumption and real output: A disaggregated analysis *Journal of Policy Modeling* 31 (2009) 180–188
- Bozoklu, Ş. ve Yılcı, V. (2013). Energy consumption and economic growth for selected OECD countries: Further evidence from the Granger causality test in the frequency domain *Energy Policy* 63(2013)877–881
- BP (2020) *Statistical Review of World Energy*. <http://www.bp.com/statisticalreview> (Accessed Date: June 20, 2020).
- Bulut, U. ve Muratoğlu, G. (2018). Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus, *Energy Policy*, 123, 240-250.
- Büyükyılmaz, A. ve Mert, M. (2015). CO₂ Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MS-VAR Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği' *Zeitschrift für die Welt der Türken Journal of World of Turks* Vol. 7, No. 3 (2015)
- Çakar, M. C., Filik, Ü. B. ve Kurban, M. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve ulaşım Sistemlerinde Kullanım Uygulaması, *TMMOB, YEKSEM 5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*.
- Çetin, M. ve Şeker, F. (2012). Enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Türkiye örneği *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* Cilt/Vol. XXXI, Sayı/No. 1, 2012, pp. 85-106
- Çıra, F. ve Cevheroğlu, S. (2009). 21. Yüzyılda Amerika Birleşik Devletleri'nin Değişen Enerji Politikaları ve Bu Politikalarda Güneş Enerjisinin Yeri, *TMMOB, YEKSEM 5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*.
- Çolak, Ö. F. (2007). *İktisada Giriş*, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Demirgil, B ve Birol, Y. E. (2020). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye için bir Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi

- Dinç, D. T. ve Akdoğan, E. C. (2019). Renewable Energy Production, Energy Consumption and Sustainable Economic Growth in Turkey: A VECM Approach Sustainability 2019, 11, 1273; doi:10.3390/su11051273
- Dineri, E. ve Çayır, B. (2020). Beşerî Sermaye ve Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: AB-15 ve Türkiye Üzerine Bir Uygulama Gaziantep University Journal of Social Sciences 2020 19(4) 1686-170
- Durak, H. (2018). Biyokütlenin Katalitik Hidrotermal Sıvılaştırma Yöntemi ile Sıvılaştırılması. International Balkan University. Volume 14 Issue 1, 2019, p. 263-278 DOI: 10.7827/TurkishStudies.14716 ISSN: 1308-2140
- 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), 1-27. DOI: 10.18825/iremjournal.347200
- Erdal, G., Erdal, H. ve Esengün, K. (2008). The causality between energy consumption and economic growth in Turkey Energy Policy 36 (2008) 3838–3842
- Eroğlu, G. ve Şahiner, M. (2017). Dünyada ve Türkiye’de Uranyum ve Toryum Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Maden Serisi: 3.
- Ertuğrul, H. M. (2011). Türkiye’de Elektrik Tüketimi Büyüme İlişkisi: Dinamik Analiz Enerji, Piyasa ve Düzenleme (Cilt:2, 2011, Sayfa 49-73)
- Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5120-5128.
- Gökçe, C. (2014). Önemli Bir Enerji Girdisi Olan Petrolün Ekonomik Kalkınma Sürecindeki Rolü, *AKÜ İİBF Dergisi*, 16(1), 143-153.
- Gövdere, B. ve Can, M. (2015). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneğinde Eşbütünleşme Analizi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt:1 Sayı:2 S. 101-114
- Hacıhamzaoğlu, A. (2017). *Çevre ve Endüstriyel Biyoteknoloji: Biyokütle ve Enerji*, 19 Mayıs Üniv. https://personel.omu.edu.tr/docs/ders_dokumanlari/7697_51078_2394.pdf
- Halıcıoğlu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey, *Energy Policy*, Energy Policy 37 (2009) 1156–1164
- Ito, K. (2017). CO₂ emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for developing countries’ *International Economics* 151 (2017) 1–6
- İnce, U. (2005). Jeotermal Sistemlerde Düşük Sıcaklıkta korozyon İçin Malzeme Testi Çalışması, (İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).

- Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 97-125 doi: 10.14781/mcd.2014308146
- Kapusuzoğlu, A. ve Karan, M. B. (2010). Gelişmekte Olan Ülkelerde Elektrik Tüketimi ile Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Arasındaki Eş-Bütünleşme ve Nedensellik İlişkisinin Analizi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Çalışma' İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi Cilt 1 . Sayı 3 . 2010 ss. 57-68 ISSN: 1309-2448
- Kara, M. ve Duruel, M. (2005). Türkiye'de ekonomik Büyümenin İstihdam Yaratamama Sorunu, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 0(50), 367-396.
- Karagöl, E.T. ve Kavaz, İ. (2017). *Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji, Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları (SETA) Vakfı Yayınları*, No: 197.
- Karagöl, E., Erbaykal, E. ve Ertuğrul, H. M. (2007). Türkiye'de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8 (1) 2007, 72-80
- Karanfil, F. (2008). Energy consumption and economic growth revisited: Does the size of unrecorded economy matter? *Energy Policy* 36 (2008) 3029– 3035
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y. ve Kurt, R. (2011). Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 63-75.
- Khobai H. (2018), The causal linkages between renewable electricity generation and economic growth in South Africa, *MPRA Paper*, No: 86485. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/86485/> (Accessed Date: 15.06.2020).
- Koç, Ü. ve Apaydın, Ş. (2020). İktisadi Büyüme ve Rüzgâr Enerjisi: Seçilmiş G-20 Ülkeleri İçin Bir Analiz *Fiscaoconomia E-ISSN: 2564-7504 2020, Volume 4, Issue 3, 595-612 Doi: 10.25295/fsecon.765376*
- Koç, E. ve Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme, *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.
- Koçak, E. ve Şarkgüneşi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries' *Energy Policy* 100 (2017) 51–57
- Kraft, J. ve Kraft, A. (1978). On the Relationship Between Energy and GNP, *Journal of Energy Development*, 3, 401-403.
- Kum, H. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33, 207-2.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D. ve Avcı, E. D. (2005). Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, *III. Yenilenebilir Enerji Sempozyumu*, 275-279, Mersin.
- Külekçi, Ö. C. (2009) Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2009 1(2) 83-91 https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000017
- Lee, C. C. (2005). Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated panel analysis' *Energy Economics* 27 (2005) 415– 427

- Mangır, F., Karaçor, Z., Konya, S. ve Yardımcı, P. (2018). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: OECD Ülkeleri Örneği' Uluslararası Ekonomi Araştırmalar ve Finansal Piyasalar Kongresi 12-13-14 April 2018- Nevşehir
- Menegaki, A. N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis, *Energy Economics*, 33(2), 257-263.
- Narayan S. and Narayan, P.K. (2004). Determinants of demand of Fiji's exports: An empirical investigation. *The Developing Economics*, 17(1), 95-112.
- Ohler, A. and Fetters, I. (2014) 'The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: A study of energy sources', *Energy Economics*, 43, 125-139.
- Omri, A. (2014). An international literature survey on energy-economic growth nexus: Evidence from country-specific studies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 951-959.
- Oyeleke O. J. and Akinlo, T. (2019) 'Energy generation and economic growth: empirical evidence from Nigeria', *Environment, Development and Sustainability*, <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00476-4>
- Öcal, O. ve Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption-economic growth nexus in Turkey' *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 28 (2013) 494-499
- Özarlan, B. ve Bayraç, H. N. (2018). Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinin Ekonomik Büyüme Üzerindeki ETKİSİ: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı, *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 10(19): 381-395.
- Özbaş, E. (1996) Nükleer Enerjiye İhtiyaç, *1. Ulusal Nükleer Enerji ve Çevre Sorunları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Trakya Üniversitesi Yayınları.
- Özşahin, Ş., Mucuk, M. ve Gerçekler, M (2016). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: BRICS-T Ülkeleri Üzerine Panel ARDL Analizi Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 2016, 4(4), 4
- Öztürk, İ., Aslan, A. ve Kalyoncu, H. (2010). Energy consumption and economic growth relationship: Evidence from panel data for low- and middle-income countries' *Energy Policy* 38 (2010) 4422-4428
- Öztürk, İ. (2010). A literature survey on energy-growth nexus, *Energy Policy*, 38, 340-349.
- Öztürk, S. ve Saygın, S. (2020). Türkiye'de Yenilenebilir ve yenilenemeyen Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi' *Al-Farabi International Journal on Social Sciences* Page 104 Volume (5), Issue (1), Year (March 2020) ISSN 2564-7946
- 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.
- Pesaran, M.H. ve Shin, Y. (1999). An Autoregressive Distributed Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. In Strom, S. (Ed.). *Econometrics and*

Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium, Cambridge University Press.

- Rafindadi, A. A. ve Öztürk, İ. (2017). Impacts Of Renewable Energy Consumption On The German Economic Growth: Evidence From Combined Cointegration Test' *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 75 (2017) 1130–1141
- Saygılı, Ş. Cihan, C. ve Yurtoğlu, H. (2002). *Türkiye Ekonomisinde Sermaye Birikimi, Büyüme ve Verimlilik: 1972-2000*, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü Yayın No: DPT. 2665
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M. ve Zaman, K. (2015). Does Renewable Energy Consumption add in Economic Growth? An application of Auto-Regressive Distributed Lag Model in Pakistan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 576-585.
- Soytaş, U. ve Sarı, R. (2006). Energy consumption and income in G-7 countries *Journal of Policy Modeling* 28 (2006) 739–750
- Şen, Z. (2009). *Temiz Enerji Kaynakları ve Modelleme İlkeleri*, İstanbul: Su Vakfı Yayınları. <http://www.suvakfi.org.tr/yayin/temiz-enerji-kaynaklari-ve-modelleme-ilkeleri-genisletilmis-2-baski/117/>
- Şengül, S. ve Tuncer, İ. (2006). Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme: 1960-2000’ İktisat İşletme ve Finans, 2006, vol. 21, issue 242, 69-80
- Şimşek, Ş. (2015). Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal Gelişmeler, *III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, (s. 1-17), 4-6 Kasım, Ankara.
- Şimşek, T. ve Yiğit, E. (2017). BRICT Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Petrol Fiyatları, CO₂ Emisyonu, Kentleşme ve Ekonomik Büyüme Üzerine Nedensellik Analizi’ Eskişehir Osmangazi üniversitesi İİBF Dergisi Aralık 2017, C. 12, S. 3 117-136
- Temurçin, K. ve Aliagaoglu, A. (2003). Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 1(2), 25-39.
- Tuçcu, C. T. Ve Topcu, M. (2018). Total, renewable and non-renewable energy consumption and economic growth: Revisiting the issue with an asymmetric point of view’ *Energy* 152 (2018) 64-74
- 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.
- Türkel, V. (2012). *Doğalgaz Dağıtımında Tasarım İmalat ve Yönetim*, İGDAŞ Yayınları, No:27, İstanbul.
- Twari, A. K., Apergis, N. and Olayeni, O. R. (2015). Renewable and nonrenewable energy production and economic growth in sub-Saharan Africa: a hidden cointegration analysis, *Applied Economics*, 47(9), 861-882. DOI: 10.1080/00036846.2014.982855.
- Ucan, O., Arıcıoğlu, E. ve Yücel, F. (2014). Energy Consumption and Economic Growth Nexus: Evidence from Developed Countries in Europe’ *International Journal of Energy Economics and Policy* Vol. 4, No. 3, 2014, pp.411-419 ISSN: 2146-4553

- Umutlu, H. ve Bayraç, H. N. (2020). Türkiye’de Doğal Gaz Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Granger Nedensellik Analizi’ Sosyal Ekonomik Araştırmalar dergisi, Cilt 20, Sayı 40, Yıl 2020 ISSN: 2148-3043
- Usta, C. ve Berber, M. (2017). Türkiye’de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme ilişkisinin Sektörel Analizi’ Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt 13, Yıl 13, Sayı 1, 2017
- Uzuner, M. T. (2018). Dünya Ham Petrol Piyasalarının Ekonomi Politikası Üzerine Bir İnceleme, *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(17), 106- 127.
- Ünsal, E. M. (2017). *Makro İktisat*, Ankara: Murat Yayınları.
- Ünüvar, İ. ve Keskinliç, S. (2020). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: G20 Ülkeleri Örneği (2000-2016) Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, Cilt 16, Sayı 2, 2020 ISSN:2147-9208 E-ISSN:2147-9194
- Ürker, O. ve Çobanoğlu, N. (2012). Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin (HES) Durumu ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 65-88. DOI: 10.1501/sbeder_0000000046
- Üstün, A. K., Apaydın, M., Filik, Ü.B. ve Kurban, M. (2009). Kyoto Protokolü Kapsamında Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış, *TMMOB, YEKSEM 5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*.
- Wolde-Rufael, Y. (2004). Disaggregated industrial energy consumption and GDP: the case of Shanghai, 1952–1999’ *Energy Economics* 26 (2004) 69–75
- World Bank. (2012). *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development*. Washington: World Bank.
- Yerebakan, M. (2010). *Güneş Kolektörü Uygulamaları*, İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Yıldırım, E., Saraç, Ş. ve Aslan, A. (2012). Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(9), 6770-6774.
- Yılmaz, E. A. ve Öziç, H. C. (2018). Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Gelecek Hedefleri, *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 525-535.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.

İnternet Kaynakları

- <https://www.enerji.gen.tr/enerji-turleri.html> (Erişim Tarihi:19.08.2019)
- <https://www.enerjiportali.com/fosil-yakitlar-nelerdir> (Erişim Tarihi: 11.10.2019)
- <https://www.enerji.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 22.01.2020)
- <https://www.enerji.gen.tr/> (Erişim Tarihi: 09.01.2020)
- <http://nukleerakademi.org/nukleer-enerji> (Erişim Tarihi:07.09.2019)
- <https://www.makaleler.com/uranyum> (Erişim Tarihi 08.09.2019)
- <https://www.mta.gov.tr/> (Erişim Tarihi 15.08.2019)
- <https://www.iaea.org/publications> (Erişim Tarihi: 09.10.2019)
- <https://www.home.kpmg.com.tr>, Enerji, Sektörel Bakış (Erişim Tarihi: 01.03.2020)
- <https://www.euas.gov.tr/> Elektrik Üretimi (Erişim Tarihi: 11.04.2019)
- <http://www.denetimnet.net/UsFiles/> (Erişim Tarihi 10.10.2019)
- <https://www.mmo.org.tr/kitaplar/yenilenebilir-enerji> (Erişim Tarihi: 22.08.2020)
- <https://www.irena.org/Statistics>, 2020
- <https://www.oecd.org/>
- <http://kojenturk.org/tr/biyokutle-nedir>
- <https://data.worldbank.org>
- <https://www.rug.nl>
- <https://www.turkstat.gov.tr>
- <http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2020/05/2019sektorraporu.pdf>
- <https://www.iaea.org/opic/annual-report-2019>