



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

SEKTÖREL DÜZEYDE ENERJİ TÜKETİMİNİN BÜYÜMEYE ETKİSİ:
TÜRKİYE ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS

Hazırlayan
Mehmet Şerif ŞAHİN

Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Gökhan KARHAN

Temmuz-2021
BATMAN



**T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

TEZ KABUL VE ONAYI

Doç. Dr. Gökhan KARHAN danışmanlığında Mehmet Şerif ŞAHİN tarafından hazırlanan “Sektörel Düzeyde Enerji Tüketiminin Büyümeye Etkisi: Türkiye Örneği” adlı tez çalışması 30/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İktisat Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Tayfur BAYAT

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan KARHAN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mücahit ÇAYIN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış/akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez ve Seminer Yazım Kılavuzu kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules/ethical conduct and Batman University Institute of Social Sciences' Thesis and Seminar Writing Guide. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

İmza

Mehmet Şerif ŞAHİN

Tarih: 30.07.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEKTÖREL DÜZEYDE ENERJİ TÜKETİMİNİN BÜYÜMEYE ETKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Mehmet Şerif ŞAHİN

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan KARHAN

2021, 118 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Tayfur BAYAT

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan KARHAN

Dr. Öğr. Üyesi Mücahit ÇAYIN

Özellikle son yüzyılda enerjinin büyümenin ana parametrelerinden biri olduğu açıkça anlaşılmıştır. Bu nedenle bir uygarlık lokomotifine haline gelen enerji artan önemi ile birlikte üretimin ve toplumsal refahın kilit unsuru olmuştur. Sektörel ve toplam enerji tüketiminin büyüme üzerindeki etkisini araştıran bu çalışma kapsamında Türkiye için CO₂ tüketimi, toplam nihai enerji tüketimi, sanayi, ulaştırma ve diğer sektörlerin enerji tüketimi ile kişi başı gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkenlerine ait 1970-2019 dönemi verileri kullanılmıştır. Bu doğrultuda sırasıyla tanımlayıcı istatistikler, Genişletilmiş Dickey-Fuller (1981) ve Phillips-Perron (1988) tarafından geliştirilen birim kök, parametre tahmini için gecikmesi dağıtılmış otoregresif model (ARDL ve son olarak Hatemi-J Roca (2014) nedensellik testleri kullanılmıştır. Araştırma hipotezleri 3 farklı model kurularak test edilmiştir.

Kurulan üç modelde göz önünde bulundurulduğunda sanayi sektöründe kullanılan enerji miktarının artması kişi başına düşen geliri artırırken, ulaştırma ve diğer sektörlerde kullanılan enerji miktarı kişi başına düşen geliri azaltmaktadır.

Araştırmanın son aşamasında aralarında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilen değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi, Hatemi J-Roca (2014) Asimetrik Nedensellik Testi ile incelenmiştir. Asimetrik Nedensellik Testi nedenselliğin yönüne göre; gelirden sektörler ve sektörlerden gelire doğru olmak üzere iki ayrı grupta toplanmıştır. Sektörlerden gelire doğru nedenselliğin sınındığı test sonuçlarına göre sanayi sektörü enerji tüketiminden kişi başına düşen gelire doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu sonuçlar aynı zamanda ARDL sınır testi sonuçları ile paralellik göstermektedir. Öte yandan diğer sektörlerin enerji tüketim miktarının negatif bileşeninden kişi başına düşen gelirin hem pozitif hem de negatif bileşenine doğru nedenselliğin olduğu tespit edilmiştir. Son olarak toplam enerji tüketiminin negatif bileşeninden kişi başına düşen gelirin negatif bileşenine doğru nedenselliğin olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Büyüme, GSYH, Sektörel Enerji Tüketimi, Türkiye

ABSTRACT**MS THESIS****THE EFFECT OF ENERGY CONSUMPTION ON GROWTH AT THE
SECTORAL LEVEL: THE CASE OF TURKEY****MEHMET ŞERİF ŞAHİN****INSTITUTE OF POSTGRADUATE EDUCATION OF BATMAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ECONOMICS****Advisor: Assist. Prof. Gökhan KARHAN****2021, 118 Pages****Jury****Prof. Dr. Tayfur BAYAT****Assist. Prof. Gökhan KARHAN****Assist. Prof. Mücahit ÇAYIN**

It has been clearly understood that energy is one of the main parameters of growth, especially in the last century, For this reason, energy, which has become a civilization locomotive, has become a key element of production and social welfare with its increasing importance. Within the scope of this study, which investigates the effect of sectoral and total energy consumption on growth, the 1970-2019 period data of the variables of CO2 consumption, total final energy consumption, energy consumption of industry, transportation and other sectors and gross domestic product per capita were used for Turkey. In this direction, respectively descriptive statistics, Extended Dickey-Fuller (1981) the unit root developed by and Phillips-Perron (1988), the distributed lag autoregressive model (ARDL) for parameter estimation, and finally the Hatemi-J Roca (2014) causality tests were used. The research hypotheses were tested by establishing 3 different models.

Taking into consideration the three models established, the increase in the amount of energy used in the industrial sector increases the per capita income, while the amount of energy used in the transportation and other sectors decreases the per capita income.

At the last stage of the study, the causality relationship between the variables, among which cointegration relationships were detected, was examined with the Hatemi J-Roca (2014) Asymmetric Causality Test. According to the direction of causality, Asymmetric Causality Test; It is divided into two separate groups, from income to sectors and from sectors to income. According to the test results in which the causality from the sectors to the income was tested, a one-way causality relationship was found from the energy consumption of the industrial sector to the per capita income. These results also show parallelism with ARDL limit test results. On the other hand, it has been determined that there is causality from the negative component of the energy consumption amount of other sectors to both the positive and negative components of the per capita income. Finally, it was found that there is causality from the negative component of total energy consumption to the negative component of per capita income.

Keywords: Economic growth, GDPPC, Sectoral Energy Consumption, Turkey

İNTİHAL RAPORU ÖRNEĞİ

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	ii
TEZ BİLDİRİMİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İNTİHAL RAPORU ÖRNEĞİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
GRAFİKLER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	2
Enerjinin Tanımı, Tarihi, Dünyadaki Ve Türkiye’deki Sektörel Durumu	2
1.1. Enerji	2
1.2. Enerji Kaynakları	4
1.2.1. Yenilenemeyen Enerjiler	6
1.2.1.1. Fosil Yakıtlar	6
1.2.1.2. Nükleer Enerji	23
1.2.2. Yenilenebilir Enerjiler	25
1.2.2.1. Güneş Enerjisi	25
1.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi	28
1.2.2.3. Hidrolik Enerji	29
1.2.2.4. Jeotermal Enerji	29
1.2.2.5. Biyokütle Enerjisi	30
1.2.3. İkincil Enerji Kaynakları	31
1.2.3.1. Elektrik Enerjisi	31
1.2.3.2. LPG	33
İKİNCİ BÖLÜM	35
Türkiye’de Enerjinin Sektörel Görünümü Ve Enerji Politikaları	35
2.1. Türkiye’de Enerjinin Sektörel Görünümü	35
2.1.1. Türkiye’de Sanayi Sektörü ve Enerji Tüketimi	37
2.1.2. Mesken ve Hizmet Sektörü	39
2.1.3. Türkiye’de Ulaşım Sektörü ve Enerji Tüketimi	40

2.1.4. Türkiye’ de Tarım Sektörü ve Enerji Tüketimi	43
2.2. Türkiye’de Enerji ve Çevre Sorunları	45
2.2.1. Türkiye’de Enerji Sorunları	45
2.2.1. Türkiye’de Çevre Sorunları	49
2.3. Enerji ve Çevre Politikaları	52
2.4. COVID-19 Salgınının Enerji Sektörüne Etkileri	55
2.5. Türkiye’de Enerjinin 2023 Projeksiyonu	57
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	60
Literatürde Enerji Sektörü	60
3.1. Ekonomide Büyüme Kavramı ve Bir Bileşen Olarak Enerji ile İlişkisi	60
3.2. Literatür Taraması	62
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	71
Metodoloji ve Ampirik Sonuçlar	71
4.1. Metodoloji	71
4.1.1. Dickey ve Fuller (1981) Birim Kök Testi	73
4.1.2. Phillips ve Perron (1988, PP) Birim Kök Testi	74
4.2. Bulgular	78
4.2.1. Model 1 için ARDL Sonuçları	78
4.2.2. Model 2 için ARDL Sonuçları	82
4.2.3. Model 3 için ARDL Sonuçları	86
4.2.4. Hatemi J ve Roca (2014) Asimetrik Nedensellik Testi	90
4.3. Sonuç ve Tartışma	94
KAYNAKÇA	99

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Kömür Türleri	12
Tablo 2. Dünya Kanıtlanmış Petrol Rezervlerinin Dağılımı	19
Tablo 3. Türkiye'de Yıllara Göre Enerji Denge Tabloları (Bin TEP)	40
Tablo 4. Türkiye Tarımsal Enerji Tüketimi Dağılımı	48
Tablo 5. Enerji Üreten Merkezler ve Çevresel Etkileri	54
Tablo 6. Küresel Enerji ve Çevre Politikaları	57
Tablo 7. Türkiye'de İklim ve Yenilenebilir Enerji Politika ve Eylemleri	58
Tablo 8. Enerji Tüketimi/Sektörel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini Zaman Serisi Yöntemiyle İnceleyen Çalışmalar	67
Tablo 9. Enerji Tüketimi/Sektörel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini Panel Veri Yöntemiyle İnceleyen Çalışmalar	72
Tablo 10. Tanımlayıcı İstatistikler	74
Tablo 11. ADF (1981) ve PP (1988) Birim Kök testi Sonuçları	78
Tablo 12. Model 1 ARDL Sınır Testi Sonuçları	79
Tablo 13. ARDL(1,0,0,0) Modeli Kısa Dönem Tahmin Sonuçları	81
Tablo 14. Model-1 ARDL Tahmin Sonuçları	82
Tablo 15. Model-2 ARDL Sınır Testi Sonuçları	83
Tablo 16. ARDL(3,0,0,0) Modeli Kısa Dönem Tahmin Sonuçları	84
Tablo 17. Model-2 ARDL Tahmin Sonuçları	86
Tablo 18. Model-3 ARDL Sınır Testi Sonuçları	87
Tablo 19. ARDL(1,0,1,4) Modeli Kısa Dönem Tahmin Sonuçları	88
Tablo 20. Model-3 ARDL Tahmin Sonuçları	90
Tablo 21. Hatemi J-Roca (2014) Asimetrik Nedensellik Test Sonuçları (Sektör-GSYH)	92
Tablo 22. Hatemi J-Roca (2014) Asimetrik Nedensellik Test Sonuçları (GSYH-Sektör)	94

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1.1. Dünya Kömür Rezervi (2020)	13
Grafik 1.2. Ülkeler bazında kömür rezervleri (2020)	13
Grafik 1.3. Ülkelerin kömür ticareti (2019)	14
Grafik 1.4. Türkiye Kömür Tüketimi (2018)	16
Grafik 1.5. Yıllar İtibariyle Türkiye Kömür İthalatı (1980-2019)	17
Grafik 1.6. Dünyada Tüketilen Enerji Kaynakları-2018 (%)	18
Grafik 1.7. Petrol üretiminin dağılımı-2019	20
Grafik 1.8. Türkiye'nin Petrol İthalatı Yaptığı Ülkeler ve Pazar Payları (2019)	23
Grafik 1.9. Doğal gaz tüketiminde sektörel dağılım	24
Grafik 1.10. Türkiye'de Yıllara Göre Doğal gaz Tüketimi (bcm)	26
Grafik 1.11. Türkiye'de Yıllara Göre Doğal gaz İthalat ve İhracatı	26
Grafik 1.12. Türkiye'nin Doğal Gaz İthalatında Ülke Payları Değişimi	27
Grafik 1.13. Ülkeler Bazında Nükleer Enerji ile Elde Edilen Elektriğin Toplam Arza Oranı	29
Grafik 1.14. Türkiye'de Kurulu Güç Gelişimi ve 2023 Projeksiyonu	38
Grafik 2.1. Sanayide Enerji Tüketiminin Kaynaklara göre Dağılımı (2019)	42
Grafik 2.2. Sanayide Alt Sektörler Enerji Tüketimi-2019 (%)	42
Grafik 2.3. 1990-2019 Sanayi Sektörü Toplam Enerji Tüketimi (Bin TEP)	43
Grafik 2.4. Hizmet Sektöründe Enerji Tüketiminin Kaynak Dağılımı-2019 (BTEP)	44
Grafik 2.5. Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketimi ve Oranları	45
Grafik 2.6. Ulaştırma Tipine Göre Nihai Enerji Tüketimi (Bin Tep)	46
Grafik 2.7. Ulaşımda Kullanılan Yakıtlar 2019 (BTEP)	47
Grafik 2.8. AB Ülkelerinde Enerji Tüketiminde Tarımsal Enerjinin Payı (%)	48
Grafik 2.9. CO ₂ (Karbondiyoksit) Salınımının Tarihsel Gelişimi	51
Grafik 2.10. GSMH ve Toplam Enerji Tüketimi Korelasyonu	52
Grafik 2.11. Türkiye'de Sera Gazı Emisyon İstatistikleri (1990-2019)	55
Grafik 4.1. Akaike Bilgi Kriterine Göre ARDL(1,0,0,0) Modeli Tercih	80
Grafik 4.2. Model-1 ARDL Modeline Ait CUSUM ve CUSUMQ Grafikleri	81
Grafik 4.3. Akaike Bilgi Kriterine Göre ARDL(3,0,0,0) Modeli Tercih	84
Grafik 4.4. Model-2 ARDL Modeline Ait CUSUM ve CUSUMQ Grafikleri	85
Grafik 4.5. Akaike Bilgi Kriterine Göre ARDL(1,0,1,4) Modeli Tercih	87
Grafik 4.6. Model-3 ARDL Modeline Ait CUSUM ve CUSUMQ Grafikleri	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	10
Şekil 1.2. 2020 Dünya Petrol Tüketimi	21
Şekil 1.3. Yıllara Göre Türkiye Petrol Üretimi (milyon ton)	22
Şekil 1.4. Türkiye Doğal gaz Üretimi (milyon m ³)	25
Şekil 1.5. İl Bazında Yıllık Güneş Radyasyonu (2020)	32

GİRİŞ

Modern iktisat teorilerinde enerjinin rolü uzun süreli bir tartışma konusu olmuşsa da, enerjinin üretim sürecindeki önemi Sanayi Devriminden bugüne tartışma konusu olmaktan çıkmıştır. Sanayi Devriminin yarattığı yeni sosyoekonomik yapı, teknolojinin gelişimi ile bir küresel düzene dönüşmüş ve bu düzenin en belirleyici unsurlarından biri de enerji sahipliği hususu olmuştur. Enerjiye dayalı olmayan bir kalkınma ve büyüme modeli mümkün görülmemektedir. Enerjinin yarattığı bu iklim küresel ekonomik krizlerde de başat aktör olmasına neden olmuştur. Özellikle 1970’li yıllarda tüm dünyayı etkileyen petrol krizleri, ekonomik büyümede enerji faktörünün rolünü net olarak ortaya koymuş ve bu da pek çok akademik çalışmaya kaynaklık etmiştir. Uzun yıllar fosil yakıtlar üzerinde süren hakimiyet mücadelesi, bu kaynakların eşitsiz dağılımı, rezervlerinin gün geçtikçe azalması ve yeniden elde edilememesi gibi faktörlerle de birleşince enerji arzında yeni bileşenler önem kazanmaya başlamıştır. Fosil yakıtlardan kaynaklı iklim değişiklikleri, çevre ve sağlık problemleri de bu süreci hızlandırmış ve yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, çevre dostu enerji gibi yeni kavramlar hayatımıza girmiştir. Sorunların küreselleşmesi, enerjinin yarattığı sorunlarla ilgili pek çok uluslararası sözleşmeyi de gündeme getirmiştir. Günümüz dünyasında enerji tüketiminin temel ihtiyaç haline geldiği göz önüne alındığında çevreye duyarlı, yenilenebilir, verimli ve ucuz enerji herkesin temel arzusudur.

Öte yandan, kalkınma ya da büyüme sürecinde, özellikle sanayileşme boyutu başta her alanda enerjiye duyulan ihtiyaç ulusal enerji planlamasını zorunlu kılmaktadır. Ülkelerin sektörel düzeyde enerjiye yaptığı yatırımlar, ya da tüketilen enerjinin sektörel dağılımı o ülkenin büyüme modeli ve kalkınma düzeyi hakkında bilgiler vermektedir.

Enerji tüketiminin büyüme ile olan ilişkisi Türkiye’de ve dünyada birçok çalışmaya kaynaklık etmiştir. Ancak sektörel düzeyde enerji tüketiminin büyümeyle ilişkisini konu alan çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma önceki çalışmalardan farklı olarak, Türkiye’de enerji denge tablolarına konu olan ve resmi olarak kategorize edilen sektörlerdeki enerji tüketiminin iktisadi büyüme ile olan ilişkisini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu çerçevede öncelikle Enerji kavramının gelişimi tarihsel bir çerçevede anlatılarak, temel enerji kaynaklarına değinilecektir. İkinci bölümde Türkiye’de enerji sektörünün görünümü ve dünyadaki yerine değinilerek, bir gelecek projeksiyonu açısından değerlendirilmeye çalışılacaktır. Üçüncü bölüm, enerji tüketimi ile ekonomik

büyüme ilişkisini inceleyen literatürdeki çalışmalara ve elde edilen bulgulara değinilecektir. Son olarak da metodoloji ve araştırma sonuçlarına yer verilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

Enerjinin Tanımı, Tarihi, Dünyadaki Ve Türkiye’deki Sektörel Durumu

Enerji, teknolojinin ve dolayısıyla insan uygarlığının lokomotifi olarak geçmişten bugüne sürekli önemi artan, üretimin ve buna bağlı olarak toplumsal refah ve gelişmenin anahtarı olan bir unsur olarak günlük hayatımızın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir.

1.1. Enerji

Yunanca “energeia” sözcüğüne ilk kez Aristoteles’in “Nikomakhos’a Etik” adlı eserinde M.Ö. 4. yüzyılda rastlanmaktadır. Sözlük anlamı etkinlik, iş yapma anlamına gelen kavram, bugün de hala net bir tanım almış olmasa da buna yakın anlamda kullanılmakta ve bir sistemin kendi dışında faaliyet göstermesi ya da iş yapma kapasitesini ifade etmektedir. Tarihsel süreçte insanoğlu, insan ve hayvan gücü, odun, akarsu, fosil yakıtlar, nükleer kaynaklar gibi pek çok maddeden enerji üretiminde yararlanmıştır. Çünkü enerji üretim ve tüketim açısından vazgeçilmez bir unsurdur. Ekonomik açıdan üretim proseslerinin vazgeçilmezi bir girdi olan enerji, her zaman bir ihtiyaç maddesi olmuştur. Einstein tarafından 1948 yılında bir madde olduğu ortaya konulan enerji, maddeye ilişkin olarak ne yoktan var edilebilmekte, ne de vardan yok edilebilmektedir. Bu termodinamik ilke, enerjinin dönüştürebilse de hep sabit bir oranda dünyada var olacağını göstermektedir. Enerjinin korunumu ilkesi, ekonomi bilimi açısından enerjinin en uygun nasıl üretileceği ve kullanılacağı açısından da önemli bir dayanaktır (Akova, 2018, s. 6)

Teknolojinin lokomotifi olan enerji, uygarlıkların da anahtarı olarak tarihte ekonomi ve siyasete yön veren başlıca unsur olmuştur. İlk olarak ateşin enerji kaynağı olarak kullanımı ile başlayan süreç, insanoğlunun doğa ile mücadelesinin mihenk noktası olmuştur. Fiziki engelleri ateşi kullanarak yaptığı araçlarla aşan insanoğlu, her geçen gün daha farklı kaynaklar ve teknolojilerle dünyayı global bir köye dönüştürmüş, zaman ve mekan algısını kökten değiştirmiştir.

12. yüzyıla kadar enerji kaynaklarının sınırlı kullanımı, kömürün 16. yüzyıldan sonra enerji üretiminde kullanılması ile ivme kazanmıştır. Kömürün odundan daha iyi bir kaynak olduğunun anlaşılması başka madenlere de yönelimi arttırmıştır. Bu yolla hızlanan süreç devreye başka madenlerin de girmesiyle Sanayi Devrimine yol açmıştır. Başlangıçta zorunlu ihtiyaçlar için farklı şekillerde kullanılan enerji, kitlesel üretime

geçiş yol açan Sanayi Devrimi sonrası boyut değiştirmiştir. Enerji ihtiyacını ve enerjiye talebi hızla arttıran bu gelişmeler yeni arayışların ve gelişmelerin de öncüsü olmuştur (Usta & Berber, 2017, s. 174).

19. yüzyılla beraber bilim ve teknolojiadaki gelişmeler makineleşmenin de önünü açmış ve enerji talebi daha da hız kazanmıştır. Bu talepler kaynak çeşitliliği ile desteklenmiş, barajlar ve fosil yakıtlar yoluyla üretilen elektrik enerjisi sanayiden aydınlatmaya, ulaşımdan hizmet sektörüne en önemli kaynaklardan biri haline gelmiştir. II. Dünya savaşı sonrası dünyada ekonomik alanda yaşanan hızlı büyüme süreci de enerjiye olan talebin ve ihtiyacın artmasına neden olmuştur. Enerjinin bu yükselişi onu gündelik hayatın vazgeçilmezi haline getirdiğinden insanlık “enerji bunalımı” kavramıyla tanışmış ve 1970-80 periyodu bu krizin derinden hissedildiği bir dönem olmuştur. Yine bu dönem fosil yakıtların sınırlılığının ve yarattığı çevresel tahribatın küresel düzeyde daha fazla anlaşılabilirliğinin yaşandığı ve yenilebilir enerji kavramının doğduğu yıllardır (Bulut, 2020, s. 4).

Bu gelişmeler iktisat biliminde enerji konusuna farklı bir ilgi kazandırmıştır. Neoklasik teoriyle birlikte, daha önce toprak ve doğal kaynak kavramlarıyla ifade edilen enerji kavramı, bu okul tarafından literatüre alınmışsa da, üretim işlevlerinde yer bulamamıştır. Neoklasik okul, 1970’lerde çevre ekonomisi ve doğal kaynaklar ekonomisi olarak konuya iki alt disiplinde yer vermiştir. Bu iki disiplin doğal kaynakların nasıl çıkarıldığı ile birlikte oluşan çevre sorunları ile ilgilenmişlerdir (Usta & Berber, 2017, s. 174).

Bir üretim faktörü olarak enerji kavramı, iktisatta yerini ekolojik ekonomi yaklaşımı ile almıştır. Bu ekonomik model; Neoklasik anlayışın emek-sermaye girdisine bağlı ekonomik büyüme modeline karşı çıkmış ve bu döngünün küresel bir ekosistemin bir alt sisteminden ibaret olduğunu savunmuştur. Bu yaklaşım dünya ekosisteminde güneş enerjisinin tek enerji kaynağı olduğu savıyla, bu enerjinin ekosistem içinde direkt ya da dolaylı kullanılıp düşük ısıyla da atıldığını savunmaktadır. Ekolojik iktisat okulu enerjiyi üretimde ilk faktör olarak görmektedir (Usta & Berber, 2017, s. 174).

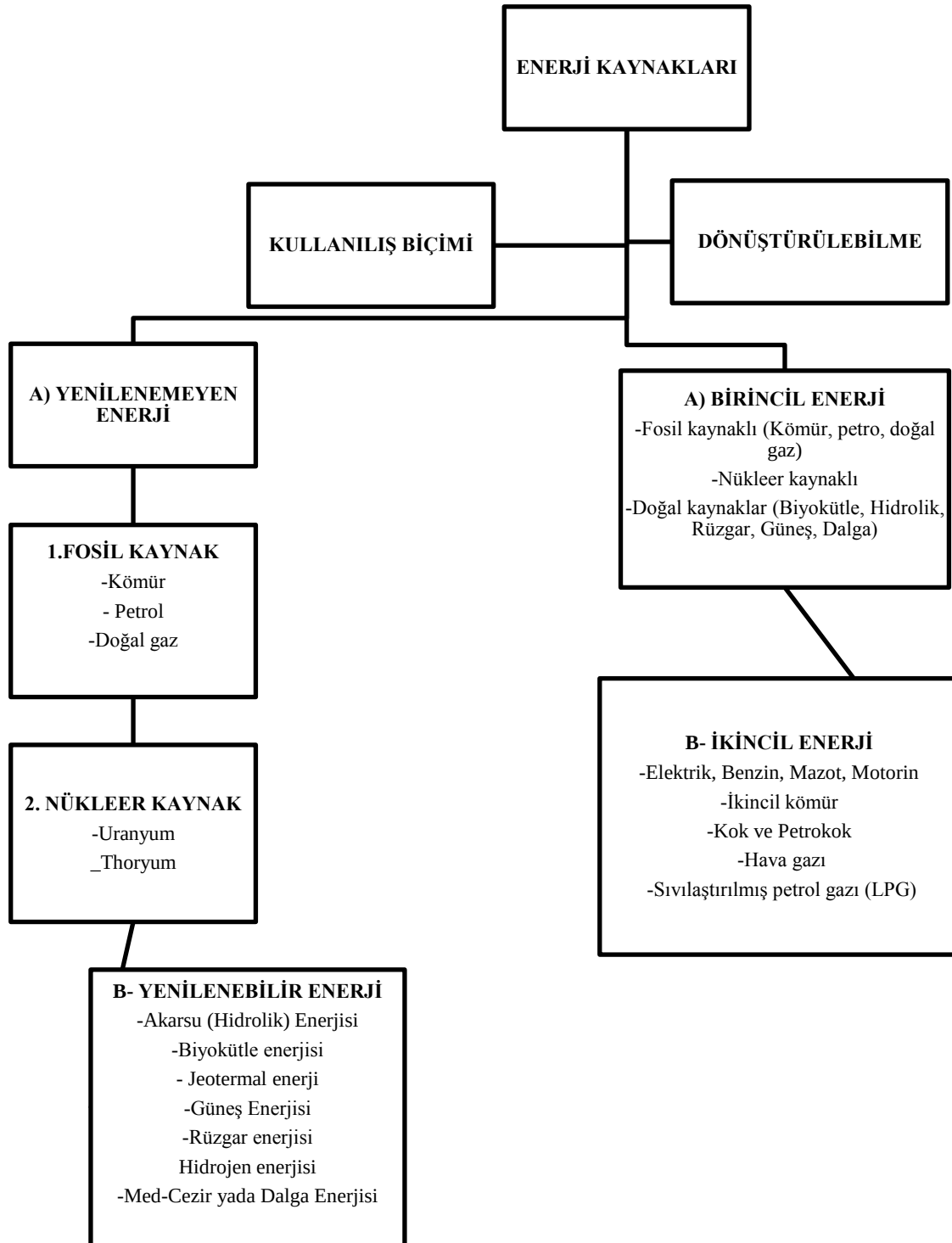
Küresel ekonomi politiğe bugün, yön veren en güçlü aktörün enerji olduğu kabul edilmektedir. Küresel düzlemde, daha fazla enerji üreterek daha geniş kitlelerin erişimine sunmak, yoksul ülkelerde kalkınma hamlesini desteklemek gibi hedefler çevreye duyarlı modellerle desteklenmektedir. Enerji talebine yön veren gelişmekte olan ülkeler küresel büyümenin de müsebbibidir. ABD merkezli Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) dışı ülkelerin tetiklemesiyle 2050 yılında, bugüne

oranla %50 oranında enerji talep artışı öngörmektedir (KPMG, 2020, s. 4). Temel bir aktör haline gelen enerji piyasası, bu nedenle derinlemesine incelenmesi gereken bir alandır. Bu analizler sektörel ajanlar ve karar mekanizmaları açısından büyük önem arz etmektedir. Ekonomik ve sosyal gelişme ve refahın anahtarı olan enerjinin kesintisiz, güvenilir, temiz ve ucuz yollardan temini en önemli politik amaç haline gelmiştir (Özata, 2010, s. 102).

1.2. Enerji Kaynakları

Bir yandan potansiyel ve öte yandan kinetik, ısı, elektrik, kimyasal ve nükleer türleri bulunan enerji, kullanılan uygun yöntemlerle birbirine dönüşebilmekte, bu nedenle farklı sınıflandırmalara tabi tutulmaktadır. Şekil 1’de görüldüğü üzere, bu sınıflamalarda enerji kaynaklarının kullanılış çerçevesi ve dönüştürülebilme özelliği temel kriterler olarak göze çarpmaktadır(Koç & Kaya, 2015, s. 36).

Şekil 1.1.Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması



Kaynak: Koç & Kaya, 2015, s. 37

Günümüzde artan nüfus ve teknolojinin baş döndürücü hızla ilerlemesiyle yaşanan değişimler bir yandan refah seviyesini arttırırken bir yandan da enerjiyi herkes için zorunlu hale getirmektedir. Mekan ve zaman algısının köklü bir şekilde değiştiği bugünlerde, bu değişimi yaratan teknolojiler başta olmak üzere üretim ve tüketimin her alanında daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu enerjinin nasıl temin edildiği ise küresel bir problem haline gelmekte ve tüm dünyayı ilgilendiren bir sorun haline gelmektedir. Özellikle çevresel tahribata yol açtığı için tartışma konusu olan yenilenemez enerji kaynaklarının aynı zamanda rezervleri de tükenmekte ve bu da yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırmaktadır. Bu çerçevede çalışmada bu iki kategori dönüştürülebilirlik boyutunda ele alınmıştır.

1.2.1. Yenilenemeyen Enerjiler

Bu kategoride ele alınması gereken kaynakların başında fosil yakıtlar olarak da tanımlanan kömür, petrol ve doğal gaz ile nükleer enerji kaynakları gelmektedir.

1.2.1.1. Fosil Yakıtlar

Akova (2018, s.7), enerji kaynaklarının pek çok farklı sınıflanmaya rağmen temelde fosil enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak iki temel grupta toplanabileceğini ifade eder. Farklı jeolojik dönemlerde başkalaşım geçiren bitki veya hayvan temelli maddeler fosil enerji kaynaklarını oluşturmaktadır.

Buna göre Sanayi Devrimi ile ön plana çıkmaya başlayan ve hala yaygın kullanımı süren kömür, 20. yüzyılda birçok savaşın ana motivasyonu olan ve küresel ölçekte ekonomik krizlere yol açacak kadar önem kazanan petrol ve son yıllarda enerji piyasasında önemli bir cazibe merkezi olan doğal gaz bu kategoride yer almaktadır. Fosil yakıtlar yenilenebilir olmadıklarından hala cazibe merkezi olsalar da rezervlerinin sınırlı olması ve çevreye verdikleri tahribat nedeniyle gelecek vizyonunda daha az yerilmesi gereken unsurlardır.

A- Kömür

Farklı renk ve kalitelerde katı bir fosil yakıt ve sedimanter bir kaya olan kömür; karbon, oksijen ve hidrojen gibi elementlerden oluşan mikrobiyolojik etkiler ve ısı, basınç gibi faktörlerle milyonlarca yılsonunda oluşan bir madendir. Bitkilerin kömürleşmesine dayalı olarak ortaya çıkan bu maden bir alterasyon sürecini izler. Bu süreçte turba, linyit, taş kömürü, antrasit ve grafit dönüşümü gerçekleşir (ETKB, 2020). Kömürle ilgili farklı sınıflamalar bulunsa da Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması çerçevesinde alt ısıl değerlere göre sınıflama şu şekildedir:

Tablo 1. Kömür Türleri

KÖMÜR TÜRÜ	ALT ISIL DEĞERİ (kcal/kg)
Linyit	< 4.165
Alt bitümlü kömür	4.165-5.700
Antrasit-bitümlü kömür	>5.700

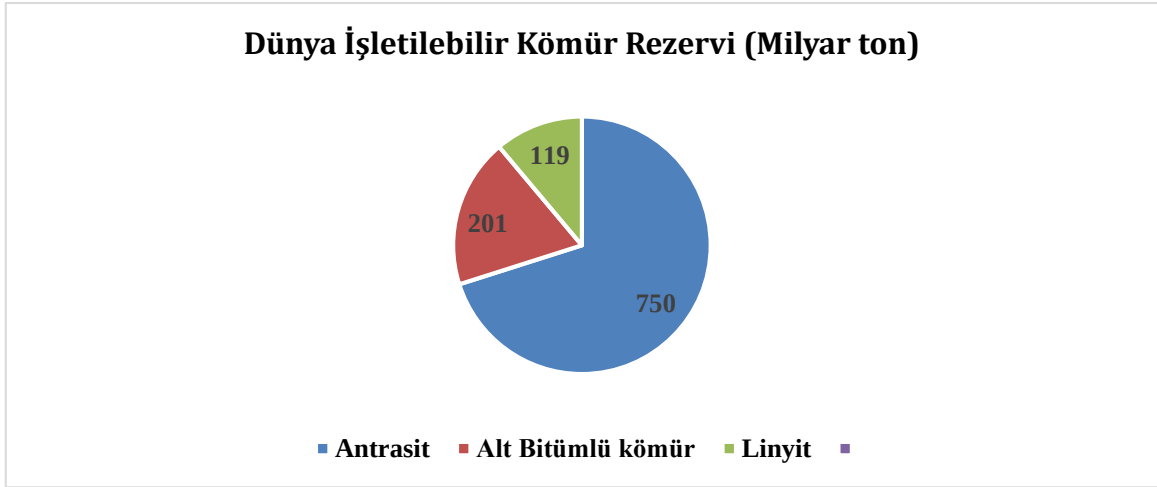
Kaynak: (Makine Mühendisleri Odası (MMO), 2020, s. 3)

İlkçağlarda ısınma ve demiri eritme amaçlı kullanılan kömür, 18. yüzyılla beraber altın çağını yaşamaya başlamıştır. Günümüzde ısınmanın yanında elektrik üretimi, demir-çelik sanayi, çimento sanayi ve endüstriyel proseslerde buhar üretimi amacıyla kullanılan kömür en yaygın küresel yenilemez enerji kaynağıdır. Tüm karşı tepkilere rağmen üretim ve tüketimi de küresel ölçekte yoğunlukla süren kömür, ticareti de oldukça güçlü bir ürün olmaya devam etmektedir. Nitekim IEA verilerine göre 2018 yılı itibarıyla fosil yakıtların enerji kaynağı olma oranı %85'lere tekabül etmekte ve bu da pazardaki hükümlerinin sürdürdüğünü göstermektedir. 2000 yılında enerji üretim payı %25 olan kömürün, 2018 yılındaki üretim payı %27'lere ulaşmıştır. Türkiye'de bu oran 2000 yılında %30 civarında iken 2018 yılında dünya ortalamasına yakındır (KPMG, 2020, s. 5).

Dünya çapında petrolden sonra enerji üretiminde ikinci unsur olan kömürün özellikle elektrik üretimindeki payı dikkat çekmektedir. Küresel düzlemde %38'i bulan bu oran TEİAŞ verilerine göre Türkiye'de %34 düzeyindedir ve ithal ile yerli kömür santralleri marifetiyle gerçekleştirilmektedir (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB), 2020, s. 29).

Dünyada rezervler bağlamında British Petroleum (BP)'nin 2020 raporuna göre; işletilebilir kömür rezervi 1,07 trilyon ton olarak hesaplanmıştır. Bu rakamın 750 milyar ton antrasit ve bitümlü kömür, 320 milyar ton alt bitümlü kömür ve linyit olduğu düşünülmektedir (Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), 2020).

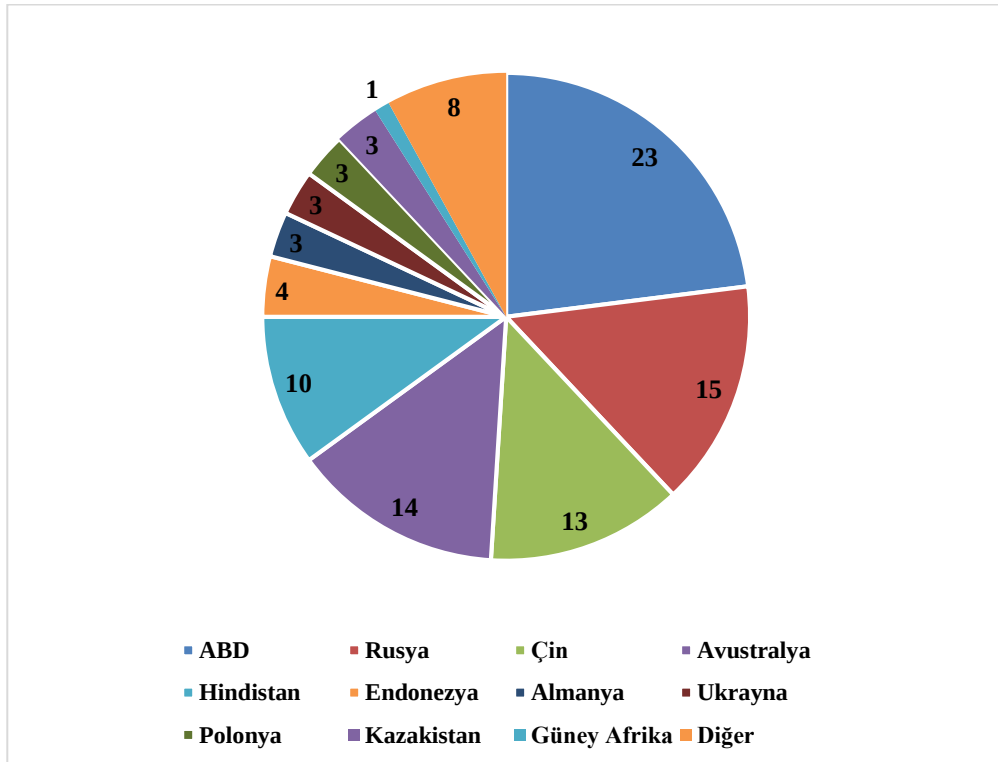
Grafik 1.1. Dünya Kömür Rezervi (2020)



Kaynak: TKİ,2020

BP'nin 2020 yılı raporunda küresel rezervin %92'sinin 11 ülkenin tekelinde olduğu Grafik 1.2.'de görülmektedir.

Grafik 1.2. Ülkeler bazında kömür rezervleri (2020)

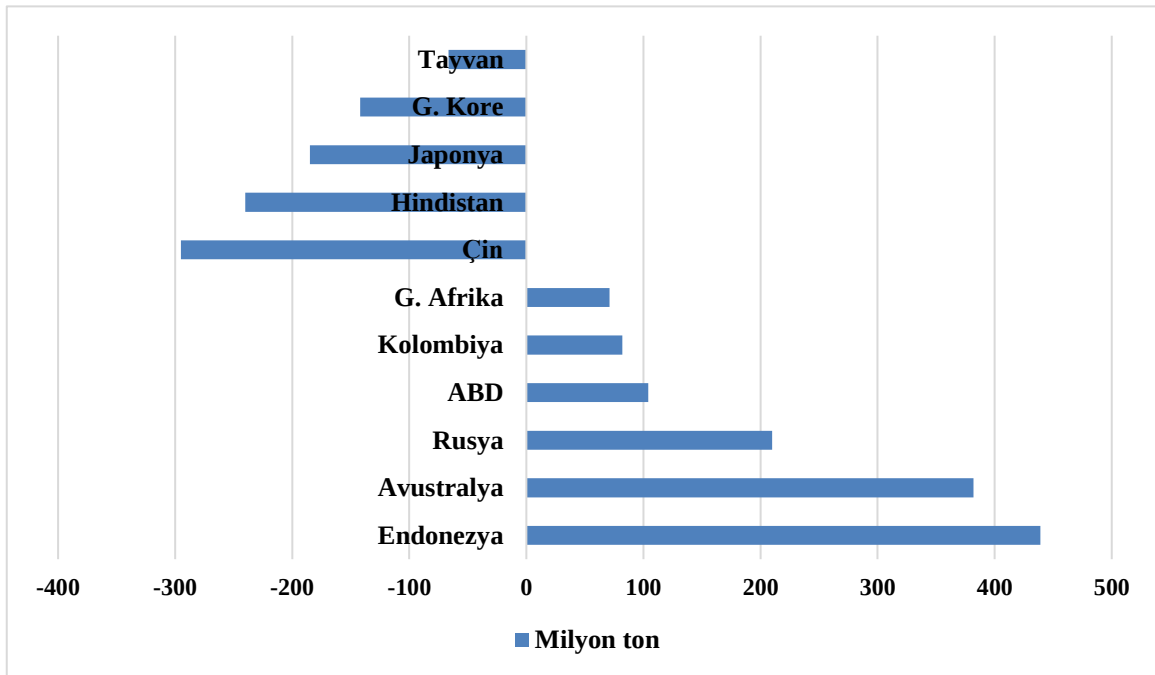


Kaynak: TKİ,2020

Modern üretimi düşünüldüğünde kömür diğer birincil yenilemez kaynaklar olan petrol ve doğal gazı göre rezerv açısından oldukça uzun bir süre daha varlığını koruyabilecek niteliktedir. Kömür rezervlerinin 134, linyit rezervlerinin ise 222 yıl daha kullanılabileceği öngörülmektedir. Oysa aynı hesaplara göre petrol için 40, doğalgaz için 60 yıllık bir rezerv kaldığı öngörülmektedir (MMO, 2020, s. 5). Bunun ülkeler düzeyinde dağılımına bakıldığında ise 2020 yılı itibarıyla; en fazla rezervi bulunan ülke 391 yıl ile Rusya'dır. ABD 357, Avustralya 301 ve Çin de 39 yıllık rezerv ile onu izlemektedir (Bulut, 2020, s. 6).

Kömür ticareti küresel düzlemde linyitin lojistik ve ticari açıdan ekonomik olmaması nedeniyle tamamen taşkömürü üzerine gerçekleşmektedir. Elektrik ve demir-çelik sanayisinde üretim amaçlı kullanılan kok kömürünün küresel hacmi 2018 yılında %3'lük büyümeye gösterirken, 2019 ve 2020'de durağan bir seyir izlemiştir. Bu noktada en büyük ihracatçı Endonezya'yı Avustralya izlemektedir. Kömür ithalatında lider ise Çin'dir. Ardından Hindistan gelmektedir. Türkiye 2017 yılında 38,3 milyon ton kömür ithal ederek en büyük beşinci ithalatçı iken aynı miktarda ithalat ile 2018 yılında Tayvan ve Almanya'nın gerisine düşerek yedinci sırada yer almıştır (Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK), 2021, s. 12). 2019 yılı ülkelerin kömür ticareti Grafik 1.3.'te verilmiştir.

Grafik 1.3. Ülkelerin kömür ticareti (2019)



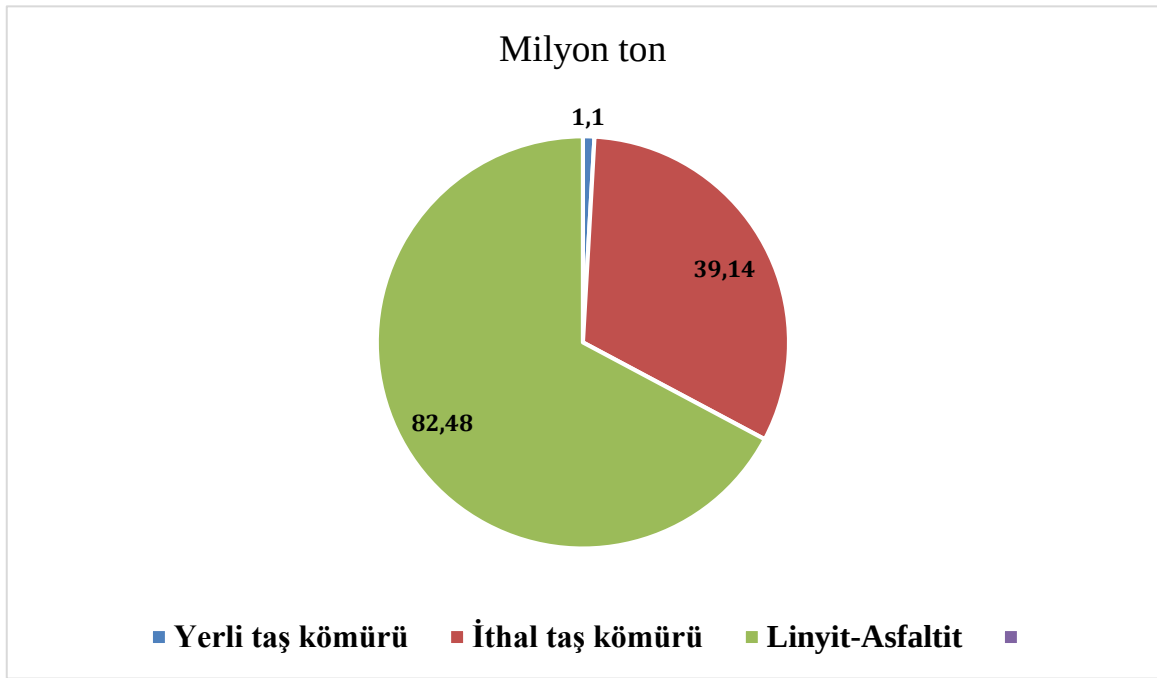
Kaynak: (TTK, 2021, s. 11-12).

Türkiye, küresel düzlemde kömür kaynağı ve üretimi açısından zengin bir ülke değildir. Linyit kaynakları açısından %8,7'lik küresel rezerv payıyla orta düzeyde kabul edilen Türkiye, toplamda küresel rezervlerin %2,1'ine sahip bir ülke olarak alt kategoride yer almaktadır. Kömür kaynakları olan linyit, asfaltit ve taş kömürü açısından toplam rezervin 20,84 milyar ton olduğu öngörülmektedir (TKİ, 2020).

Türkiye'de çıkarılan linyit %80 oranında 2500 kcal/kg ısı değeri altında olduğundan termik santrallerde kullanılmaktadır. Bu santrallerde kullanılan linyit, toplam üretimin %85'ini içermekte ve bu santrallerden üretilen enerji ulusal kurulu gücün %23,6'sına denk gelmektedir (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 2020).

Türkiye Taşkömürü Kurumu (2021) verilerine göre; 2021 yılı jeolojik rezervimiz 1,51 Milyar ton tondur. Bunun 733 milyon tona karşılık gelen %48'lik bölümü görünür rezervdir. Ancak halihazırda potansiyel rezervlerin ancak %30'u etüt ve fizibilite işleminden geçtiğinden bunların üretime kazandırılması kesin değildir. TTK bünyesinde faaliyet gösteren Armutçuk, Kozlu, Üzülmüş, Karadon ve Amasra havzalarında üretilen taşkömürü büyük ölçüde Türkiye'nin demir-çelik sanayisinde kullanılmaktadır (TTK, 2021, s. 24).

Satılabilir kömür üretimine bakıldığında, 2018 verilerine göre toplamda 84 milyon ton olan üretimin 81 milyon tonunun linyit, 1,10 milyon tonunun taşkömürü ve 1,75 milyon tonunun asfaltit üretimi olarak gerçekleştirildiği gözlenmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2020). Son on yılda linyit üretiminde %30'luk bir artış yaşanırken, taşkömüründe ise %100'ü aşkın trajik bir düşüş gözlenmektedir. Bu da sanayi geliştikçe Türkiye'nin kömür açısından dışa bağımlılığını arttırmaktadır (MMO, 2020, s. 19). Tüketim verileri açısından Grafik 1.4.'te görüldüğü üzere, 2018 yılındaki tüketim toplam 122,82 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (ETKB, 2020).

Grafik 1.4. Türkiye Kömür Tüketimi (2018)

Kaynak: (MMO, 2020, s. 22)

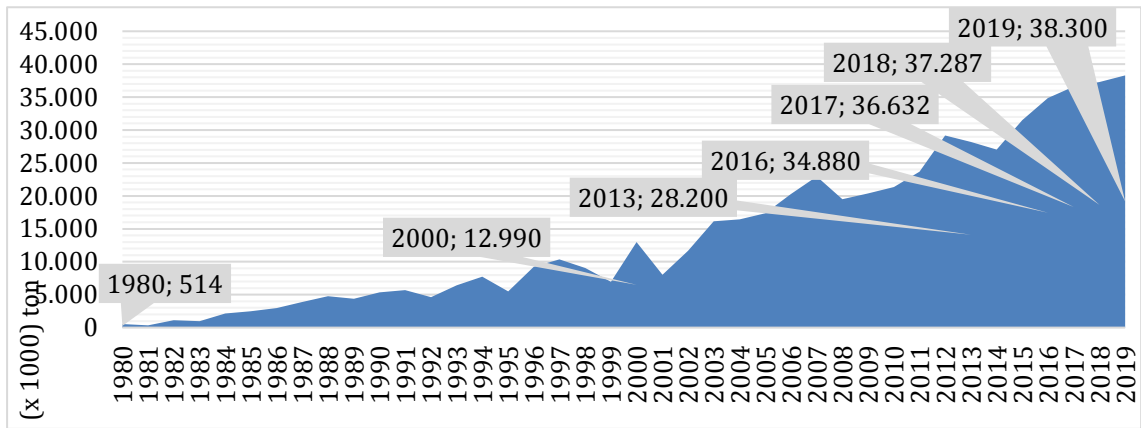
Kömür tüketimimizde en büyük pay %61 ile termik santrallerdedir ve diğer oranlar kok fabrikaları ve diğer sanayi kuruluşları arasında pay edilmektedir. 2020 yılında Türkiye’de birincil enerji arzı toplamı 144 MTEP olmuş ve kaynaklar açısından bunun yaklaşık %27’sini kömür ürünleri oluşturmuştur (KPMG, 2020, s. 5).

Türkiye’de kömür kaynaklı santrallerin kurulu gücü, 2020 yılı Haziran ayı sonunda toplam santrallerin yaklaşık %22’sine tekabül etmektedir. 2018 yılında yerli kömürden 50.261 GWs elektrik üretilirken bunun toplamdaki payı %16,5’e denk gelmektedir. Bu oran 2020 yılında %12,28’e düşmüştür. İthal kömüre dayalı kurulu gücün toplam kurulu güce oranı ise 2020 yılı için %9,74 olarak gerçekleşmiştir (ETKB,2020)

Türkiye’de 1980 sonrası başta elektrik enerjisi olmak üzere yoğun bir enerji ihtiyacı ortaya çıkmış ve bu da kömüre olan ihtiyacı artırmıştır. Ancak bu dönemde linyit üretimindeki artışa rağmen asıl ihtiyaç olan taşkömürü üretiminde ciddi bir düşüş vardır. Bu da zorunlu olarak ithalatı gündeme getirmiş ve ithalata dayalı politikalarla bu ihtiyaç giderilmeye çalışılmıştır. Bugün 40 milyon tona yaklaşan bu ithalat Türkiye’yi dünyada beşinci sıraya çıkarmıştır. 2000 yılından bu yana elektrikte doğal gaz yerine kömür kullanımı eğilimi göz önüne alındığında bu artışın süreceği öngörülmektedir (MMO, 2020, s.25).

Bu eğilim ithal kömürün maliyetlerine de yansımaktadır. Son yıllarda birim maliyetler değişse de ithalat sürekli artış eğilimindedir. 2019 yılı sonunda Türkiye’den yapılan ithalat başat aktör % 39,2 ile Kolombiya olmuştur. Rusya ve ABD de ithal kömür satın aldığımız diğer en büyük üreticilerdir (TKİ, 2020).

Grafik 1.5. Yıllar İtibariyle Türkiye Kömür İthalatı (1980-2019)



Kaynak: (TKİ, 2020)

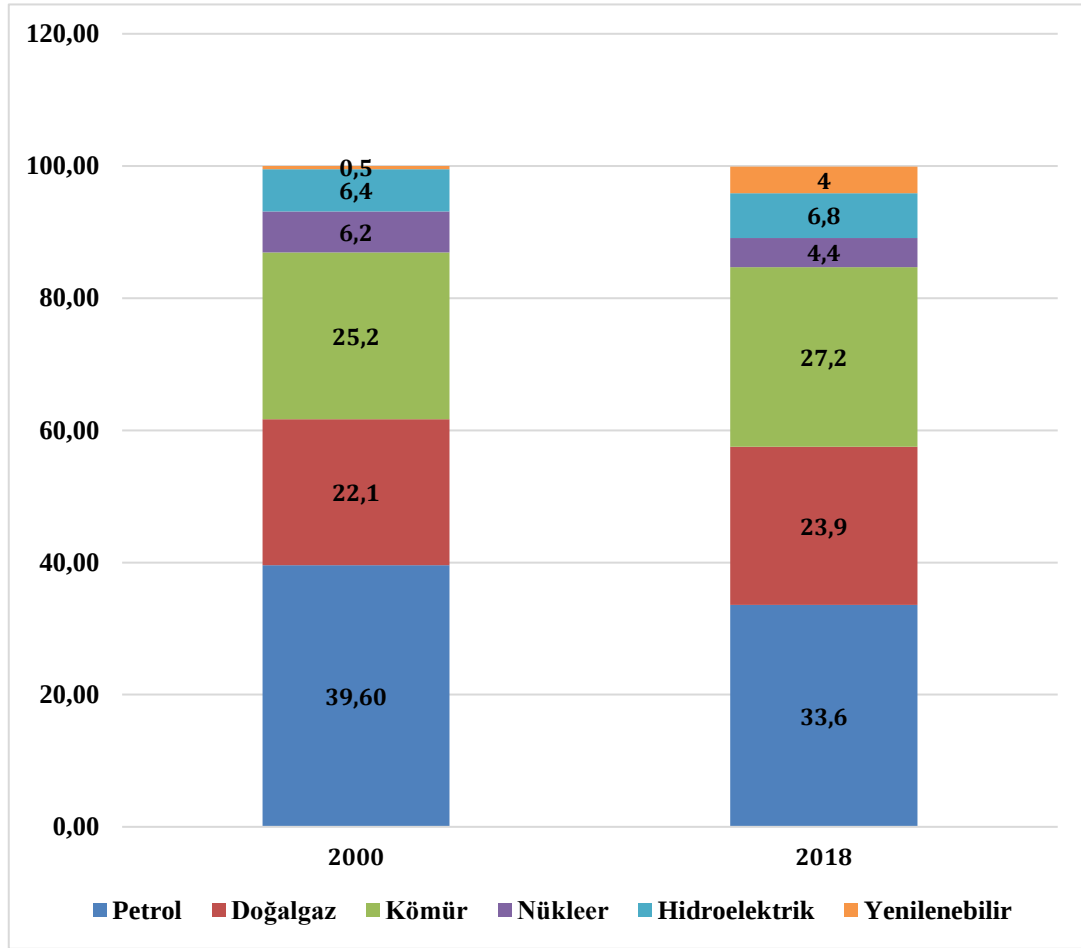
Mevcut veriler ve kalkınma planları ele alındığında kömürün Türkiye’de uzun yıllar enerji amaçlı kullanılacağı anlaşılmaktadır. Ancak yerli üretime yönelik yapılan yatırım ve Ar-Ge çalışmalarına rağmen üretimde yeterli olunamadığından, üretilen enerjinin yarısı ithal kaynaklardan sağlanmakta ve bu da ülke ekonomisine külfet oluşturmaktadır. Bu çerçevede 11. Kalkınma Planında temiz kömür teknolojilerine dayalı Ar-Ge projelerinin desteklenmesi ve çevreci üretim bir strateji olarak benimsenmiştir (Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019, s. 119).

B- Petrol

Fosil yakıtlar içinde petrol, tarih boyunca uğruna savaşılan en önemli enerji kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Enerji tüketiminin ekonomik büyüme modellerinde temel bir gösterge olması bağlamında petrole olan ihtiyaç hiç azalmamıştır. Bunda petrolün halen tam olarak ikame edilememesi de yer almaktadır. Sadece belirli bölgelerde ve sınırlı rezerve sahip olan petrole talep her dönemde büyük önem arz etmiştir. Sadece enerjide değil, hammadde sektöründe de kullanılması, ulaşım araçlarındaki fonksiyonu ve demografik ve ekonomik büyüme petrolün talebindeki sürekliliğin anahtarıdır. Küresel büyüme dönemlerinde talebi artan petrolün ekonomik büyüme ile olan ilişkisi ilgi çekicidir. Buna paralel resesyon dönemlerinde de petrol talebi azalmaktadır (Şanlı & Tuna, 2014, s. 45).

Özellikle petrol rezervlerine sahip olan ülkelerde yaşanan gelişmelerin enerji fiyatlarına doğrudan bir etkisi olduğu gözlenmektedir. Bu rezervlere sahip olan ülkelerdeki iç savaş, çatışma, anarşi ve politik kargaşalar nedeniyle petroldeki arz tahmini zorlaşmaktadır. Tüketilen enerjinin kaynağı açısından petrol hala önemini korumaktadır. (KPMG, 2020, s. 5)

Grafik 1.6. Dünyada Tüketilen Enerji Kaynakları-2018 (%)



Kaynak: (KPMG, 2020, s. 5)

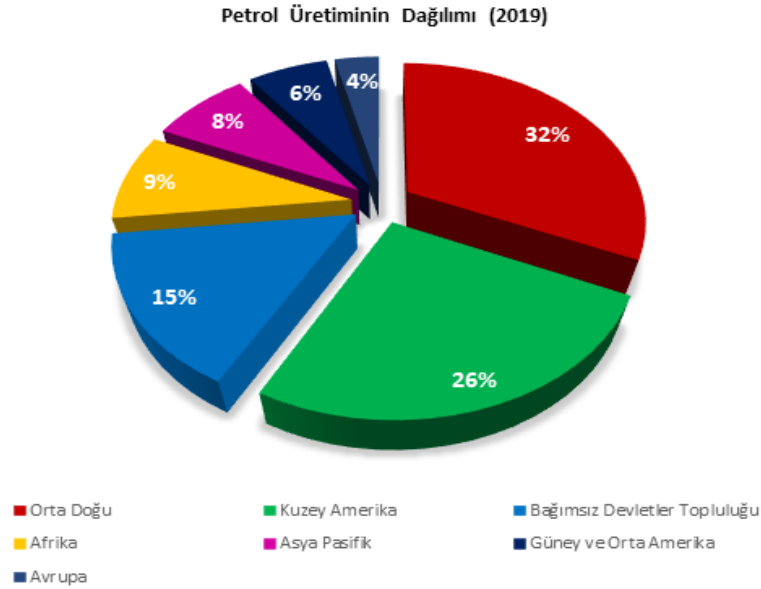
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre; küresel petrol rezervi 2019 yılında 1.733,9 milyar varil olarak tahmin edilmiştir. Bölgesel düzlemde %48 (833,8 milyar varil) ile Ortadoğu ülkeleri başı çekmekte, onları sırasıyla %19 (324,1 milyar varil) Güney ve Orta Amerika ve %14 (244,4 milyar varil) ile Kuzey Amerika ülkeleri izlemektedir (ETKB, 2020)

Tablo 2.Dünya Kanıtlanmış Petrol Rezervlerinin Dağılımı

Ülke	1991 Yılı Rezervleri	2001 Yılı Rezervleri	2013 Yılı Rezervleri	2015 Yılı Rezervleri	2019 Yılı Rezervleri
Venezuela	62,6	77,7	298,3	300,9	303,2
Suudi Arabistan	260,9	262,7	265,9	266,6	297,6
Kanada	40,1	180,9	174,3	177,2	169,7
İran	92,9	99,1	157	157,8	155,6
Irak	100,0	115,0	150	143,1	145
Kuveyt	96,5	96,5	101,5	101,5	101,5
BAE	98,1	97,8	97,8	97,8	97,8
Rusya	---	73	93,0	102,4	107,2
Libya	22,8	36	48,5	48,4	48,4
Nijerya	20	31,5	37,1	37,1	37,0
ABD	32,1	30,4	44,2	55,0	68,9
Kazakistan	---	5,4	30,0	30,0	30,0
Katar	3	16,8	25,1	25,7	25,2
Diğer	203,7	144,6	163,9	163,9	146,8
Toplam	1.032,7	1.267,4	1.687,9	1.697,6	1.733,9

Kaynak: (Petrol ve Doğal Gaz Platformu Derneği (PETFORM), 2019)

Tabloda da görüldüğü üzere Venezuela 2013 yılı itibarıyla rezerv liderliğini devam ettirmektedir. Ortadoğu ülkelerinde ise rezerv stabil kalmış ya da çok az bir artış göstermiştir. Teknolojik gelişmeler sonucu küresel rezervler sürekli bir artış eğilimindedir. Nitekim IEA verileri baz alındığında, 2016 yılı sonunda 92,4 milyon varil/gün seviyesindeki üretim, 2020 yılında 95 milyon 192 bin varil/güne çıkmıştır.

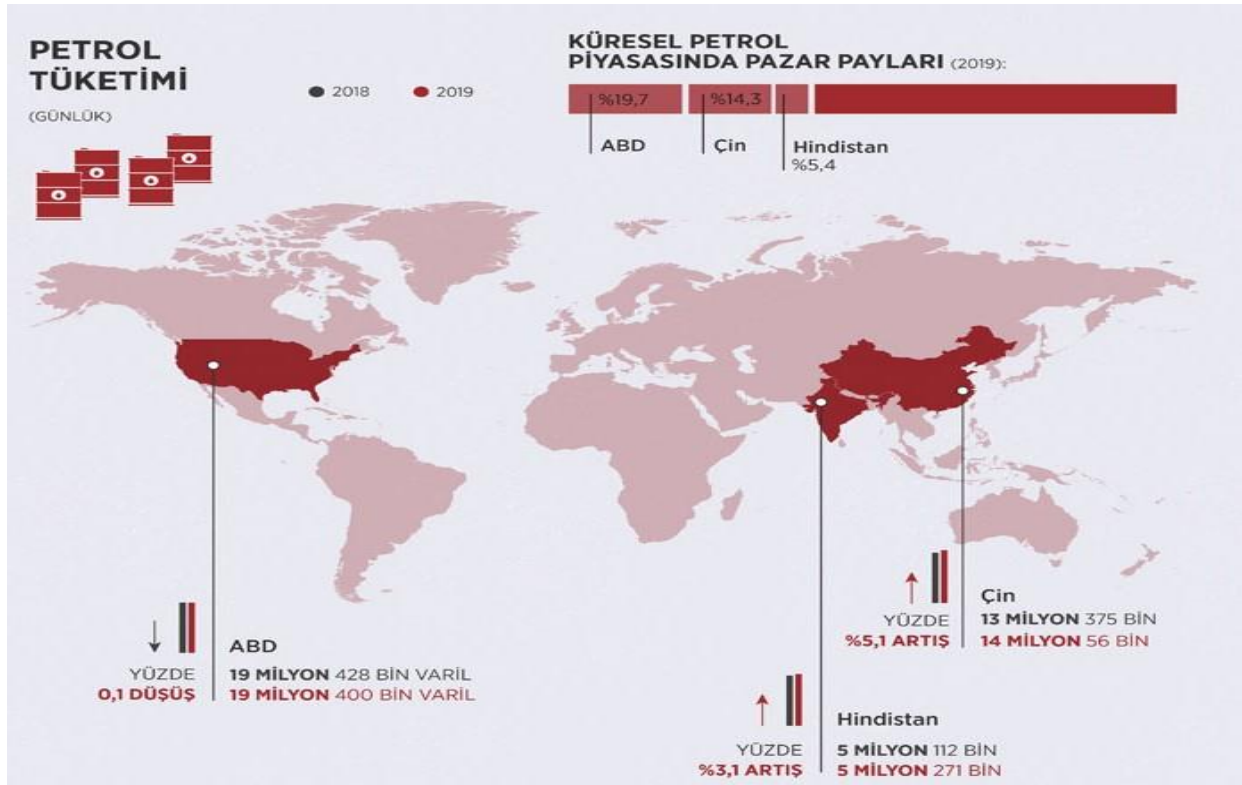
Grafik 1.7. Petrol üretiminin dağılımı-2019

Kaynak: ETKB, 2020

Dünya petrol üretiminde de liderlik rezervlerde olduğu gibi Orta Doğu ülkelerinde olmakla beraber rezerv-üretim oranı negatif yönlüdür. Kuzey Amerika ve BDT ülkeleri rezervi üretime çevirmede daha başarılı bir performans sergilerken, başta Venezuela olmak üzere Güney ve Orta Amerika ülkelerinde üretim oldukça sınırlı görünmektedir. Üretimde liderlik son 6 yılda ABD’de bulunmaktadır. ABD’nin 2018 yılında 15,4 milyon v/g olan üretimi 2019 yılı sonunda 17,04 milyon v/g düzeyine yükselmiştir. Dünyadaki üretim payının %18’ini elinde bulunduran ABD’yi %12 ile Suudi Arabistan ve %12 ile Rusya izlemektedir (British Petroleum (BP), 2020).

Tüketim boyutunda da ABD liderliği uzun süredir devam ettirmektedir. Küresel tüketim 2019 yılına oranla pandemi koşullarına rağmen yüzde 1 artarak 98,2 milyon v/g düzeyine erişmiştir. Şekil 1.2.’de görüldüğü üzere, ABD tüm küresel üretimin %20’ye yakını tüketmiştir. Onu sırasıyla bir önceki yıla göre tüketimi %5 artarak %14 olan Çin ve yine %3’lük tüketim artışıyla %5,4 pay alan Hindistan izlemiştir.

Şekil 1.2. 2020 Dünya Petrol Tüketimi

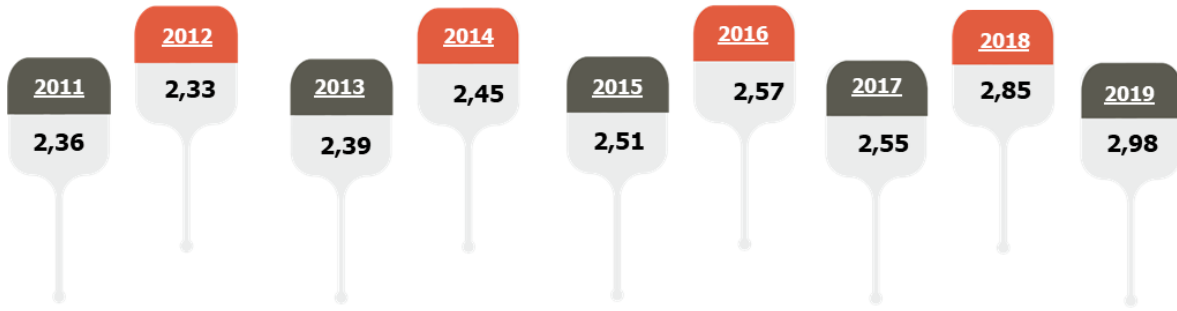


Kaynak: BP, 2020

Küresel rezervlerin %70'ine yakın bir jeostratejik konumu olan Türkiye, enerji talebinin sürekli büyümesi neticesinde orta vadede enerji dağıtım merkezi olma fırsatı taşımaktadır. Enerji ithalatçısı olan Türkiye, 2019 yılında 31 milyon ton ham petrol ithal etmiştir (KPMG, 2020, s. 20).

Rezervlerinin çoğu Güneydoğu ve Trakya'da bulunan Türkiye'de 2019 yılına kadar 9,5 milyon metre sondaj yapılarak 5.063 adet kuyu açılmıştır. 2019 yılında ise 340 bin metre sondaj ile 153 kuyu açılmıştır. Ham petrol üretimi 1999 yılı sonrasında en üst düzeyine çıkarak 2.984.800 ton düzeyinde gerçekleşirken, kalan üretilebilir petrol rezervi 51.076.078 ton olarak hesaplanmıştır (ETKB, 2020). Bu rakamlar net ithalatçı olan Türkiye'nin durumunu değiştirmemekle birlikte, politik irade koyma açısından olumlu bir gösterge olarak değerlendirilebilir.

Şekil 1.3. Yıllara Göre Türkiye Petrol Üretimi (milyon ton)

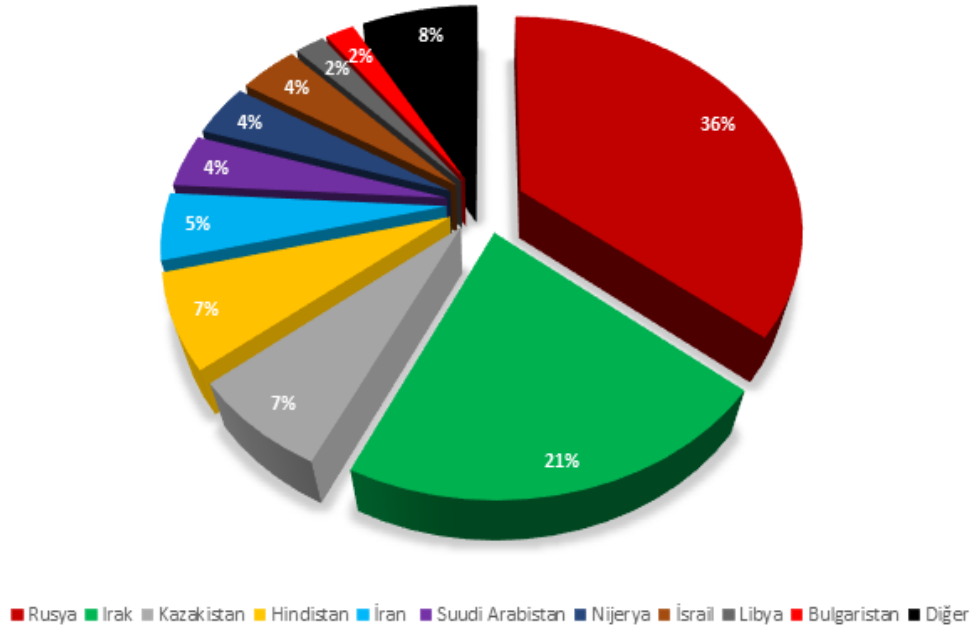


Kaynak: ETKB, 2020

Türkiye’de doğal gaz ve petrolün arama ve üretim işlemlerinin %73’lük kısmını TPAO üstlenmekte, %27’lik kısmı başka kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmektedir. 2019 yılı üretilebilir petrol rezervi 360 milyon varilken, üretilen ham petrol 2,9 milyon ton olmuştur. TÜPRAŞ’a bağlı İzmit, İzmir, Batman ve Kırıkkale’de bulunan petrol rafinerileri 2019 yılında 45 farklı üründen oluşan 28,1 milyon ton üretim gerçekleştirmiştir (TSKB, 2020, s. 24).

2017 yılında 550 bin v/g petrol tüketilen Türkiye’de tavan yapan tüketim trendi 2018 ve 2019’da azalmış, bu eğilim Covid-19 salgının da etkisiyle 2020 yılında devam etmiştir. Özellikle seyahat kısıtlarının artışı havacılık yakıtları ve fuel-oil türlerindeki tüketim eğrisini aşağı yöne çekmiştir (TSKB, 2020, s. 24).

Ham petrol ithalatı, 2018 yılında 21 milyon ton olarak gerçekleşirken bir önceki yıla göre düşüş kaydedilmiştir. Bunda ABD’nin İran’a uyguladığı yaptırımların da etkisi olmuştur. 2019 yılında ise Rusya ve Irak ile petrol ürün ithalatının artması ve Star Rafinerisi’nin hayata geçişi ile ithalat yeniden artarak 31 milyon tona çıkmıştır. Bu artış eğilimi 2020 yılında da sürerek %7’lik bir artış göstermiştir. Ham petrol ithalatımızın büyük çoğunluğu Rusya, Kazakistan, Suudi Arabistan, Irak, Nijerya, İran, ve Libya’dan yapılmaktadır. 2019 yılında 13,7 milyon ton petrol ürünü ithal edilirken, 14,3 milyon ton petrol ürünü ihraç edilmiştir (ETKB, 2020).

Grafik 1.8. Türkiye'nin Petrol İthalatı Yaptığı Ülkeler ve Pazar Payları (2019)**Türkiye'nin Ham Petrol ve Petrol Ürünü İthalatı Yaptığı Ülkeler ve Pazar Payları**

Kaynak: (ETKB, 2020)

BP'nin 2020 Enerji Sektörü Raporuna (2020, s.5) göre petrol, gelecek 30 yılın vizyonunda önemini kaybedecektir. Bu değer kaybının hızını ulaşımda kara yolunda verimlilik artışı ve elektrikli araçların gelişimi belirleyecektir.

C- Doğal gaz

Petrolün bir türevi olan doğal gaz, çeşitli yanıcı gaz karışımlarından oluşan bir fosil yakıttır. İçeriğindeki hidrokarbon bileşikler petrolün bileşikler ile aynıdır. Doğada tek başına veya petrolle bulunabilir. İlk kez M.Ö. 900 civarında Çin'de kullanımına rastlansa da yaygın kullanımı 1790'da İngiltere'de gerçekleşmiştir. Enerji amaçlı ise 1950'ler sonrası ABD'de kullanılmaya başlandı ve o yıllarda küresel enerji tüketimindeki payı sadece %10 civarıydı (PETFORM, 2019).

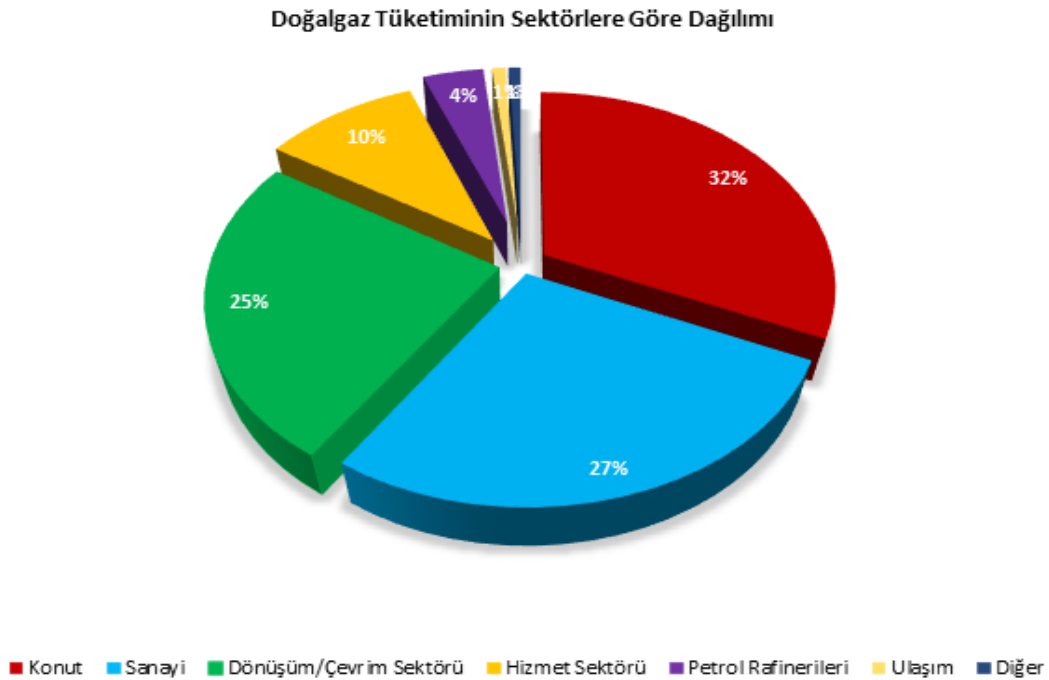
Son yirmi yılda yüzde 10'luk bir pazar payı genişlemesi ile doğal gaz, günümüzde tüm enerji kaynaklarının %27'sini oluşturmaktadır (KPMG, 2020, s. 12). Gaz halde olan ve içeriğindeki metan ve etan gazları ile enerjide avantaj sağlayan bu madde, diğer fosil yakıtlar içinde en çevreci olanıdır. Gelişmekte olan ülkelerde kömür bağımlılığını azaltan ve sıfıra yakın karbon kaynağı kullanan bu ürün avantajlı konumunu uzun süre devam ettirecek gibi görünmektedir (BP, 2020, s. 6).

Bu durum doğal gaz arama ve üretim faaliyetlerine de hız kazandırmakta ve küresel düzeyde doğal gaz talebini artırmaktadır. Nitekim 2019 yılı sonunda küresel düzeyde bir önceki yıla göre doğal gaz talebi %2 artışla 3,9 trilyon m³ olarak gerçekleşmiştir (KPMG Türkiye, 2021, s. 13)

Küresel rezervlerde de Orta Doğu'nun hâkimiyeti bulunmaktadır. 2019 yılında toplam rezerv 198,8 trilyon m³ olurken, bölgesel düzeyde Ortadoğu (%41) ve Rusya (%30,6) öne çıkmaktadır. Ülkeler bazında ise %19'luk payla Rusya ilk sırada yer alırken, onu İran (%16), Katar (%12), Türkmenistan (%10) ve ABD (%7) ile izlemektedir. Küresel rezervlerden toplam 4 trilyon m³ doğal gaz üretimi yapılmıştır (ETKB, 2020).

Petrol ve doğal gaz ihracatında Orta Doğu ve Rusya'nın hâkimiyeti söz konusu olsa da, kaya gazı devrimi olarak nitelenen süreç ABD'yi güçlendirmektedir. Üretimini arttırırken iç tüketimi azaltan ABD'nin kısa vadede özellikle gaz ihracatçısı pozisyonunu güçlendirmesi beklenmektedir (BP, 2020, s. 6). Petrolle birlikte ya da tek başına temin edilebilen doğal gaz günümüzde özellikle elektrik üretiminde, konutlarda, sanayi ve hizmet sektörlerinde kullanılmaktadır.

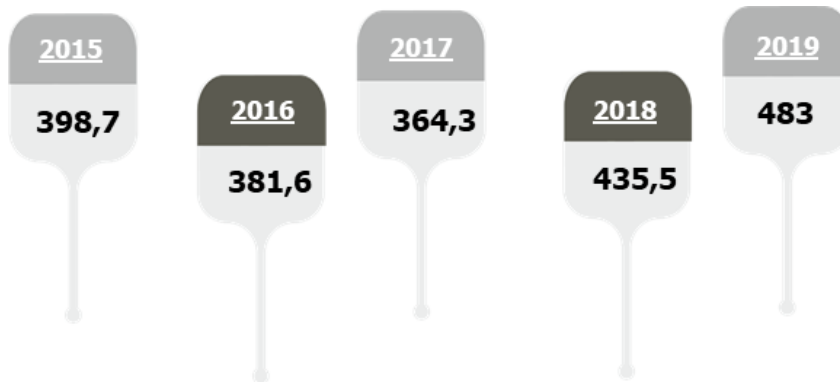
Grafik 1.2. Doğal gaz tüketiminde sektörel dağılım



Kaynak: ETKB,2020

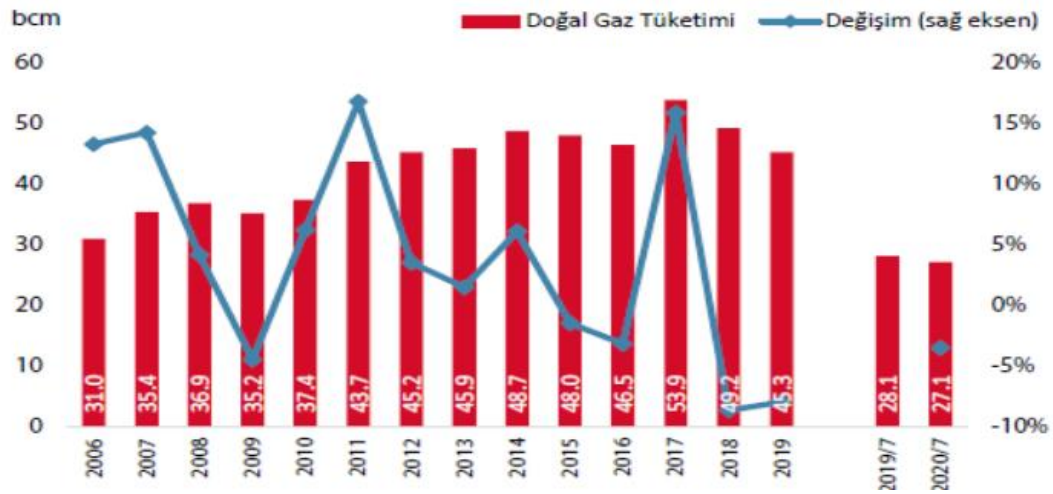
1970’lerde doğal gazla tanışan Türkiye’de tüketim her yıl katlanarak artmıştır. 2019 sonunda 483 milyon m³ üretim yapılan Türkiye’de 45,3 milyar m³ tüketim yapılmıştır (ETKB, 2020). Tüketim, nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme ile doğru, iklim koşullarının sıcak olmasıyla ters orantılı gerçekleşmektedir. Üretimin sadece tüketimin %2’sini karşılaması nedeniyle doğal gazda dışa bağımlılık had safhadadır. Ayrıca doğal gaz küresel ölçekte tüketimi en yüksek olan üçüncü fosil yakıt iken, Türkiye’de kömürden daha fazla tüketilmektedir. Yine tüketim projeksiyonlarında Türkiye’de tüketimi artacak tek fosil yakıt olarak görülmektedir. Sondaj faaliyetlerinin artışıyla 2019 yılında %11 artan üretimin, Karadeniz’de bulunan rezervlerle hızlıca artması amaçlanmaktadır (TSKB, 2020, s. 18).

Şekil 1.4. Türkiye Doğal gaz Üretimi (milyon m3)



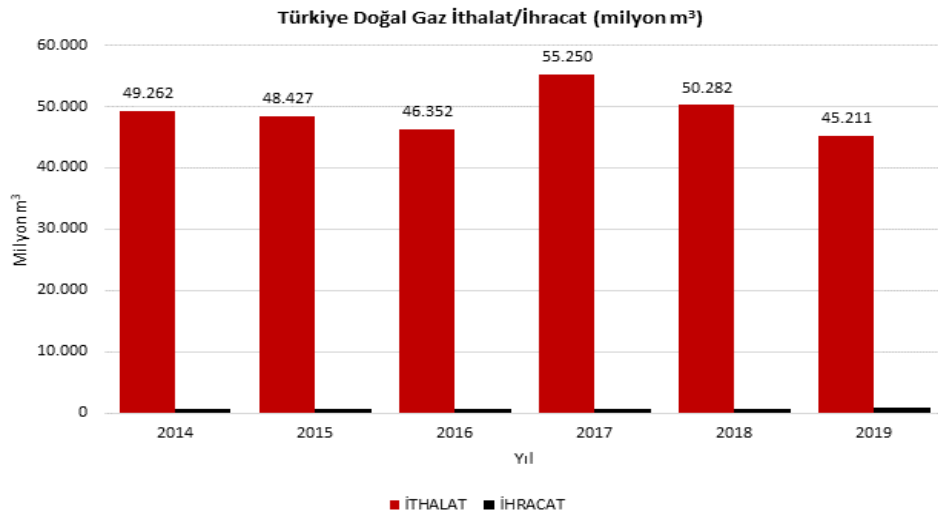
Kaynak: BP,2020

Türkiye’de doğal gaz tüketimi, 2017 yılında 53,9 bcm ile ülkede o güne kadarki en yüksek düzeyini görmüş, ama sonraki yıllarda düşüşler yaşanmıştır. Doğal gazda tüketim 2018 yılında %8,6, 2019 yılında ise %8 azalırken, 2020 yılında da eğilim değişmemiştir. Bu düşüşte konutlardan ziyade elektrik santrallerindeki üretimin Covid-19 pandemisi nedeniyle düşüşü önemli rol oynamıştır. Dağıtımdaki başarı ile 81 ile doğal gaz dağıtılan Türkiye’deki konut tüketimi artarken, tüketimin düşüşünde elektrik ve ısı santrallerinin tüketiminde yaşanan %40’lık gerileme oldukça etkili olmuştur (Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu (EPDK), 2021, s. 69-70)

Grafik 1.3. Türkiye'de Yıllara Göre Doğal gaz Tüketimi (bcm)

Kaynak: TSKB, 2020, s. 19

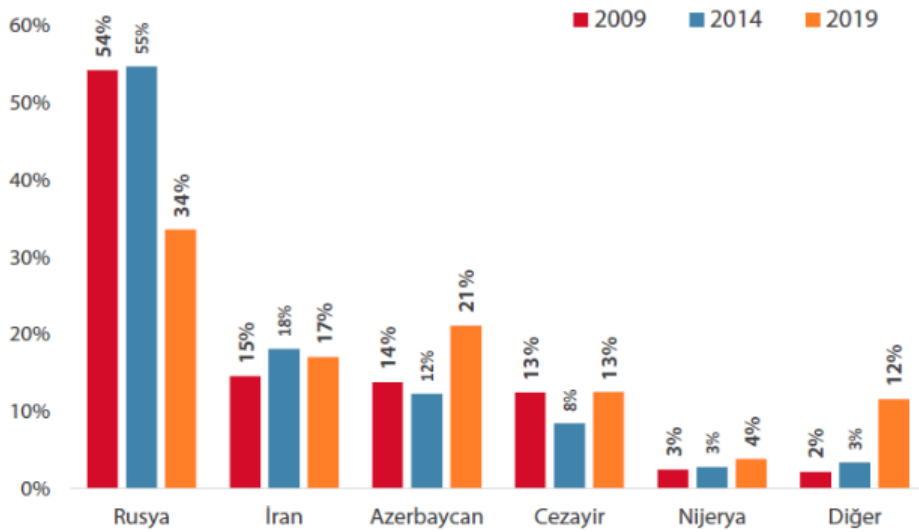
Türkiye’de, 2019 yılında bir önceki yıla göre %9 azalarak yaklaşık 45 milyar m³ doğal gaz ithal edilmiştir. Bunun %28’i LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) ithalatı olarak gerçekleşmiştir. İhraç düzeyinde ise 2019’da sadece Yunanistan’a 762 milyon m³ doğal gazın ihracı söz konusudur (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2020).

Grafik 1.11. Türkiye’de Yıllara Göre Doğal gaz İthalat ve İhracatı

Kaynak: ETKB,2020

İthalatta 2018 yılına kadar %54'lük paya sahip olan Rusya'nın payının 2019'da %34'e gerilediği gözlenmektedir. Bunda kaynakların çeşitlenmesi ve TANAP gibi projeler etkili olmuştur. Son 3 yılda yaşanan tüketim azalması talep düşüşüne de neden olmuş ve Rus ve İran gazının alım oranları düşmüştür. LNG ticareti yapılan ülkeler ve özellikle Azerbaycan ise toplam arz paylarını ve arz ettikleri gaz miktarını artırmıştır. 2019 yılında 9,6 bcm gaz sağlayan Azerbaycan, ülkemize bugüne kadarki en yüksek ihracatını yapmıştır. 2020'de bu seyir Azerbaycan'ı %23'lük pay ile ilk sıraya çıkarmıştır. LNG ithalatında ise 2019 verilerine göre Nijerya ve Cezayir'den ithalat %20 artış göstermiştir (TSKB, 2020, s. 21).

Grafik 1.12.Türkiye'nin Doğal Gaz İthalatında Ülke Payları Değişimi



Kaynak: TSKB,2020,s.21

Doğal gaz piyasasının küresel düzeyde petrol piyasasına paralel bir seyri vardır. Bu da 2020 yılında en düşük düzeyini gören petrol fiyatlarına paralel doğal gazın fiyatını da düşürmüştür. Türkiye'de ise BOTAŞ'ın uzun dönemli sözleşme fiyatları ya da döviz kuru hareketleri baz alınarak hesap yapılmaktadır (TSKB, 2020, s. 22).

1.2.1.2. Nükleer Enerji

Oldukça yüksek sıcaklık koşullarında yüksek enerjiye sahip olan atom çekirdeklerinin çarpışması füzyon ve fizyon tepkimelerine ve bu tepkimeler de nükleer enerjiye dönüşmektedir. 1879'da uranyum elementinin bulunması ve 1934'te de atomun parçalanması sonucu enerjide yepyeni bir çağ başlamıştır. Gelişen her teknoloji gibi güvenlik politikalarına hizmet amaçlı başlayan süreç, zamanla ticari ivme kazanmıştır. Temeli atomun parçalanmasıyla oluşan ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmeye dayalı bu sistem, daha az doğal kaynaklara bağımlılık içerdiği için, birçok ülkeye cazip gelmiş ve nükleer santraller enerji dünyasının yeni aktörleri olmuştur. İlk santral bu çerçevede 1954 yılında SSCB tarafından Obninsk'te hayata geçirilmiştir (enerjiportali.com(b), 2021).

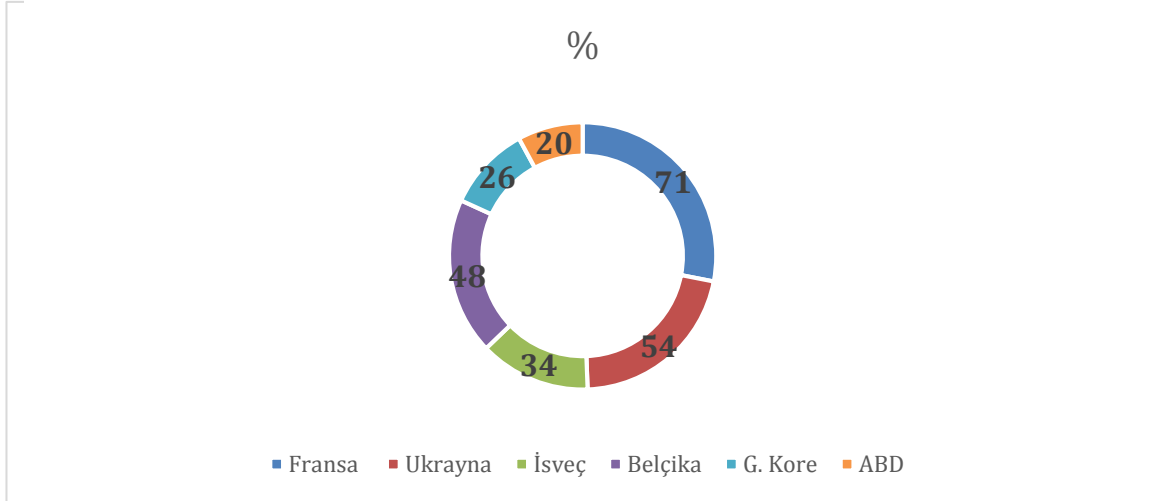
1970'lerde yaşanan petrol krizleri nükleer santralleri de tetiklemiştir. Öyle ki 1976'da 43 yeni santral inşasına başlanırken, 19 reaktör de devreye girmiştir. Fakat ABD'de 1979 yılında yaşanan Three Mile Island (TMI) faciası, santral yapımlarını azaltmaya başlarken, yaşanan yeniden toparlanma sürecini de bu kez Çernobil faciası durdurmuştur. Güvenlikleri ve verimlilikleri sorgulanan nükleer santrallerin sayısı 1990-2000 periyodunda son derece azalırken, son yirmi yılda teknolojinin de etkisiyle güvenilir, devamlılığı olan ve uygun maliyet avantajı sunan reaktörler yeniden yükselmeye başlamıştır (Öztürk, 2019, s. 12).

Dünya ölçeğinde son on yılda 21 eksajul artan yenilenebilir enerji tüketimi, hala toplam enerji tüketiminin beşte biri kadar fosil yakıtların etkisini azaltmış değildir. ABD ve AB ülkeleri en büyük nükleer enerji tüketicileri olarak nükleer enerji tüketimlerini azaltma eğilimindedir. İlk iki sırayı paylaşan ABD ve Fransa toplam nükleer enerji üretiminin %45'ini temsil etmektedir. Ancak son dönemde özellikle Asya-Pasifik Bölgesinde ciddi bir nükleer enerji hamlesi gözlenmektedir. Fukuşima faciasına rağmen 2015-2019 döneminde Asya'da nükleer enerjinin %70 oranında arttığı gözlenmektedir. Son on yıl içinde nükleer enerjide dünya ölçeğinde %0,7 oranında tüketim azalırken, 2019'da %3,2 artış göstermiştir (dünyaenerji.org.tr(c), 2020).

2020 yılında pandeminin de etkisiyle %4 azalan nükleer enerji arzı, 2021 yılında toparlanmaya başlamış ve %2'lik büyüme göstermiştir. Gelişmiş ülkelerde 2021 yılında artış gösteren nükleer enerji yine de 2019 yılına göre %6 gerilemiş durumdadır. Ancak düşük karbonlu üretimde en büyük kaynak olması nükleer enerjinin kullanımda kalmasını sağlamaya devam etmektedir (IEA, Global Energy Review, 2021).

2020 yılı sonunda 440 nükleer reaktör 31 farklı ülke tarafından işletmededir. Yine 19 farklı ülkede 54 nükleer santralin inşası sürmektedir. Buralardan üretilen elektrik, küresel arzın yaklaşık %10'unu karşılamaktadır (ETKB, 2020).

Grafik 1.6. Ülkeler Bazında Nükleer Enerji ile Elde Edilen Elektriğin Toplam Arza Oranı



Kaynak: ETKB,2020

Yoğun tartışma ve karşı lobcilik faaliyetlerine rağmen Çin, Hindistan ve Rusya'da reaktör inşaları sürmektedir. Fukuşima kazası sonrası işletmelerde üretime ara veren Japonya'da ise gözden geçirme, yenileme ve devre dışı bırakma faaliyetleri sürmektedir. BP'nin Enerji Görünüm Raporuna (2020) göre nükleer enerji Çin, Hindistan, Asya ve Afrika'da gelişmiş dünyayı dengeleyecek şekilde artmaktadır. Projeksiyon açısından 2050 yılına kadar hızlı nükleer enerjinin %100, net sıfır enerjinin ise %160 artması beklenmektedir (BP, 2020, s. 3).

Türkiye'de, fosil ve yenilenebilir enerji kaynakları dışında nükleer enerji faaliyetleri de devam etmektedir. Güvenli arz ve dışa bağımlılığın azaltılması vizyonuyla 2010 yılında Rusya ile başlatılan Akkuyu nükleer santralinin cumhuriyetin 100. yılı olan 2023'te devreye alınması için çalışmalar büyük bir hızla sürmektedir (KPMG, 2020, s. 21). Ayrıca, 2013 yılında Japonya ile ortak kurulması planlanan ve 4480 MW kurulu güç ile faaliyete geçecek, Sinop Nükleer Santralinin de çalışmaları sürmektedir. Kırklareli'nde kurulması planlanan İğneada NES ise Çin ortaklığıyla proje aşamasında bulunmaktadır (enerjiatlası.com, 2020). Türkiye'de zengin uranyum ve toryum rezervleri olduğu düşünüldüğünde bu konuda önemli kazanımlar elde edilmesi mümkündür.

1.2.2. Yenilenebilir Enerjiler

Tek kullanımlık olup kendini yenileme özelliği olmayan yenilemez enerji kaynakları, daha uzun süre enerji piyasasında dominant olacak gibi dursa da, son yıllarda yenilenebilir enerji üretimi ciddi bir şekilde artmıştır. Yenilenemez enerji, rezerv açısından kendisine sahip olanlara ciddi avantajlar sağlarken birçok ülkeyi dışa bağımlı hale getirmektedir. Ayrıca bu rezervlerin sınırlı olması, kaynakların çevreye verdiği zarar gibi faktörler de yenilenebilir enerjiye yönelimi zorunlu kılmaktadır.

Doğal bir döngüsel sürecin sonunda aynen kalan, kullanılmasına rağmen tükenmeyen enerji kaynakları olarak tanımlanan (Koç & Kaya, 2015, s. 37) yenilenebilir enerji, özellikle fosil yakıtlara alternatif olarak kullanımı artan bir sektördür. Nitekim BP Enerji Görünümü Raporu'na (2020) göre, 2018 yılında birincil enerjideki payı %5 olan yenilenebilir enerji, 2050 yılında %60'lar düzeyine ulaşacaktır. Birincil enerjide gelecek 30 yılda büyümenin motorunu yenilenebilir enerji oluşturacaktır. Özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi bu sektörün amiral gemileri olacak ve en büyük yatırımlar bu alanda gerçekleştirilecektir (BP, 2020, s. 3).

Yenilenebilir enerji kaynakları yaygın olarak kullanımına göre; güneş enerjisi, hidrolik enerji, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji ve rüzgâr enerjisi olarak sıralanabilir. Türkiye, bu doğal kaynakların çeşitliliği ve potansiyeli bakımından oldukça avantajlı bir ülkedir. Örneğin jeotermal enerjide dünya potansiyelinin %8'i Türkiye'de yer almaktadır. Yine kuzey yarım kürede jeostratejik bir coğrafyada olmamız güneş, rüzgâr ve hidrolik enerjide ciddi avantajlar sağlamaktadır (Koç & Kaya, 2015, s. 38).

1.2.2.1. Güneş Enerjisi

Neredeyse %90'ı hidrojen olan ve yeryüzündeki tüm enerjilerin kaynağı olan Güneş, enerjisini hidrojenin helyuma dönüşmesi sırasında ortaya çıkan kütle kaybına borçludur. 5500 C derece yüzey sıcaklığı olan bu yıldızda saniyede 1038 adet hidrojenen helyuma dönüşme füzyonu gerçekleşmektedir. Bu da saniyede $3,86 \times 10^{26}$ jul enerji demektir. Bizler dünyada bu devasa enerjinin 2,2 milyarda birine maruz kalmaktayız. Ayrıca atmosferin de etkisiyle bu enerji 0-1100 W/m² olarak hissedilmektedir (enerjiportali.com(c), 2021).

Her şeye rağmen güneşten yeryüzüne gelen bu muazzam enerjinin ekonomiye yansması oldukça yeterizdir. Güneşin her yerde aynı şekilde görülmemesi nedeniyle enerji farklı coğrafyalarda farklı dağılımlar göstermektedir (Oral, 2020, s. 483).

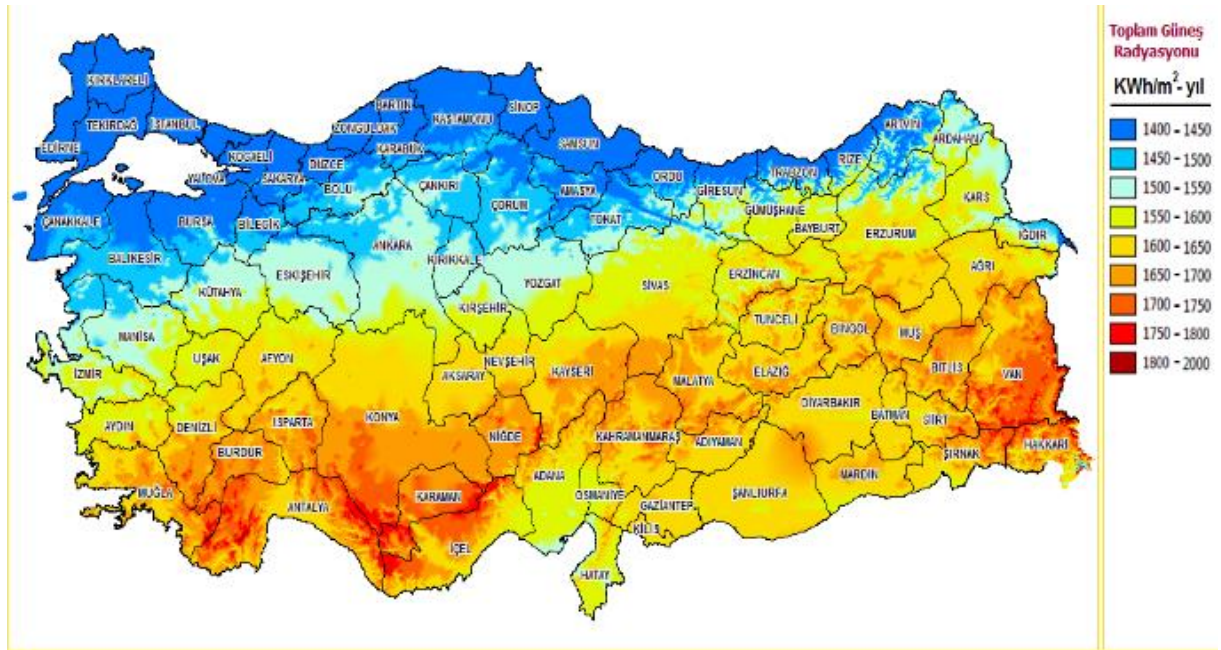
Güneşin enerji kaynağı olarak kullanımı ile ilgili bilinen ilk kaynaklar Antik Yunanistan'da Sokrates ve Arşimet'i işaret etmektedir. Sokrates evlerin yönünün güneşe yönltilmesi ile içeriye daha fazla ışık gireceğini ifade ederken, Arşimet kentine saldıran düşman gemilerini içbükey aynaların da yardımıyla güneş ışınımıyla yakarak durdurmayı başarmıştır. Optikteki ilerlemeler sonrasında bu alanda ilerlemeler sürmüş, 1725'te ilk kez güneş enerjisi ile su pompası üretilmiştir. İlk güneş kolektörü ise İsviçre'de 1767 yılında üretilmiştir. İlk güneş pilinin icadı ise 1891 yılında Stoletov tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu pilin yetersiz olması nedeniyle ticari güneş pilinin üretimi ancak 1951'de Hoffman Electronics firması tarafından gerçekleştirilmiştir. Petrolün 1900'lü yıllarda hakimiyet kazanması da güneş pillerinin gelişimini sekteye uğratmıştır. 1967 yılında SSCB, Soyuz-1 uzay aracında güneş pili kullanmıştır. Petrol krizleri sonrasında ise güneş enerjisi tekrar atağa kalkmıştır. Öyle ki 1980'lerde 21 MW olan küresel elektrik üretimi, yirmi yıl sonra 1000 MW civarına ulaşmıştır (güneşsistemleri.com, 2021; Oral, 2020, s. 483)

Güneş ışınları aracılığıyla yeryüzüne düşen enerjiden güneş kolektörleri, güneş santralleri ve güneş pilleri (fotovoltaik piller) gibi modern teknolojiler geliştirilerek yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi, doğrudan ısı enerjisi olarak kullanılabilirdiği gibi dolaylı olarak elektrik enerjisine dönüştürülerek de kullanılabilir (Koç & Kaya, 2015, s. 42).

Dünyada bu enerjiyi en çok kullanan ülkeler Almanya, Çin, Japonya, İtalya ve ABD'dir. Özellikle Çin maliyetleri azaltmak, Japonya'da nükleer kazaları bir daha yaşamamak adına ciddi yatırımlar yapmaktadır (Koç & Kaya, 2015, s. 43).

Türkiye jeostratejik konumu açısından güneş enerjisine en kolay erişebilecek ülkelerden biridir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayınlanan Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'na (GEPA) göre Türkiye'de ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741,07 saat/yıldır. Bu oran günlük düzeyde 7,50 saat/gündür. Ortalama yıllık toplam ışınım şiddeti 1.527,46 kwh/m²-yıl iken bu oran günlük bazda 4,18 kwh/m²-gün olarak tespit edilmiştir (ETKB, 2020).

Şekil 1.5. İl Bazında Yıllık Güneş Radyasyonu (2020)



Kaynak: ETKB,2020

Haritaya göre güneş enerjisini en çok bulunduran bölgeler; Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi'dir. Kuzey Anadolu dışında ülke genelinde güneş enerjisi oldukça yüksek potansiyele sahiptir.

Güneş enerjisi sanayi, konutlar veya bireysel kullanımda doğrudan kullanılabilen bir enerji değildir. Bu nedenle dönüştürülmesi gerekir ve bu amaçla pek çok teknoloji geliştirilmiştir. Doğrudan ışık ve ısı enerjisinde kullanılabilen bu enerjinin kullanıldığı diğer alanlar; elektriğin doğrudan veya dolaylı üretimi, sıcak su temini, bölgesel ısıtma ve soğutma, sanayi üretimi için ısı enerjisi ve seraların ısıtılmasıdır (güneşsistemleri.com, 2021).

Bugün güneş enerjisinin en fazla kullanıldığı alanlar, termal sistemler ve doğrudan ya da dolaylı elektrik üretimidir. Elektrik üretiminde ilk yöntem kısa adı CSP (Concentrated Solar Power/Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi) olan sistemdir. Bu sistem güneş enerjisini doğrudan alıp ısınma ya da elektriğe dönüştürme üzerine kuruludur. Küresel düzeyde en çok tercih edilen sistem ise fotovoltaik (PV) sistemlerdir. Silikon, gümüş, bor, kadmiyum tellürid, galyum, arsenit, bakır indiyum diselenid ve optik yoğunlaştırıcı hücreler fotovoltaik enerji üretiminde en fazla kullanılan bileşenlerdir. Ancak bu bileşenlerin kullanımı bazı kimyevi atıklara ve çevre problemlerine neden olabilmektedir (Oral, 2020, s. 484).

Yenilenebilir enerji kurulu gücü bakımından Türkiye için yükselen bir ivme söz konusudur. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu gücü, 2013 yılı sonunda 25,6 GW iken, yıllık ortalama %10 artışla, 2020 yılı Eylül ayı itibarıyla yaklaşık 47 GW seviyesine ulaşmıştır. Toplamda ise bu oran %40 seviyesinden %50,4'e ulaşmış durumdadır. Bu yükselişte aslan payı Hidroelektrik Santralleri (HES)'ne ait olsa da 2013-2020 döneminde 6,4 GW büyüyen Güneş Enerji Santralleri (GES) toplam kurulu güç içinde %14'lük orana erişerek dikkat çekmektedir. GES'lerin ürettiği elektrik açısından da 2015 yılında 194 MWh olan üretimlerini 2020 yılında 9.624 MWh düzeyine çıkardığı gözlenmektedir (TSKB, 2020, s. 28).

1.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, yer değiştiren hava kütlelerinden oluşan rüzgârları oluşturan hava akımlarında potansiyel olarak duran devrimin enerjisidir. Diğer birçok enerji gibi bu enerjinin kaynağı da güneştir. Güneşten kaynaklanan enerjinin %1-2'lik bölümü rüzgar enerjisine dönüşmektedir. İlk kez sulama amacıyla Orta Doğu ve Mezopotamya bölgesinde kullanılan rüzgar enerjisinin ilk büyük atılımı ise Mısır'da icat edilen yel değirmenleri olmuştur. Tarımsal ürünlerin ufalanması, suyun tarlaya pompalanması ve hızzar kullanımı amaçlı kullanılan yel değirmenleri, Sanayi Devrimine kadar önemini korumuştur. Bu tarihten sonra fosil yakıt kullanımı yaygınlaşınca önemi azalmaya başlamıştır. Yine de ilki Danimarka'da kullanılan aerogeneratörlerle rüzgar enerjisinden elektrik üretme hep gündemdeki yerini korumuştur. Her ne kadar kurulumu maliyetli ve enerjisi değişken de olsa yenilenebilir enerjide önemi her geçen gün artmaktadır (enerjiportali.com(a), 2021).

Rüzgâr, evlerde ve sulama amacıyla mekanik enerji olarak kullanılırken, elektrik enerjisi üretimi Rüzgar Enerjisi Santralleri (RES) aracılığıyla yapılmaktadır. Günümüzde RES Kurulu gücünde lider ülkeler Çin, ABD ve Almanya'dır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verileri baz alındığında Türkiye'de kara rüzgar potansiyeli 131.756,4 MW, deniz potansiyeli ise 17.393,2 MW olarak tahmin edilmektedir. Rüzgar türbininin faaliyet göstereceği alanda, 50 m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızının en az 7,5 m/s olması, 5 MW gücünde rüzgar santrali kurulabilmesi için gerekli orandır (Koç & Kaya, 2015, s. 43). Bu bağlamda ETKB tarafından hazırlanan Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), Türkiye'nin rüzgâr enerji potansiyelini 48.000 MW olarak öngörmektedir. Bu da toplam yüzölçümümüzün %1,30'una denk gelmektedir (enerjiportali.com(a), 2021).

Yenilenebilir enerjide toplam kurulu güç artışı 2018 yılında 3,5 GW bandında gerçekleşirken termik santrallerde düşüş, RES ve GES'lerde artış yaşanmıştır. 2020'de 93,2 GW seviyesine çıkan toplam kurulu güç önceki döneme göre 1.912 MW artarken, bunun 374 MW'ı RES'lerden sağlanmıştır (TSKB, 2020, s. 14).

1.2.2.3.Hidrolik Enerji

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de akarsulardan elde edilen hidrolik enerjisi çevre dostu olması ve risk katsayısının az olması nedeniyle tercih edilmektedir. Genel olarak akarsular üzerinde baraj kurularak suyun rezervuarda biriktirilmesi ve bu birikmiş suyun potansiyel enerjisi kullanılarak türbinlerde elektrik üretilmesi temel mekanizmadır. Bu mekanizma Hidroelektrik Santralleri (HES) aracılığıyla sağlanmaktadır. Çevreci, temiz, randımanlı ve yakıt gerektirmeyen bu sistem her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Türkiye, potansiyel hidrolik enerji açısından dünyada %1,5 pay alırken, ekonomik potansiyel açısından Avrupa'da aldığı pay %17'dir (Koç & Kaya, 2015, s. 40). ETKB (2020) verilerine göre, teorik hidroelektrik potansiyelimiz 433 milyar kWh, teknik açıdan kullanılabilir potansiyel ise 216 milyar kWh'dır. Bunun 160 milyar kWh/yılı ekonomik enerji potansiyeline sahiptir.

2005 yılından itibaren yenilenebilir enerji kaynakları toplam kurulu güç içindeki payını düzenli olarak artırmıştır. 2005 yılından 2019 yılına kadarki süreçte, %33 düzeyinde seyreden yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten santrallerin kurulu güçteki payı, %49,1 düzeyine ulaşmıştır. 2019 yılı sonunda 44,8 GW büyüklüğe erişen yenilenebilir enerji merkezlerinin %63,7'si hidroelektrik santrallerden (HES) oluşmuştur. HES'ler 2019 yılı sonunda 68.452 GWh elektrik üretimi sağlamıştır (TSKB, 2020, s. 14).

1.2.2.4.Jeotermal Enerji

Yer kabuğunun derinliklerinde yer alan sıcak suyun farklı yöntemlerle çıkarılarak enerji amaçlı kullanımı, jeotermal enerji olarak tanımlanmaktadır. Jeotermal suyun diğer yeraltı ve yer üstü sularından farkı magma kaynaklı olmasından ötürü en az 20 °C olması ve içinde farklı kimyasallar barındırmasıdır. Magma kaynaklı bu enerji küresel düzeyde eşit dağılım sergilemez. Okyanus ortası ve rif bölgeleri ile volkanik ada bölgeleri olan Filipinler, Endonezya, Japonya, Yeni Zelanda, Şili ve Nikaragua gibi ülkeler bu açıdan şanslıdır. Ayrıca Türkiye gibi Alp kuşağı genç orojenik kuşakta yer alan Fas, Cezayir, İtalya, Yunanistan, İran, Hindistan ve Çin de potansiyeli yüksek ülkelerdir (Akova, 2018, s. 201).

Yer kabuğundaki jeotermal enerjinin kullanımı genellikle oldukça yetersizdir. Oysaki jeotermal enerji potansiyelinin %1'i enerjiye çevrilse, mevcuttaki fosil yakıtların

500 katı enerji üretilebilmektedir. Jeotermal enerji elektrik üretiminde kullanılabildiği gibi, sera, organik tarım, ürün kurutma ve bölgesel ısıtmada ısı enerjisi üretiminde de kullanılabilmektedir. Ayrıca son yıllarda termal turizmde de yoğun kullanımı vardır (jeotermaldernegi.org.tr, 2021).

2019'da küresel düzeyde 29 farklı ülkede jeotermal elektrik üretimi 16.000 MW (95.000 GWh/yıl) olarak, elektrik dışı kullanım ise yaklaşık 108.000 MWt yani ortalama 18 Milyon konut ısıtma eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Günümüzde yeryüzündeki jeotermal enerji potansiyelinin yalnızca %6,5'u kullanılmaktadır (jeotermaldernegi.org.tr, 2021).

Türkiye jeotermal kaynak potansiyeli bakımından sahip olduğu 1000'in üzerindeki kaplıca ile Avrupa'da ilk sıradadır. Son yıllardaki atılımı ile de kurulu güç açısından dünyada ilk 4'e girmiştir. Jeotermal enerji kullanarak elektrik üretiminde ilk beşte sırasıyla; ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda olduğu gözlenmektedir. Türkiye'de Denizli, Aydın ve Çanakkale'de bulunan rezervler elektrik üretimi için büyük fırsatlar sunmaktadır. Türkiye ayrıca dünyada jeotermal ısı ve kaplıca faaliyetlerinde ilk 5 ülke sıralamasında da Çin, ABD, İsveç ve Japonya ile beraber yer almaktadır (Koç & Kaya, 2015, s. 41).

1.2.2.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, canlı organizmaların birim bir zaman içinde taşıdığı küresel biyolojik kütleyi ifade eden bir kavramdır. Bu enerjinin hammaddesini tarımsal ve evsel artıklar, hayvansal gübreler, endüstriyel biyolojik atıklar, yosun ve algler ile özel olarak yetiştirilmiş bitkiler oluşturur (Akova, 2018, s. 203).

Biyokütller doğal şekilleriyle yakıt olarak kullanılabildiği gibi farklı katı, sıvı veya gaz biyoyakıtlara da dönüştürülerek kullanılabilmektedir. Dolaylı şekilde bu yolla elde edilen yakıtların elektrik üretiminde, ulaşımda, ısıtma ve soğutma işlemlerinde ve diğer tüm mesken kullanım ve endüstriyel işlem basamaklarında kullanılabildiği gözlenmektedir (İllez, 2020, s. 317).

Günümüzde küresel enerji tüketiminin %14'ünü biyokütle enerjisi karşılamaktadır. Biyokütle elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü 2019 yılında bir önceki yıla göre %5,3 artışla 124 GW düzeyine erişmiştir. Dünyada biyokütle kurulu güç açısından 16,5 GW kurulu güç ve %13 oranındaki payıyla Çin ilk sırada yer almaktadır. Türkiye ve Japonya bu alanda hızlı gelişmeler sağlayan ülkeler olarak göze çarpmaktadır.

2018 yılı sonunda Çin, biyoelektrik üretiminde dünya lideri olurken, onu ABD, Brezilya, Hindistan ve Almanya takip etmektedir. Biyoyakıt üretimine, küresel düzlemde biyoyakıtların %69'unu üreten ABD ve Brezilya'nın egemen olduğu görülmektedir (dünyaenerji.org.tr, 2019).

Biyokütle atık potansiyeli açısından Türkiye'nin yaklaşık 8,6 MTEP'e sahip olduğu ve üretilebilecek biyogaz miktarının da 1,5-2 MTEP olduğu öngörülmektedir. Bunun %1'i elektrik üretiminde kullanılmaktadır (ETKB, 2020). 2020 yılında biyokütle enerji üretim tesislerinin kurulu gücü 1,5 MW seviyesine çıkarak bir önceki yıla göre %28 artış göstermiştir. Lisanslı biyokütle ve atıktan ısı üretim tesis sayısı 360 civarına gelmiştir. Son beş yılda kurulu güçteki gelişim %34'lere varmıştır. Elektrik üretimi de bu seyirden pay alarak 2020 yılında 4,06 TW olarak gerçekleşmiştir. Bu önceki yıla göre %24 artışı ifade etmektedir. Yenilenebilir enerjiden elektrik üretim oranında biyokütle enerjisi %4 seviyelerine ulaşmış durumdadır (PwC, 2021, s. 60-61).

1.2.3. İkincil Enerji Kaynakları

İkincil enerji, birincil enerjinin dönüştürülmesi yoluyla ortaya çıkarılan enerji olarak tanımlanmakta ve elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) gibi kaynaklardan oluşmaktadır (Koç & Kaya, 2015, s. 37).

1.2.3.1. Elektrik Enerjisi

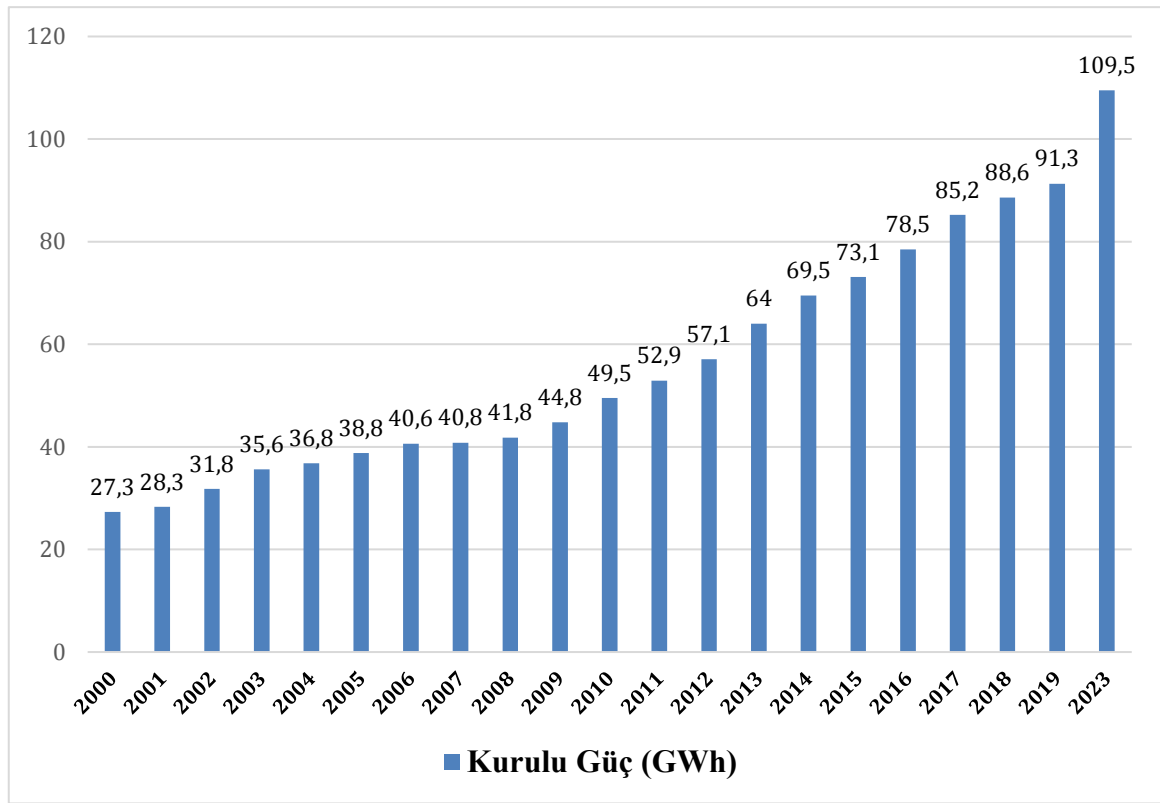
Günümüzde petrol, doğal gaz, kömür ve türevleri gibi fosil yakıtlar veya hidrolik, güneş, rüzgar, biyokütle gibi yenilenebilir kaynaklarla üretilen elektrik enerjisinin temelinde birincil kaynakların dönüşümü vardır. 2017 yılı verilerine göre küresel elektrik üretimi 24,1 TWh olarak gerçekleşmiştir. Bu üretimde en fazla kullanılan kaynağın kömür türevleri olduğu görülmektedir. Küresel bazda her yıl azalan bir orana sahip olsa da elektriğin ağırlıklı olarak fosil yakıtlar kömür, doğal gaz ve petrolden üretildiği gözlenmektedir. 2016 yılı sonunda kömürden sonra ikinci sıraya yükselen yenilenebilir kaynaklarla elektrik üretimi ise her geçen yıl payını artırmaktadır (Koç vd. , 2018, s. 93).

Son yıllarda hızla yükselen hidroelektrik projeksiyonunun gelecek 30 yılda ivme kaybederek devam etmesi öngörülmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler ve Afrika ülkelerinde küresel tüketim eğilimleri, yükselen hayat standartları, gelişen teknolojiler elektrik piyasasında talepleri artırmaktadır. Özellikle Hindistan her yıl %4-4,6 bandında elektrik talebini artırmaktadır (BP, 2020, s. 6).

Türkiye’de elektrik sektörü, kalkınma ilkeleri ve ekonomik büyüme modelleri çerçevesinde gelişmiştir. Sektörün gelişimi üç aşamada izlenebilir. İlk aşama olan başlangıç aşaması 1920-1960 dönemini içeren ve devletin tek aktör olarak piyasada yer aldığı dönemdir. Bu dönemde asıl amaç elektrik kullanımını yaygınlaştırmak olsa da devletteki bütçe kısıtlılığı, sağlıksız planlama ve hızlı nüfus artışına bağlı talep artışı süreci arzulanan hedeflerden uzağa taşımıştır. 1960-2000 süreci ise bu sorunların giderilmesinde bir yapılanma süreci olarak değerlendirilebilir. Seri bir kurulu güç artışı, uzun vadeli planlama ve özelleştirmeye geçişle beraber Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı gibi kuruluşlar da ortaya çıkmıştır. Bu süreç kamuya ait alanda Yap-İşlet-Devret veya Yap-İşlet-Sahiplen modellerinin ortaya çıkışına da zemin hazırlamıştır. 2000’li yıllardan bu yana ise büyüme süreci yaşanmaktadır. Özellikle Elektrik Piyasası Kanunu sonrası hızlı bir serbestleşme süreci başlamış ve özel sektörün elektrik üretimi kamuyu geçmiştir. EPDK’nın kurulması ile kamuda da kendi alanında uzmanlaşmış ve daha organize yapılar ve kurumlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Ayrıca yenilenebilir enerjiye yönelik ciddi bir politik atakla ve verilen teşviklerle elektrik piyasasında hızlı bir büyüme sağlanmıştır (PwC, 2020, s. 6)

Türkiye’de enerji-büyüme ilişkisini ortaya koyan en iyi örneklerden biri elektrik enerjisinde yaşanan son yirmi yıllık gelişmelerdir. Son yirmi yıl içinde ulusal ekonomik krizin yaşandığı 2001, küresel ekonomik krizin yaşandığı 2008-2009 ve son olarak Covid-19 pandemisinin yaşandığı 2019 yılı haricinde ulusal elektrik talebimizin sürekli arttığı gözlenmektedir. Bu 20 yılda GSYH çerçevesinde büyüme oranları ile elektrik talebi arasında paralellik yaşanmıştır. 304,2 tera watt saat (TWh) olan 2018 talebi, 2019 yılında yüzde 0,2 azalarak 303,7 terawattsaat düzeyine gerilemiş, ancak pandeminin etkisinin azaldığı 2020 yılı yaz aylarıyla beraber talep yeniden eski seyrine yükselmiştir (TSKB, 2020, s. 11).

Türkiye’de enerji talebi arttıkça yatırımların boyutu ve hacmi de artış göstermektedir. Tüm gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de enerjide en büyük amaç dışa bağımlılığı azaltmaktır. Nitekim 1985 yılında 10.000 MW civarında bulunan kurulu güç, 2020 yılı başında 91.300 MW düzeyine ulaşmıştır. Özellikle son on yılda kurulu güç kapasitesi %100’ü aşan gelişmeler yaşamıştır. TEİAŞ projeksiyonuna göre 2023 kapasitesi 109.500 MW olacaktır (KPMG, 2020, s. 17).

Grafik 1.14.Türkiye’de Kurulu Güç Gelişimi ve 2023 Projeksiyonu

Kaynak: (KPMG, 2020, s. 17).

1.2.3.2. LPG

Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) renksiz ve kokusuz, ulaşım ve depolama açısından avantajlı bir yakıttır. Türkiye ve dünyanın pek çok ülkesinde %30 propan, %70 bütan gazlarının karışımı olarak elde edilip kullanılırken, yarı yarıya bu iki gazın kullanımı olan ülkeler de vardır. Farklı uygulama alanlarına sahip bu ürün evlerde tüp olarak, ticari firmalarda, sanayide, buhar ve elektrik üretiminde, ulaşım ve tarımda yoğun kullanıma sahiptir (Makine Mühendisleri Odası (MMO), 2020, s. 1-2).

Son yıllarda ağırlıklı olarak ulaşımında diğer petrol ürünlerine alternatif olarak kullanılmaktadır. Türkiye, dünyanın en büyük 16. LPG pazarı olarak sektörde yer almaktadır. Oto gazı açısından ise 2019 yılında Güney Kore'yi geçerek ilk sıraya oturmuştur (Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu (EPDK), 2020).

Türkiye Avrupa’da en fazla LPG’li otomobile sahip ülkedir. Türkiye’deki her yüz taşıtın 38’i LPG ile çalışmaktadır ve bu oranda en yakın rakibimiz olan Polonya’da oran %13,5’tir. Türkiye’deki vergi yükünün ucuz olan bu yakıta yönelimi arttırdığı gözlenmektedir (Euronews, 2019).

Türkiye’de 2020 yılı sonunda bir önceki yıla göre LPG üretimi %10 azalarak 970 bin ton olmuştur. İthalat da bir önceki yıla göre %3 azalmıştır. 17 farklı ülkeden ithalat yapılırken, en fazla ithalat yapılan ülkeler sıralamasında ABD, Cezayir, ve Kazakistan ilk 3 sıradadır. Aynı dönemde ihracat ise önceki yıla göre %18 artış göstermiş ve en çok Lübnan, İsviçre, ve Tunus’a ihracat yapılmıştır. Tüplü, dökme ve oto gaz piyasalarına bölünen sektörde hakimiyet %80 ile oto gazdadır (Türkiye LPG Derneği (TLPGDER), 2021).

İKİNCİ BÖLÜM

Türkiye’de Enerjinin Sektörel Görünümü Ve Enerji Politikaları

2.1. Türkiye’de Enerjinin Sektörel Görünümü

Modern dünyada enerji vazgeçilmez bir unsur olmanın yanında küresel ekonomik politikaların da yönlendirici unsuru haline gelmiştir. Enerji arzını artırma, arzı tabana yayma, kalkınmayı enerjiyle destekleme ve tüm bunları doğaya zarar vermeden gerçekleştirme temel politikalar haline gelmiştir (Özata, 2010, s. 102).

Yapısı gereği her sektörde yer alan ve onları etkileme gücüne sahip olan enerji sektörü, sektörel piyasa değişkenlerinin de izlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu değişkenler hem sektörel aktörlere kılavuz olmakta, hem de politik karar alıcılara yol göstermektedir. Enerjinin bu önemi modern hayatın ve teknolojinin hakim olduğu bölgelerde daha yoğun hissedilmektedir ve birkaç günlük enerji arz sıkıntısı adeta doğal afet etkisi yaratmaktadır. Bu nedenle sanayiden tarıma, turizmden lojistiğe tüm alanlarda planlama enerjinin kesintisiz olması ve talebin de buna bağlı olarak sürekli artması üzerine kurgulanmaktadır. Politik, ekonomik ve doğal tüm krizler bu senaryoyu bozduğunda yaşanan krizler küresel olmakta ve bu da sektörde inovatif eylem ve fikirlerin önemini arttırmaktadır (TSKB, 2020, s. 6).

Gelişmişlik kriterleri açısından yapılan tüm sınıflandırmalarda enerji talebi daha fazla olan ülkeler, daha gelişmiş ülkeler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu ülkelerde hükümetlerin en önemli hedefi kesintisiz, çevre dostu, güvenli, kaliteli ve ucuz enerjiyi farklı kaynaklardan temin ederek çeşitlendirmektir. Bu politikalar birçok soğuk ve sıcak çatışma ve hatta savaşımlara yol açabilmektedir. Enerji kaynaklarına sahip olma, transferine yataklık etme ve genel olarak enerji ticaretini kontrol etme küresel mücadelelerin odağını oluşturmaktadır (Özata, 2010, s. 103).

1980’lerden sonra neoliberal politikaları benimseyerek hızla piyasaları serbestleştirerek özelleştirme hamleleri gerçekleştiren Türkiye’de hala enerjide dışa bağımlılık devam etmektedir. Petrol sanayisi ile başlayan süreç zaman içinde çok kaynaklı ve yenilenebilir unsurları da içerecek şekilde genişlemiştir. Bu süreçte enerji tüketiminde öncü sektörlerin sanayi ve hizmet sektörleri olduğu görülmektedir (Mucuk & Uysal, 2009, s. 106).

ETKB'nin periyodik denge tabloları, Türkiye'de enerji sektöründeki arzı ve bu arzın sektörel dağılım içindeki tüketimini gösteren önemli bir kılavuzdur. Bu çerçevede Türkiye'deki enerji arzının kullanımı çevrim ve enerji sektörü, sanayi sektörü, ulaştırma sektörü, Mesken ve Hizmet sektörü, Tarım ve Hayvancılık sektörü ve enerji dışı tüketim sektörleri olarak tasnif edilmiştir. Türkiye'de 1990-2019 döneminde 2018 yılı dışında enerji ürünleri arzının sürekli arttığı ve son on beş yılda %60 civarında artış sağlandığı gözlenmektedir. 2018 yılında sadece Türkiye'de değil AB ülkelerinde de toplam enerji tüketiminde düşüş yaşanmıştır. Sektörel düzeyde ise mesken ve hizmet sektörlerinin birleşik hali ve sanayi sektörü arasında tüketim liderliğinin sürekli el değiştirdiği, bu arada bu ikilinin arasına dönemsel olarak çevrim ve enerji sektörünün yerleştiği gözlenmektedir.

Türkiye'de, 2019 yılı toplam enerji tüketiminin dağılımında en büyük tüketimin %24,7 oranında, konut ve hizmet sektöründe gerçekleştiği Tablo 3'ten anlaşılmaktadır. Bu sektörü %23,8 ile sanayi ve %23,2 ile enerji ve çevrim sektörü izlemiştir. Ulaştırma sektörü %19,1 ile bir önceki yıla göre düşüş yaşarken, %4,9'luk pay enerji dışı sektörlerde kısmi bir yükseliş gözlenmiştir. %3,2'lik oranıyla tarım sektörü her zamanki gibi son sırada yer almıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2020).

Tablo 3. Türkiye'de Yıllara Göre Enerji Denge Tabloları (Bin TEP)

Yıllar	1.990	1.995	2.000	2.005	2.010	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019
Enerji Ürünleri Arzı	52.465	62.968	79.428	88.672	105.888	129.139	136.229	145.305	143.666	144.205
Çevrim ve Enerji Sektörü	10.228	12.442	17.834	18.347	26.048	29.672	31.655	33.522	34.517	33.556
Sanayi	13.641	15.986	22.876	26.410	26.077	32.157	33.254	35.329	36.277	34.300
Ulaştırma	8.723	11.077	12.007	13.849	16.314	24.936	26.812	28.425	28.452	27.687
Mesken ve Hizmetler	15.356	17.514	19.557	22.285	27.762	32.329	33.222	36.013	33.074	35.609
Tarım ve Hayvancılık	1.956	2.556	3.073	3.359	3.736	3.932	4.056	4.273	4.381	4.712
Enerji Dışı Tüketim	2.543	3.087	3.455	4.089	5.314	5.652	6.989	7.372	6.296	7.076

Kaynak: ÇŞB,2020

Tablo 3'ün üretim-tüketim, arz talep boyutuyla derinlemesine incelemesi yapıldığında ise 1990-2018 döneminde toplam enerji talebinin %173,8, yerli üretimin %57,8 ve Enerji ithalatının da %277,6 arttığı gözlenmektedir. Yerli üretimin talebi karşılama oranında bu süreçte %42,4 kayıp yaşanması hem ithalat bağımlılığımızın arttığını, hem de enerji talebindeki artışın yerli kaynaklarca karşılanamamakta olduğunu göstermektedir (Türkyılmaz vd., 2020, s. 22).

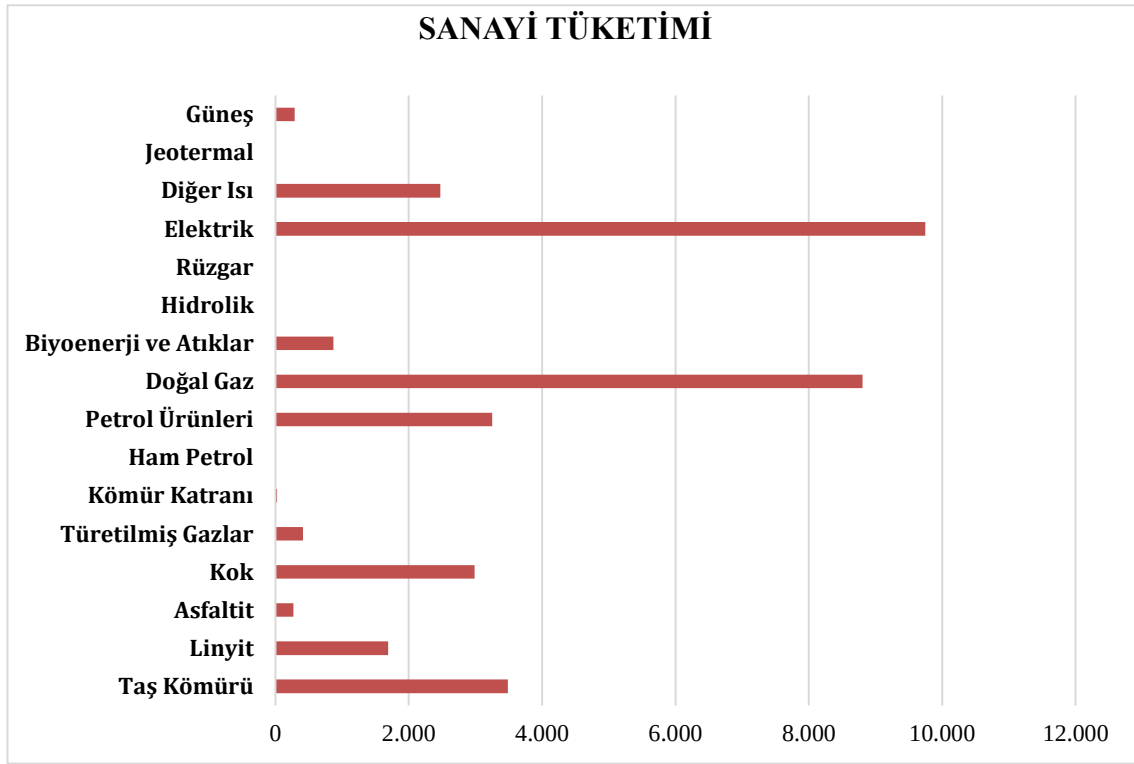
2.1.1. Türkiye’de Sanayi Sektörü ve Enerji Tüketimi

Dünyada İngiltere’de başlayan Sanayi Devrimi, ivme kazandıkça hammadde ve enerjiyi ekonominin odağına yerleştirmiş, sömürgecilik faaliyetlerini hızlandırmış ve son iki yüzyılda da enerji kaynaklarına erişim adına tüm yerkürede sayısız sıcak ve soğuk savaşa neden olmuştur. Makroekonomik düzlemde büyümenin temel şartının sanayide gelişme olduğunun anlaşılması ile enerji yarışı tüm dünyayı kapsar hale gelmiştir. Sanayi büyümesinde enerji talebine olan ihtiyaç, modern dünyada politikalara halen yön vermektedir. Sanayi-enerji ilişkisine bir başka değişken olan çevre kirliliğinin de eklenmesiyle bu politikalar sürekli değişmekte ama temel motivasyon yine de güvenilir, kaliteli, çevreci ve ucuz enerjiye erişim olmaya devam etmektedir.

Cumhuriyetin kuruluş yıllarında tamamen tarımsal ekonomiye bağlı bir ülke olarak Türkiye’de sanayi planlı olarak güçlendirilmeye çalışılmıştır. Dönem dönem sekteye uğrasa da bu çabalar günümüzde sanayinin başat aktör olma rolünü güçlendirmiştir. Türkiye, tarımda %50’lerden %8’lere gerilerken, sanayi, ekonomik büyüme ve kalkınmada anahtar rol üstlenmiştir. Bu da sanayileştikçe daha fazla enerji talebi yaratmış, enerjide dışa bağımlılığı kırma adına da yerli kaynaklar ilgili çalışmalara hız kazandırmıştır. (Yardımcı, 2016, s. 104)

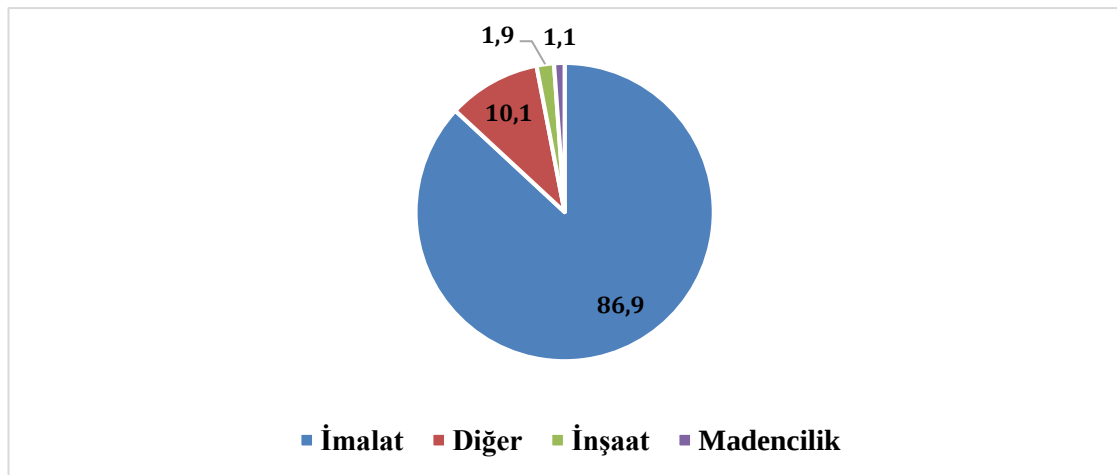
ETKB’nin Enerji Denge Tabloları verilerinde sanayi sektörünün enerji tüketiminin sektörlere dağılımında, hizmet ve konut sektörüyle birinciliği devamlı olarak paylaştığı gözlenmektedir. 2018 yılında 36.277 BTEP enerji tüketimi ile ilk sırada olan sektör, 2019 yılı sonunda 34.300 BTEP tüketim ile hizmet ve konut sektörünün ardında kalmıştır (ÇŞB,2020).

Grafik 2.1.’de görüldüğü gibi, Türkiye’de sanayi sektöründe kullanılan enerjinin kaynaklarına bakıldığında 9.748 BTEP ile elektrik ilk sırada yer alırken, onu sırasıyla fosil yakıtlar olan doğal gaz 8.804 BTEP, taş kömürü 3.486 BTEP ve petrol 3.249 BTEP ile izlemektedir.

Grafik 2.1. Sanayide Enerji Tüketiminin Kaynaklara göre Dağılımı (2019)

Kaynak: (dünyaenerji.org.tr(b), 2020)

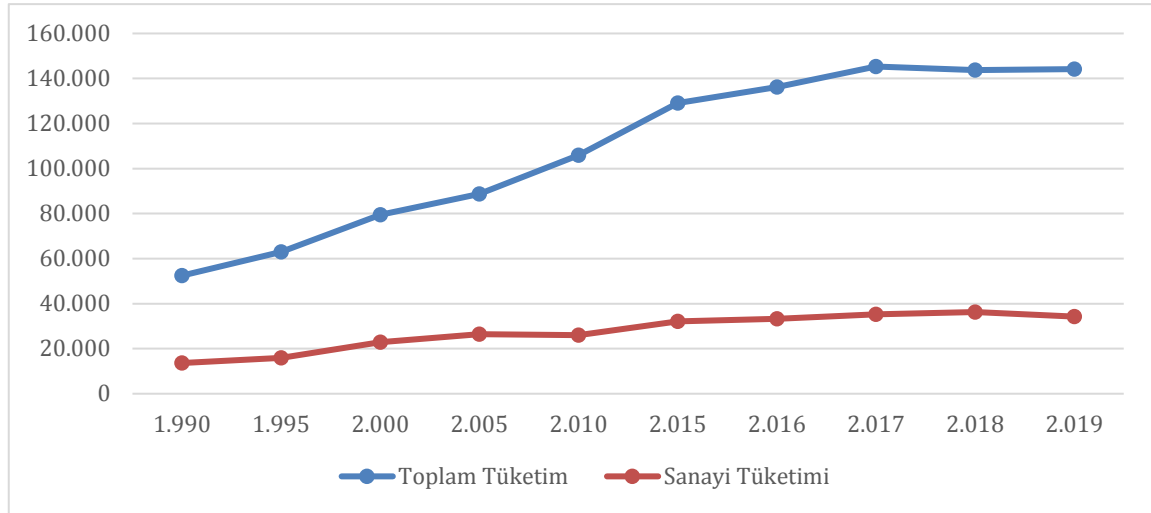
Alt sektörler düzeyinde ise gıda, tekstil, ağaç ürünleri, kağıt ürünleri, kimyevi ürünler, mineral ürünler, ana metal ürünleri, elektronik ve ulaşım araçları ve mobilya üretimi olarak tasnif edilen imalat sektöründe 29.809 BTEP enerji harcandığı gözlenmektedir. Bu sanayideki toplam tüketimin %87'sine denk gelmektedir (Bkz. Grafik 2.2.).

Grafik 2.2. Sanayide Alt Sektörler Enerji Tüketimi-2019 (%)

Kaynak: (dünyaenerji.org.tr(b), 2020)

Grafik 2.3.'ten toplam enerji tüketiminin yıllar içindeki seyri izlendiğinde sanayi sektörünün ulusal ya da küresel krizler dışında tüketim talebini sürekli artırdığı ve ekonomik büyümede birincil aktör rolü oynadığı görülebilmektedir.

Grafik 2.3. 1990-2019 Sanayi Sektörü Toplam Enerji Tüketimi (Bin TEP)



Kaynak: ÇŞB,2020

2.1.2. Mesken ve Hizmet Sektörü

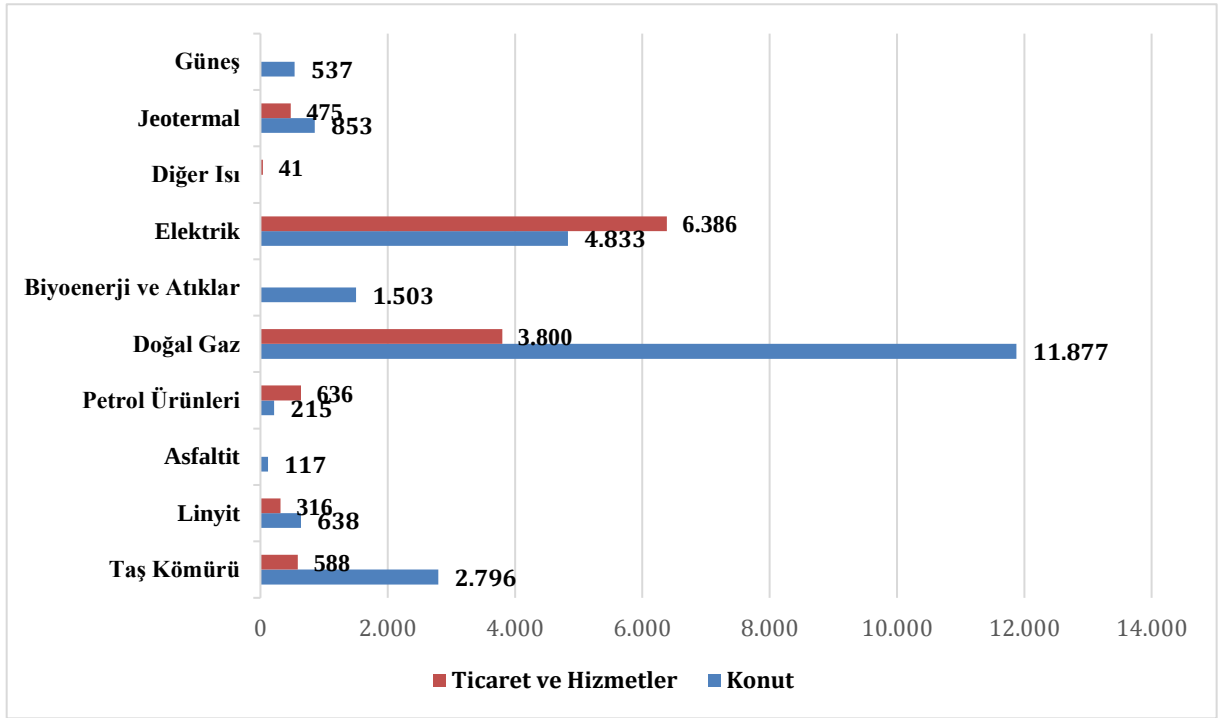
Dünyada ekonominin genel seyrine bakıldığında endüstri devrimi sonrası yaşanan tarımdan sanayiye yönelim, bugün sanayiden de hizmet sektörüne kaymaktadır. Özellikle istihdamda anahtar sektör olan hizmetler sektörü, hem ulusal gelir içindeki payını artırmış hem de buna paralel enerji tüketiminin lider sektörü olmaya başlamıştır. Nitekim TÜİK verilerine bakıldığında 2018 yılında hizmetler sektörü (NACE Rev baz alınarak), GSYH'den %60,6 pay alarak açık ara öndedir. Bu oran AB-28 ülkelerinde %73,3 olarak gerçekleşmiştir (ÇŞB, 2020).

Konut ve hizmet sektörünün enerji tüketiminde 1990-2020 döneminde %132 oranında bir artış yaşanmıştır. Sektör 2019 yılında 35.609 BTEP enerji tüketimi ile bir önceki yıla göre %7,6 artış göstermiş ve diğer sektörleri geride bırakarak en fazla tüketim yapan sektör olmuştur. 2019 yılı toplam enerji arzı 144.205 BTEP olurken bunun %16,2'si konut, %8,5'i de ticaret ve hizmet sektörlerinde tüketilmiştir. Böylece hizmet ve mesken sektörleri bir önceki yıla göre %1,3 artışla toplam tüketimdeki payını %24,7'ye çıkarmıştır. Hizmet sektöründeki toplam tüketimin alt sektör dağılımına

bakıldığında konutlarda tüketim 23.368 BTEP ile %65,6, Hizmetler sektörü ise 12.241 BTEP ile %34,4 pay almıştır (dünyaenerji.org.tr(b), 2020).

Mesken ve hizmetler sektöründeki kaynak dağılımına bakıldığında ise evlerde doğal gazın, ticari işletmelerde ise elektrik enerjisinin daha yoğun kullanıldığı gözlenmektedir. Konutlarda tüketilen doğal gaz 2019 yılında, 14,4 bcm'lik tüketim ile 2018 yılına göre %14 artış göstermiştir (TSKB, 2020, s. 19).

Grafik 2.4. Hizmet Sektöründe Enerji Tüketiminin Kaynak Dağılımı-2019 (BTEP)

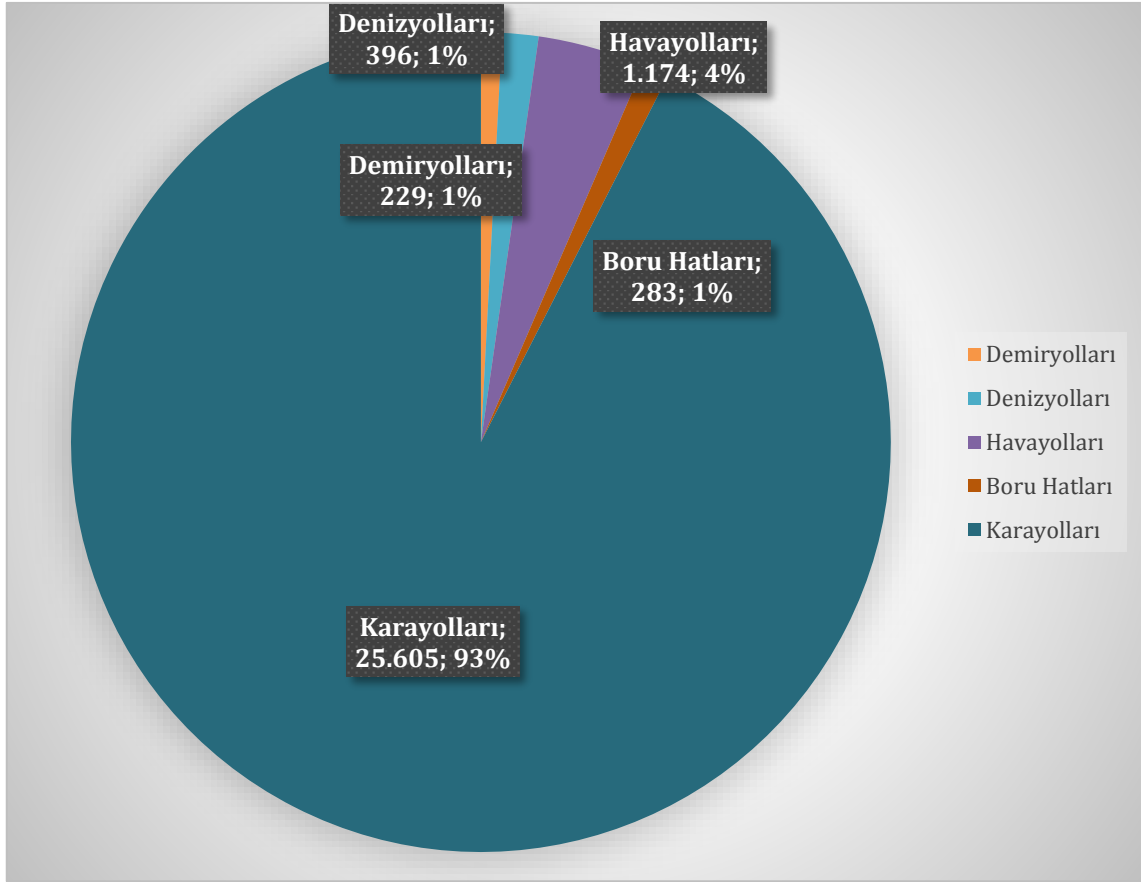


Kaynak: ETKB ve ÇŞB 2020 verilerinden derlenmiştir.

2.1.3. Türkiye’de Ulaşım Sektörü ve Enerji Tüketimi

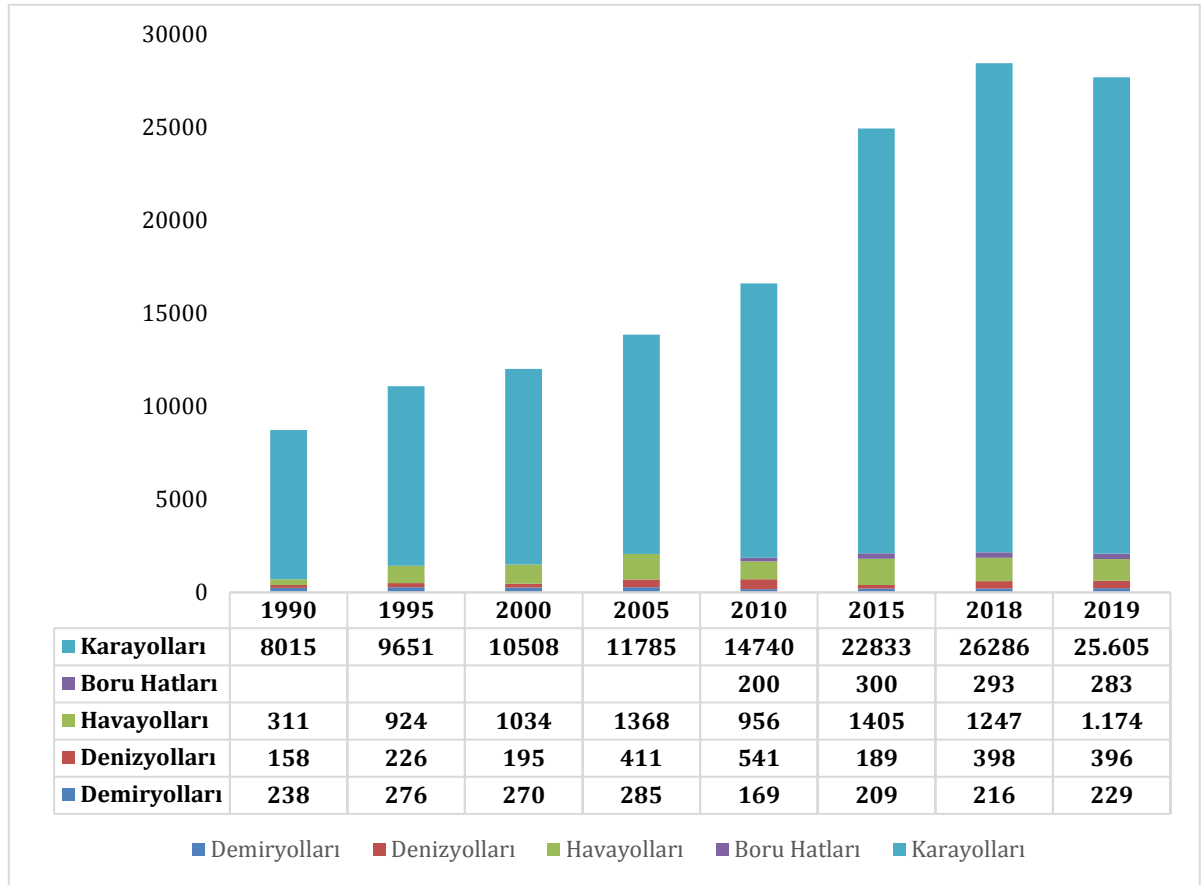
Türkiye’de, 2019 yılı toplam enerji tüketiminin dağılımında ulaştırma sektörü %19,1 ile bir önceki yıla göre düşüş yaşarken tüketim 765 BTEP azalmıştır. Buna rağmen 1990’lardan bu yana %225 civarında bir tüketim artışı söz konusudur. 283 bin TEP kullanılan boru hatları dışta bırakılırsa, 27.687 bin TEP enerjisinin %93’ü karayolu, %4’ü havayolları, %1’i denizyolları ve %0,8’si demiryolları için sarf edilmiştir (ÇŞB, 2020).

Grafik 2.5. Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketimi ve Oranları



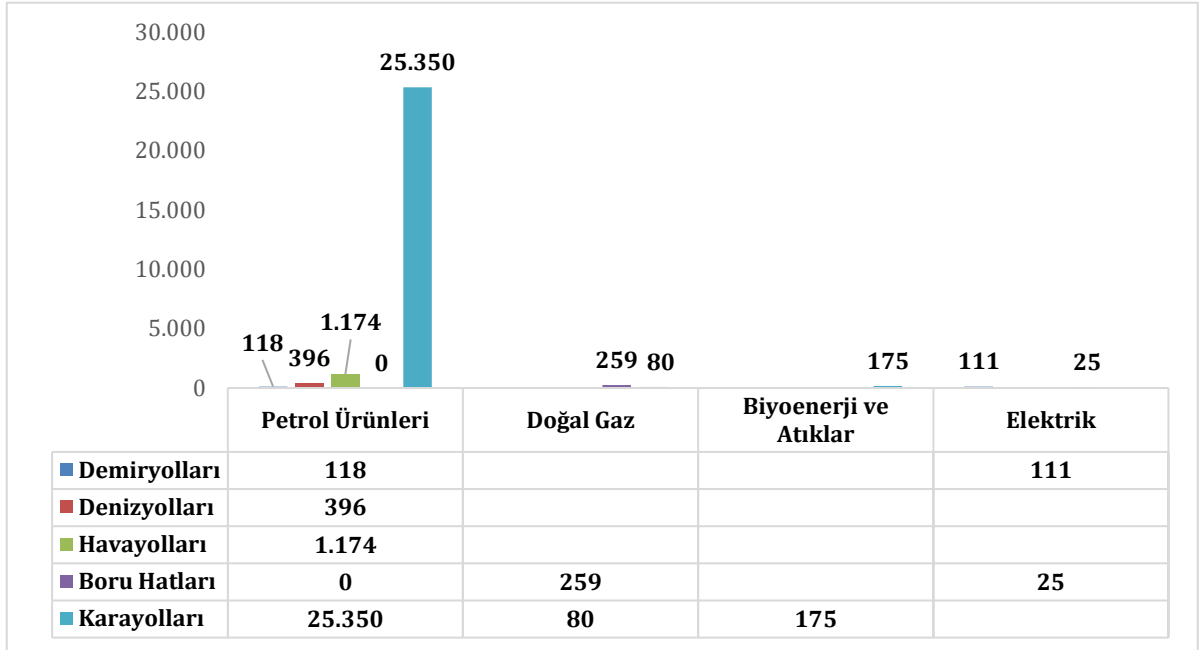
Kaynak: ÇŞB,2020

2019 yılında, 1990 yılı verilerine kıyasla havayolları ulaşımında kullanılan enerji %300 civarında artış göstermiştir. Bunu yine aynı dönemde %225 artışla karayolları, %150 artışla denizyolları izlemiştir. Demiryolu ulaşımında kullanılan enerji miktarı ise 1990 verilerine oranla %9 civarında azalma göstermiştir (Bkz. Grafik 2.6.)

Grafik 2.6. Ulaştırma Tipine Göre Nihai Enerji Tüketimi (Bin Tep)

Kaynak: (dünyaenerji.org.tr(b), 2020)

Türkiye’de 2019 yılında ulaştırma sektöründe tüketilen enerjinin %97,6’sını petrol ürünleri oluştururken, diğer tüketimin %1,2’sini doğal gaz, %0,6’ünü biyoenerji ve atıklar, %0,4’ünü elektrik oluşturmaktadır (Bkz. Grafik 2.7.)

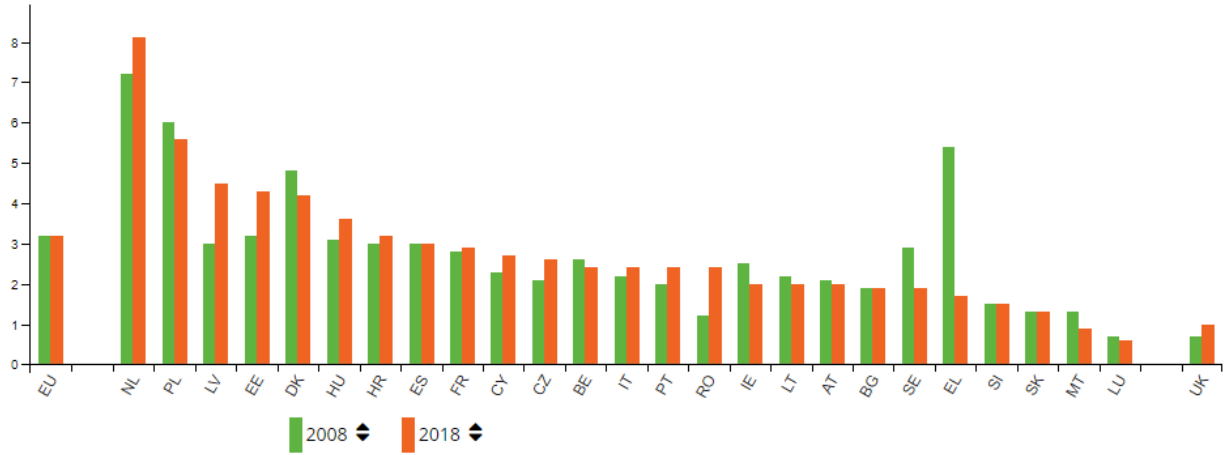
Grafik 2.7. Ulaşımında Kullanılan Yakıtlar 2019 (BTEP)

Kaynak: ÇŞB,2020

2.1.4. Türkiye’ de Tarım Sektörü ve Enerji Tüketimi

Tarım sektöründe enerji kullanımı ağırlıklı olarak su temini, ürünlerin işlenmesi ve lojistiğinde kullanılmaktadır. Suyun sulamada kullanımı küresel ölçekteki su kaynaklarının %70’ini kullanmasına yol açmaktadır. Küresel düzeyde gıdanın üretim, işlenme ve lojistik işlemlerinde kullanılan enerji toplam enerji tüketiminin %30’una tekabül etmektedir (Öztürk, 2019, s. 108).

Eurostat verilerine göre AB ülkelerinde tarımda enerji tüketimi 2018’de, toplam nihai enerji tüketiminin % 3,2’sini oluştururken, tarımsal enerjinin toplam enerjiden en fazla pay aldığı ülkeler Hollanda (% 8,1) ve Polonya (% 5,6) olmuştur. AB’de tarımsal enerji tüketimi 1998-2018 arasında % 10,8 azalırken, enerji kaynakları açısından %56 ile petrol başı çekmektedir. Bu süreçte petrolün ağırlığı azalmaya başlarken elektrik, yenilenebilir enerji ve biyoyakıtlar önem kazanmaya başlamıştır (Eurostat, 2020).

Grafik 2.8. AB Ülkelerinde Enerji Tüketiminde Tarımsal Enerjinin Payı (%)

Kaynak: Eurostat,2019

Türkiye’de 1990-2019 döneminde tarımsal enerji tüketimi %240 oranında artış göstermiş ve 4.712 BTEP seviyesine ulaşmıştır. Tarımsal enerjinin kaynaklara göre 2010-2017 dönemi dağılımı ise Tablo 4’te özetlenmiştir.

Tablo 4. Türkiye Tarımsal Enerji Tüketimi Dağılımı

Kaynak	2010 Tüketimi	2017 Tüketimi	Değişim (%)	Ortalama Tüketim
Petrol	2.822 BT	2837 BT	0,9	2798
Doğal gaz	2 M m3	118 M m3	5800	73,1 M m3
Jeotermal/ısı	334 BTEP	609 BTEP	82,3	457,2 BTEP
Elektrik	5586 GWh	7332 GWh	31,2	5709,6 GWh

Kaynak: Öztürk (2019)’dan derlenmiştir.

Genel enerji tüketiminde Türkiye’de en az paya tarım sektörünün sahip olması, enerji verimliliği konusunda diğer sektörler kadar düzenleme yapılmasını engelleyen bir unsur olarak göze çarpmaktadır. Ancak son yirmi yılda teknolojinin de etkisiyle tarım sektöründeki enerji tüketimi ulusal ekonominin üstünde artış göstermektedir. Son yıllarda traktör yakıtları dışında, tarlalarda azotlu gübre kullanımı, hayvansal üretimdeki atıklar, sera ve hayvan barınaklarında elektrik kullanımı gibi gelişmelerle sera gazı oluşumunda tarımsal tüketimin de etkisi artmıştır. Bu nedenle enerji verimliliğinin tarımsal alanlarda da yaygınlaşması için birçok ülkede düzenlemeler başlamıştır. Enerji yoğunluğu artan tarım sektöründe de yenilenebilir enerji teşvik edilmektedir. Tarım araçlarının verimli araçlarla değiştirilmesi, düşük basınçlı sulama yöntemlerinin özendirilmesi, tarımsal üretim sürecinde enerji verimliliği ilkelerinin hâkim kılınması, enerjinin yerinde ve yerli kaynaklarla elde edilmesi, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle enerjilerine ağırlık verilmesi bu alandaki önemli uygulamalardır (enver.org.tr, 2021).

2.2. Türkiye’de Enerji ve Çevre Sorunları

2.2.1. Türkiye’de Enerji Sorunları

Enerji uygar toplumlarda; yurttaşların refahı ve yaşam standartlarını artırmada ana unsur olarak görülmekte ve bu nedenle planlı ekonomilerin en önemli enstrümanlarından biri olarak kabul görmektedir. Enerji politikalarında doğal ve sosyal çevreye duyarlı, yenilenebilir, verimli ve ucuz bir enerji üretimi, iletimi ve dağıtımı temel amaçtır. Bu yolla, tüketici kaliteli, ucuz, güvenli ve devamlı enerjiye ulaşabilecektir. Sektördeki planlamalarda;

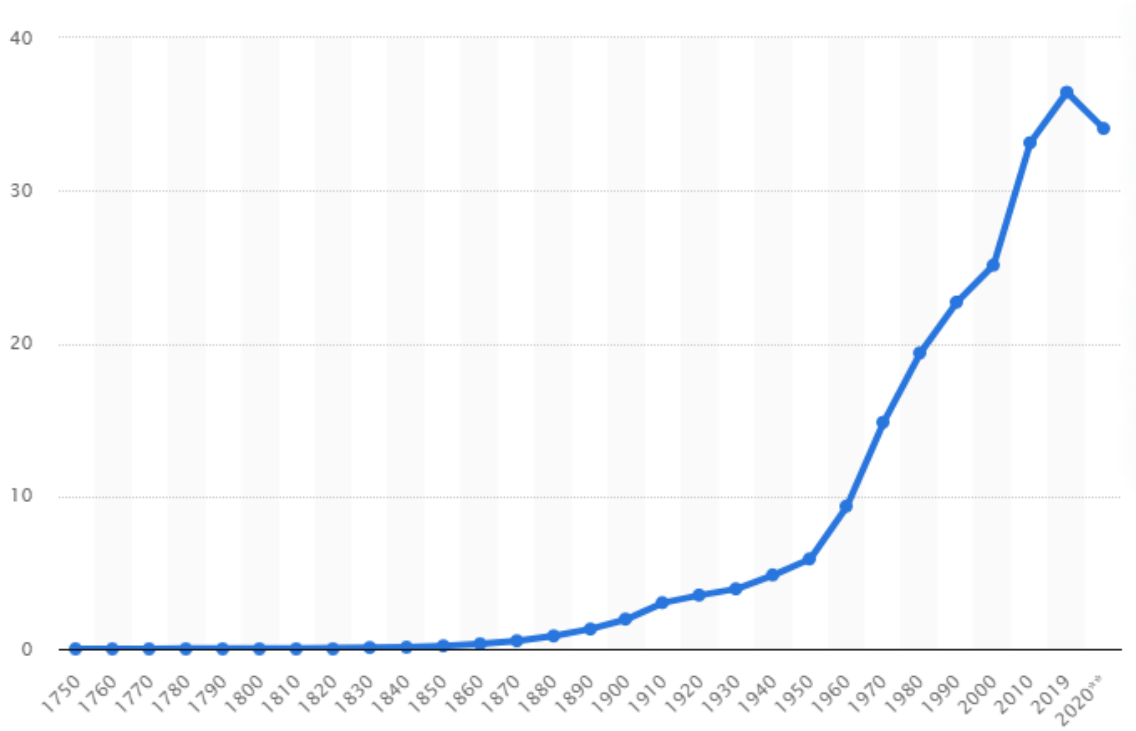
- Enerji kaynaklarını seçerken yenilenebilir olanlara öncelik verilmesi,
- Enerji tüketiminde eğilimlerin belirlenerek talep yönetimini sağlama,
- Enerji verimliliği faaliyetlerini arttırma,
- Yerli ekipman üreterek enerji üretimini sağlama,
- Çevre kirliliğini minimize etme,
- Yatırım alanlarını üzerindeki ekosistem ve toplumsal beklentiler gözeterek belirleme en önemli sorun alanlarıdır (Türkyılmaz vd., 2020, s. 4).

Bugün küresel ölçekte nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ve yaşam standardının artması sonucu artan enerji talebi, kaynakların fütursuz kullanımı nedeniyle bir enerji sorunsalı yaratmaktadır. Dünyada tüketilen enerjinin %80’den fazlasının fosil yakıtlardan sağlanıyor oluşu, aynı zamanda çevre ve iklim krizlerini de tetiklemekte ve küresel bir

ekolojik ve sağlık problemi yaratmaktadır. Bu da evrensel çözüm mekanizmalarını zorunlu kılmaktadır. Her şeyden önce geleneksel enerji kaynaklarının tükenecek olması, yenilenebilir enerjiyi zorunlu kılmaktadır. Buna rağmen ülkeler arası gelişmişlik farkları bir standart tutturulmasını güçleştirmektedir. Fosil yakıtlar özellikle gelişmekte olan ülkeler tarafından hala yoğun bir şekilde tercih edilmektedir. Ayrıca küresel düzeyde enerji tüketiminin standart olmaması da ekonomi temellidir ve tüm bu eşitsizlikler nedeniyle uluslararası anlaşmalar dünya ölçeğinde hayat bulamamaktadır (Ekonometri.com.tr, 2021).

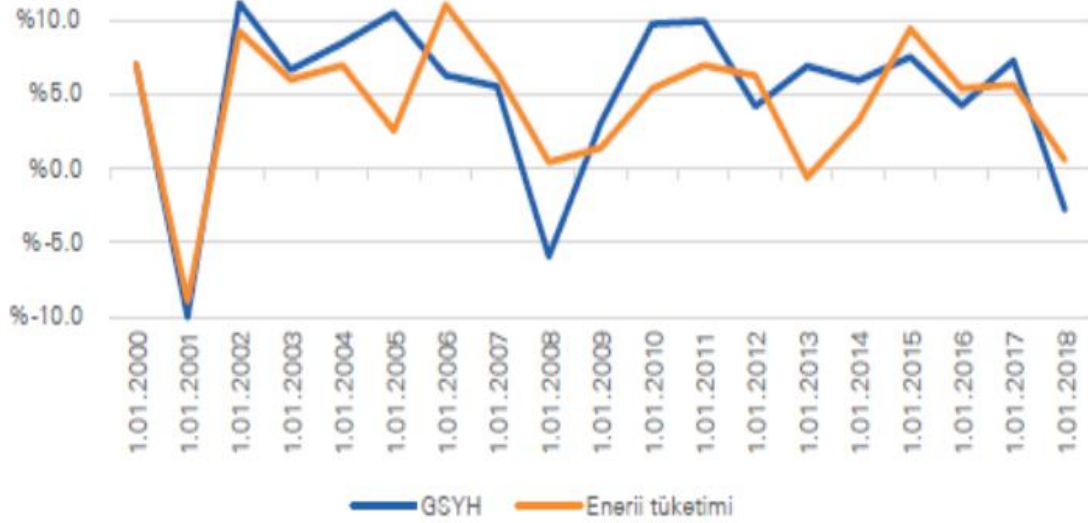
Enerji kaynaklı problemler denince akla ilk gelen problem çevresel problemlerdir. Temelinde fosil yakıt kullanımı olan bu problem çevre ve hava kirliliğine, kuraklığa, denizlerin ısınmasına, yer altı sularının azalmasına, orman yangınlarına, yüksek ve düzensiz yağışlara ve su baskınlarına yol açtığı gibi iklim değişikliği yoluyla küresel ısınmaya da yol açmaktadır. Küresel ısınma da; küresel sıcakların artması, buzulların erimesi, doğal afetlerin artması, deniz seviyelerinin yükselmesi gibi fiziki etkiler yanında insan sağlığının tehlikeye düşmesi, tarımsal kayıplar, ticaret yollarının değişmesi, su kaynakları ve ekolojik dengede olumsuzluklara yol açmaktadır (Öztürk & Yüksel, 2019, s. 64).

Küresel ısınmanın etkileri karbondioksit salınımında da kendini göstermektedir. Küresel fosil yakıt kullanımı ve endüstriyel üretim sonucu yayılan karbondioksit emisyonları, sanayi devriminin başından beri ürkütücü bir artış göstermiştir. 2019'da dünyaya yaklaşık 36,44 milyar metrik ton karbondioksit yayılırken 2020 yılında pandemi etkisiyle bu rakam 34,07 milyar metrik ton CO₂ olarak ölçülmüştür. Yine de Grafik 2.9. incelendiğinde son 30 yıllık periyotta hızlı bir artış trendi olduğu gözlenmektedir (statista.com, 2021).

Grafik 2.9. CO2 (Karbondiyoksit) Salınımının Tarihsel Gelişimi

Kaynak: statista.com, (2021)

Gelişmekte olan her ülke gibi Türkiye'nin de enerji tüketimi ve buna paralel talebi artmaktadır. 2000-2018 döneminde toplam enerji tüketimi 73,5 MTEP'den 154 MTEP'e yükselen Türkiye'de %4,4'lük bir büyüme yaşanmıştır. Bu da haliyle dünyadaki toplam enerji tüketim pastasındaki payın artışı anlamına gelmektedir. Bu büyümede GSMH büyümesinin etkisi, enerjideki düşüşün ekonomideki negatif büyüme dönemlerine denk gelmesi ve artışında yine ekonomik büyüme ile beraber bir seyir izlemesinde görülebilmektedir (KPMG, 2020, s. 11).

Grafik 2.10. GSMH ve Toplam Enerji Tüketimi Korelasyonu

Kaynak: KPMG,2020,s.11

Türkiye, OECD ülkeleri arasında son 20 yılda ekonomi büyümesinin de etkisiyle enerji talebinin en hızlı arttığı ülkedir. Çin'den sonra elektrik ve doğal gaz talebinde bu süreçte dünyada ikinci sırada olan Türkiye'de, enerjide dışa bağımlılık yüksek ithalat ve cari açık sonucunu doğurmaktadır. Türkiye enerji stratejisinin çok yönlü olması ve dışa bağımlılık olgusu, küresel gelişmeler ve dış ilişkiler boyutunu da çok önemli hale getirmektedir. Sektör, çoğu zaman bu uluslararası etkilerden büyük travmalarla etkilenebilmektedir (Dışişleri Bakanlığı (MFA), 2021).

2020 yılını küresel bir kriz yılı haline getiren Covid-19 pandemisi de enerji sektörünü negatif etkileyen önemli unsurlardan biridir. Petrol, doğal gaz ve elektrik üretim sektörleri süreçte ciddi yaralar almıştır. Uluslararası ve yerel ulaşım ağlarının sınırlandırılması ve hatta durdurulması petrol sektörünü derinden etkilemiştir. Sokağa çıkma kısıtları, eğlence ve toplu mekanların sınırlandırılması da doğal gaz ve elektrik sektörlerini etkilemiştir (TSKB, 2020, s. 51).

Türkiye, enerjide dışa bağımlılığın etkilerini azaltmak için enerji arz güvenliğini güçlendirmek ve bu amaçla da güzergah ve kaynak çeşitlendirmesini sağlamak amacıyla çok yönlü stratejiler uygulamaktadır. Bu stratejilerin ilki petrol ve doğal gaz tedarikinde farklı ülkeler ve kaynaklar kullanmaktır. Bölgesel ve küresel düzeyde enerji güvenliğine katkı sağlamak da bir diğer uluslararası stratejidir. Enerjide bir ticaret merkezi olmayı hedefleyen Türkiye, bu bağlamda sürdürülebilir kalkınmayı da amaçlamaktadır. Ancak anahtar stratejiler yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını ve bu arada nükleer enerjiyi artırmak üzerine kurulmuştur. Özellikle 2017 yılında kabul edilen Milli Enerji Politikası

yerli ve yenilenebilir kaynaklara büyük destek verilmesini içermektedir. Nitekim 2021 yılında bu politikanın da etkisiyle Türkiye'deki kurulu gücün %52'si yenilenebilir kaynaklardan oluşmaktadır. Bu da bir önceki yıl dünyada 19. sıradan Türkiye'yi 12. sıraya çıkarmıştır (MFA, 2021).

Türkiye'de 2005 yılından bu yana enerjideki politik düzenlemelerle potansiyeli yüksek yenilenebilir kaynaklar açısından büyük imkanlar yaratılmıştır. Mevzuat düzenlemeleri ve kamusal teşvik mekanizmaları ile yenilenebilir enerji arzı arttırılmış, enerji üreten donanımların üretimi boyutunda teknoloji ve istihdam geliştirilmiş, hane kullanımında da enerji verimliliği faaliyetleri ile de önemli çıktılar sağlanmıştır. Günümüzde yenilenebilir enerjide maliyetlerin hala yüksek oluşundan kaynaklı dezavantajların giderilmesinde bu politik mekanizmalar çok değerlidir. Ülkemizin bu alanda küresel bir aktör olması, AR-GE ve inovasyonda öne çıkması, teknolojiye gelişim sağlanması ve çevre bilincinin oluşması boyutlarında da ulusal eylemlerin ve stratejilerin rolü büyüktür (Aydoğdu, 2021, s. 71).

2.2.1. Türkiye'de Çevre Sorunları

Dünya Meteoroloji Örgütü verilerine göre 2019 yılı sanayi devrimi sonrası tarihte ölçülebilen en sıcak ikinci yıl olmuştur. Sadece iklim değişikliği değil genel olarak çevre problemlerinin temelinde enerjideki fosil yakıt hâkimiyetidir. Zira fosil yakıt kullanımı karbondioksit (CO₂) gazını atmosfere yayarak sera gazlarının atmosferde yoğunlaşmasına ve dolayısıyla sera etkisiyle küresel ısınmaya yol açmaktadır (Bulut, 2020, s. 33).

İklim ve çevre kirliliği 1960'larda gözlenmeye başlanan küresel ısınma sonrasında sorgulanmış ve küresel eylemler ve politikalar oluşmaya başlamıştır. Buna rağmen hala enerji üretim merkezleri ve bunların yarattığı tahribatlar tam anlamıyla giderilebilmiş değildir. Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle pek çok sorun giderilebilir hale gelmişse de, enerji üreten aktörlerin yüksek kar motivasyonu bu önlemlerin hayata geçişini zorlaştırabilmektedir.

Tablo 5. Enerji Üreten Merkezler ve Çevresel Etkileri

ENERJİ MERKEZİ	EKOLOJİK ETKİLERİ	İKLİMSSEL ETKİLERİ	SOSYO-EKONOMİK ETKİLERİ
HES	*Baraj göllerinin yarattığı nemden dolayı oluşan iklimatik etkilerle bitki örtüsü değişir ve hayvan varlığı azalır. *Baraj gölündeki su kalitesi farklılaştığı için sucul canlılar zarar görür * Baraj yüzünden göç yolları değişen canlı türleri zarar görür	* Baraj göllerinde buharlaşma yüksek olduğundan havada nem oranı artar ve hava hareketleri değiştiğinden sıcaklık, yağış ve rüzgar olaylarında değişimler yaşanır.	* Baraj göllerinin etkilediği alanlarda göçler yaşanır ve sosyal sorunlar ortaya çıkar * Doğal, tarihi ve kültürel miraslar su altında kalabilir.
Termik Santraller	* Asidik kirleticiler ve asit yağmurları nedeniyle toprak ve suyun ph değeri azalmakta, ağaçlar yaprak açamadığından kurumakta ve flora zarar görmektedir.	*Yakıtın yanmasıyla meydana gelen ve atmosfere salınan kükürtoksitler, azotoksitler ve karbonoksitler partiküllerden oluşan kirleticiler emisyonlardır ve hava kirliliği, çevre kirliliği, küresel ısınma ve asit yağmurları gibi negatif sonuçları vardır.	* İşletmelerin ekonomik nedenlerle kül stoklarını santrale yakın tutması yakındaki yerleşim yerinin peyzaj değerini bozmakta ve arazinin değerini düşürerek ekonomik kayba yol açmaktadır.
Nükleer Santraller	*Nükleer Santral kazaları, çevreye yayılan radyoaktif atıklarla ekosistemdeki tüm canlıları ve bunlarla teması geçen insanları etkileyerek büyük krizler yaratmaktadır.	* Atmosfere yayılan radyoaktif gazlar bir süre sonra yere inerek ciddi ekolojik sorunlara yol açmakta ve insan sağlığını etkilemektedir.	*Uranyum ve thoryum madencileri ve bu madenlerin kullanıldığı binalarda yaşayanların sağlığı olumsuz etkilenmektedir.
JES	*Sondaj çamuru ve sera gazı emisyonları çevreyi kirliletmektedir.		Jeotermal akışkan içinde yer alan bor minerali tarım sularını kirlileterek tarıma zarar verebilir.
RES	*Görüntü ve ses kirliliği yaratabilir *Kuşların göç yollarını olumsuz etkilemektedir.		* Fiberglas tesisat kurulmazsa haberleşme ve görüntü sinyallerini etkiler.
GES	* Zehirli ısı aktarım akışkanları kullanıldığında sağlığa zarar verebilir.		*Güneş pilleri üretiminde önlemler alınmazsa işçi sağlığı tehlikeye girebilir.

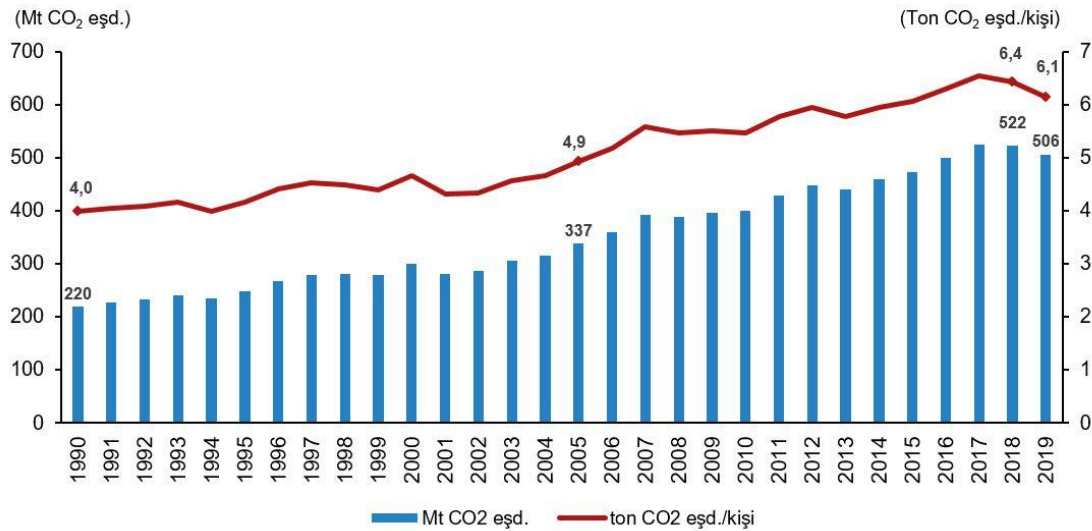
Kaynak: Kadioğlu & Tellioğlu, 1996 (derlenmiştir)

Türkiye’de de enerji arz güvenliği; ithal edilen yakıtın fiyatları, enerjide yenilenebilir kaynak kullanım oranı , CO2 emisyonu, birincil enerji arzı ve kişi başına enerji tüketimi gibi faktörlere bağlıdır. Arz güvenliğinde verimlilik kadar çevre dostu olması da artık bir zorunluluk olduğundan yenilenebilir kaynaklara yönelim elzem görülmektedir (Yılankırkan & Doğan, 2020, s. 79).

Enerji üretim ve tüketimin artışı tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de çevresel problemlere yol açabilmektedir. Enerji tüketiminin çevresel sorunlar yanında iklim etkisi kişi bazı sera gazları emisyonlarının gelişiminde gözlenebilmektedir. 1990’da 4 ton CO2 eşdeğer/kişi olan emisyon 2018 yılında 6,4 ton CO2 eşdeğer/kişiye ulaşmış ve son otuz yılda 2 katı aşkın bir yükselme göstermiştir (Türkyılmaz, Aytaç, & Bayrak, 2020, s. 20). Türkiye’de 2019 yılında 506,1 milyon ton CO2 eşdeğeri olarak hesaplanan sera gazı emisyonları bir önceki yıla göre %3 azalış göstermiştir. Bu emisyonlarda en yüksek pay %72 ile enerji temelli emisyonlar olmuştur. İkinci sırayı %13,4 ile tarım alırken, bunu %11,2 ile endüstriyel işlemler ve %3,4 ile atık sektörü izlemiştir (TÜİK, 2021).

Grafik 2.11. Türkiye’de Sera Gazı Emisyon İstatistikleri (1990-2019)

Toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2019



Kaynak: TÜİK,2021

Tüm dünyada son yıllarda yeşil enerji adı verilen politikalar uygulanmaya başlanmıştır. Bu kapsamda Türkiye’de de yerli, güvenilir, çevre dostu ve verimliliği yüksek enerji temini politika araçlarına yerleşmeye başlamıştır. Nitekim EPDK’nin 2020 yılında yayınladığı “Yeşil Enerji Tarifesi” bu tarz bir enstrümandır. Türkiye’deki yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimini şeffaf ve güvenilir kanıtlara dayandıran bir

mekanizma kurulmasını sağlayan bu uygulama, yenilenebilir enerji sektöründeki gelişmeleri olumlu etkileyecektir. Her şeye karşın, iklim değışikliği ile mücadele boyutunda bu politikaların kurum ve kuruluşlarca da benimsenmesi ve tüketicide yenilenebilir enerji farkındalığı geliştirilmesi de önemini korumaktadır (TSKB, 2020, s. 47).

2.3. Enerji ve Çevre Politikaları

Günümüzde enerji ve çevre politikalarının bir arada yürütülmesi kaçınılmaz bir durumdur. CO₂'nin atmosfere yayılımı sonucunda ikliminin de değışebileceğı iddiası ilk kez İsveçli Arrhenius tarafından 1896 yılında dile getirilmiştir. Buna rağmen emisyonları azaltma bağlamında ilk girişimler için 80 yıl geçmesi gerekmiştir (TSKB, 2020, s. 90). 1960'larla beraber küresel ısınmanın bilimsel verilerle desteklenmesi ve 1973'te yaşanan petrol krizi enerjide güvenlik ve çeşitlilik konularını tartışmaya açmış ve yenilenebilir enerjinin önü açılmaya başlamıştır. Küresel düzlemde çevre sorunlarıyla ilgili temel çalışmalar ise kronolojik olarak şöyledir:

Tablo 6. Küresel Enerji ve Çevre Politikaları

YIL	EYLEM	SONUÇ
1972	Büyümenin sınırları (The Limits to Growth) Raporu	Roma Kulübü adlı strateji geliştirme merkezince yayınlanan raporda, çevre sorunları, yenilenebilir enerji, çevre kirliliği ve gıda erişimi gibi küresel ekonomik sistemin değişkenlerinin karşılıklı ilişki ve etkileri araştırılmıştır.
1972	Birleşmiş Milletler Stockholm İnsan ve Çevre Konferansı	Çevre sorunlarının evrensel boyutları olduğu ve sonuçlarının tüm yerküreyi etkileyeceği kabul edilmiş, bireysel ve ulusal düzeyde çevrenin korunması ve ıslahı için birlikte hareket edilmesi gereği vurgulanmıştır.
1974	Akdeniz Eylem Planı (Barcelona Sözleşmesi)	Stockholm süreci sonunda kurulan UNEP tarafından düzenlenen Akdeniz Eylem Planı kabul edilmiş ve 16 ülke Akdeniz’de sürdürülebilir kalkınma için imza atmıştır.
1979	Birinci Dünya İklim Konferansı	Dünya Meteoroloji Örgütü’nün öncülüğünde düzenlenmiş ve küresel ısınma konusu tüm ülkelerin dikkatine sunulmuştur
1988	Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)	Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından, insan etkinlikleri sonucu yaşanan iklimsel değişikliklerin risklerinin ortaya konması için kurulmuştur.
1990	BM Avrupa Ekonomik Komisyonu Bölgesinde Sürekli ve Dengeli Kalkınmaya İlişkin Bergen Bakanlar Bildirgesi	Üye ülkeler, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, çevreye duyarlı enerji üretimi ve tüketimi amacıyla “Enerji Etkinliği 2000” programını uygulamayı taahhüt etmiştir.
1992	Rio Çevre ve Kalkınma Konferansı	Sürdürülebilir gelişme kavramının derinleştirildiği bu zirvede, sürdürülebilir gelişmenin merkezine insan alınmış ve her bireyin doğayla barışık ve sağlıklı bir yaşam hakkı olduğu vurgulanmıştır.
1994	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin (UNFCCC)	İnsan temelli faaliyetlerden kaynaklanan çevre kirliliğinin iklim üzerindeki etkileri temelinde sera gazı oranlarının düşürülmesi ve bu gazların etkisinin minimize edilmesi kararlaştırılmıştır.
1997	Kyoto Protokolü	Küresel düzeyde ısınma ve iklim değişikliği mücadelesinde CO2 ve diğer beş sera gazı etkisi yaratan gazın salınımı uluslararası düzeyde kabul edilmiştir.
2015	Paris Anlaşması	Küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi döneme göre en fazla 1,5oC ile sınırlanması hedefleyen anlaşma 2020 yılı sonrasına hedef koymaktadır.

Kaynak: TSKB,2020

Türkiye’de 2000’li yıllarla beraber iklim politikalarında bir gelişim olduğu gözlenmektedir. 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine imza atan Türkiye, her yıl TÜİK aracılığıyla sera gazı emisyonlarını bildirmektedir. 2009 Ağustos ayında ise Kyoto Protokolü’ne imza atan Türkiye, protokol gereği herhangi bir emisyon azaltma taahhüdünde bulunmamıştır. Son küresel antlaşma ise 2016 yılında imzaya açılan Paris İklim Anlaşması’na da aynı yıl katılım sağlanmıştır (Talu & Kocaman, 2020, s. 9). Türkiye’de 2000 yılından sonra iklim ve enerji verimliliği amacıyla ortaya konan temel politika ve eylemler şöyle sıralanabilir:

Tablo 7. Türkiye’de İklim ve Yenilenebilir Enerji Politika ve Eylemleri

YIL	POLİTİKA-EYLEM
2007	Enerji Verimliliği Kanunu
2008	Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik
2010	İklim Değişikliği Stratejisi
2011	İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı
2012	Ulusal Enerji Verimliliği Strateji Belgesi
2013	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi Ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik
2014	10. Kalkınma Planı
2014	Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik
2018	Enerji Verimliliği Eylem Planı
2018	Kamu İdarelerinin Enerji Performans Sözleşmesi Yapmasına İmkân Veren Torba Kanun
2019	11. Kalkınma Planı
2020	Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
2020	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Planı (2019-2023)

Kaynak: TSKB,(2020) ; Türkyılmaz vd., (2020)

Türkiye, enerji güvenliğini temel alan politikasında önceliği enerji verimliliğine ayırmaktadır. 2017-2023 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı kapsamında birincil enerji tüketiminin konut ve hizmet sektörü, ulaşım, sanayi, tarım ve teknolojide %14 azaltmak hedeflenmiştir. 2020 yılı sonunda 10,9 milyar USD tasarruf sağlanırken, hedeflenen 23,9 MTEP hedefi için mevzuattaki gecikmelerin ve uygulamadaki aksaklıkların giderilmesi gerekmektedir. ETKB bünyesinde kurulan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı Yönlendirme ve Koordinasyon Kurulu bu amaca hizmet etmektedir. Yine binalarda enerji verimliliği kapsamında 16 Ağustos 2019 tarihli Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununa göre atanan enerji yöneticilerinin bulunduğu kamu binalarının, kamu kaynaklarının verimli kullanılması ve yükün azaltılması amacıyla 2023 yılına kadar % 15 oranında enerji tasarrufu sağlaması beklenmektedir (IEA, Turkey 2021 Analysis, 2021).

2.4. COVID-19 Salgınının Enerji Sektörüne Etkileri

Aralık 2019’da Çin’de başlayıp küresel bir salgına yol açan COVID-19, sosyal, eğitsel, psikolojik etkileri yanında küresel ekonomide de büyük etkiler yaratmıştır. Sosyo-ekonomik hayatta yaşanan kısıtlamalar ve getirilen yasaklar sonucu ekonominin her sektörü durumdan etkilenmiştir. Sosyal mekanların kısmi ya da tam kapanması, sokağa çıkma kısıtları, okulların kapatılması, bir çok işletmenin süresiz kapatılması ve halka açık toplantı ve faaliyetlere izin verilmemesi büyük bir ekonomik girdaba da yol açmıştır.

Dünya ölçeğinde, GSMH'nin neredeyse %60'ını oluşturan 4,2 milyar kişi, tam veya kısmi sosyal izolasyona tabi kılınırken, dünyada bu kısıtlamalardan etkilenmeyen neredeyse kimse kalmamıştır (dünyaenerji.org.tr(a), 2020)

IEA, “Küresel Enerji Görünümü 2021” adlı raporunda COVID-19 öncesi ve sonrasında yaşanan gelişmeler ve olası gelişmeleri şöyle özetlemektedir: (IEA, 2021)

- ✓ Üçüncü dalgası görülen salgının küresel enerji talebine etkisi devam etmektedir. Ancak hükümetlerin teşvik paketleri ve aşıların yaygınlaşması ile kriz aşılmaya başlamıştır. Küresel GSYH’nin 2021 sonunda %6 artarak salgının başladığı 2019 yılına göre %2 artması öngörülmektedir.
- ✓ Gelişmekte olan ülkelerdeki enerji pazarında, enerji talebinin 2019 düzeyinden %3,4 artması beklenmektedir. 2021 yılında %4,6 artması beklenen küresel enerji talebinde, bu artışın %70’i gelişmekte olan ülkeler kaynaklı olacaktır. Bu artışla 2020 yılında yaşanan %4’lük daralma telafi edilebilecektir. Öte yandan gelişmiş ülkelerde bu trend daha durağan

seyretmektedir. 2021 yılı sonunda gelişmiş ülkelerin enerji talebinin 2019'a göre %3 düzeyinde daha az olması beklenmektedir.

- ✓ Fosil yakıtlara ve özellikle kömüre talepte patlama beklenmektedir. Sadece kömürde talep artışı %60'lara varmak üzeredir ve bu emisyonların %5 artışı anlamına gelmektedir. 2020'deki düşüşü %80 oranında azaltacak bu gelişme ile CO2 emisyonları 2019 düzeyine erişemese de, bugüne kadar ki en büyük ikinci yıllık artışa erişecektir.
- ✓ Küresel petrol talebi de artmaktadır. Ancak 2021 beklentisi olan yıllık %6,2 artış, 2019 seviyesinden %3 aşağıdadır. Karayollarında enerji kullanımı, yıl sonunda COVID öncesi seviyelere erişim mümkün görünmemektedir. Havayolu taşımacılığında ise 2019 seviyesinin %30 altında petrol talebi öngörülmektedir.
- ✓ 2021'de küresel kömür talebinin %4,5 artışla 2019 seviyelerini aşması beklenmektedir. Özellikle Asya'da kömüre dayalı üretimdeki hızlı artış, sektördeki büyümenin %80 Asya kaynaklı olmasını sağlamıştır. Sadece Çin'in sektördeki büyümenin yarısını üstlendiği görülmektedir.
- ✓ Doğal gaz talebi ve üretimi de 2019 yılına göre en büyük gelişimi göstermektedir. Asya, Orta Doğu ve Rusya'da artan talebin etkisiyle sektörde %3,2 büyüme beklenmektedir. Bu da 2019 seviyesinin %1 üstüne çıkılacağı anlamına gelmektedir.
- ✓ Küresel elektrik talebi son 10 yılın en hızlı büyümesine doğru ilerlemektedir. 2021'de küresel talebin %4,5 veya 1000 TWh civarında artması öngörülmektedir. Bu artış da yine gelişmekte olan ülkelere kaynaklanmaktadır ve yine Çin tek başına küresel büyümenin yarısına kaynaklık etmektedir.
- ✓ COVID-19'un enerjideki en büyük başarı öyküsü yenilenebilir enerji alanındadır. Yenilenebilir kaynaklara olan talep 2020'de %3 artarken, 2021 yılı sonunda 8300 TWh'e ulaşarak %8 artması öngörülmektedir. Özellikle güneş ve rüzgar enerjisi talebiyle, 2019 yılında üretilen küresel elektrik enerjisinin %27'si yenilenebilir kaynaklardan sağlanırken, 2021'de bu oran %30'a çıkmıştır. Rüzgar santrallerinden üretilen elektrikte %17, güneş santralleri ile elde edilen elektrikte ise %18 büyüme sağlanmıştır. Bu da elektrikteki küresel büyümenin yarısının yenilenebilir kaynaklardan kaynaklandığı anlamına gelmektedir.

2.5. Türkiye’de Enerjinin 2023 Projeksiyonu

Yıllık ithalatının neredeyse %25’ini enerjinin oluşturduğu Türkiye, bununla enerji ihtiyacının %75’ini karşılamaktadır. Fosil yakıtlar konusunda fakir olan Türkiye uzun süre alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarından da yararlanamamıştır. Son yıllardaki uygulamalar hem yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemek, hem de enerji verimliliğini sağlamak üzere kurgulanmıştır. Enerjideki ulusal kendine yeterlik bugün bir ulusun bağımsızlığına bile etki eder bir unsur kabul edilmektedir. Bu çerçevede 2023 vizyonunda Türkiye, sürdürülebilir kalkınmada enerjide kendine yeterliliği temel almıştır. Bu çerçevede nüfus artışı ve yükselen yaşam standartları, sanayi hamleleri gibi faktörlerle sürekli büyüyen enerji talebimiz için üretim, tüketim, dağıtım ve hangi kaynaklardan yararlanılacağı konularının planlanması büyük önem arz etmektedir. (Yılankırkan & Doğan, 2020, s. 78-80).

Türkiye, enerji politikalarını arz güvenliği ve kendine yetebilme üzerinde şekillendirmekte ve yerli-milli enerji politikası uygulamaktadır. 2023 hedefleri doğrultusunda bazı alanlarda oldukça başarılı bir gelişim gösteren Türkiye, yerli kömür, yenilenebilir enerji, nükleer güç, petrol-doğal gaz arama faaliyetleri ve boru hattı projeleri ile kaynaklarda çeşitlilik, güçlü altyapılar ve özellikle enerji verimliliği boyutunda talebin etkin yönetimi stratejilerini kullanmaktadır (Kavaz, 2019, s. 2)

Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı ve ETKB 2019-2023 Stratejik Planlarında belirlenen hedeflerin tamamına ulaşılamadığı gözlenmektedir. 2019 yılında hedeflerin %4,5 altında seyreden kurulu güç kapasiteleri COVID-19 pandemisinin de etkisiyle hedeften daha da sapmış durumdadır. Ulusal Eylem Planında 61.000 MW, Stratejik Planda ise 56.804 MW olarak planlanan kurulu güç kapasitesi 2019 yılında 44.406 MW olarak gerçekleşmiştir. 2023 projeksiyonunun gerçekleşmesi için Ulusal Eylem Planına göre %37,4 ve ETKB Stratejik Planına göre ise %28 kapasite artışı gerekmektedir (Türkyılmaz vd., 2020, s. 47).

Sektörde hedeflere ulaşılamamasının pek çok nedeni olmakla beraber küresel ve ulusal finansal koşulların en önemli etken olduğu söylenebilir. Finansal sıkılaşma ve arz-talep dengesizliği bu alandaki yatırımlara sekte vurmaktadır. Küresel büyümenin pandemi etkisiyle duruşu ve jeopolitik riskler de sektörün gelişimini kısıtlayan makro göstergelerdir (KPMG, 2020, s. 27).

Jeopolitik açıdan fosil enerji kaynaklarına sahip ülkelere komşu olan Türkiye, ne yazık ki bu kaynaklar açısından zengin değildir ve bu da dışa bağımlılığı arttırmaktadır. Yine kendi kaynaklarını kullanarak elektrik üretmede de hala fosil yakıtlara ihtiyaç duyulması nedeniyle gerçekçi politika ve eylemler gerekmektedir. Türkiye enerji hedeflerini seçerken bazı öncelikler belirlemiştir. Bunlar enerjinin maliyet, zaman ve miktar olarak yeterli bir şekilde tüketiciye arzı, kamu-özel işbirliği modeline dayalı serbest piyasa uygulamaları, enerjide boru hatları ve sondaj çalışmaları ile bölgede ve uluslararası alanda etkinliğin artırılması, kaynak çeşitliliği ve teknoloji kullanılarak dışa bağımlılığın azaltılması, enerji verimliliği ve çevresel zararları minimize etme ve en önemlisi yenilenebilir enerji kaynaklarından azami yararlanma olarak sıralanabilir (İncekara, 2019, s. 304-305).

Özellikle yenilenebilir enerji politikası sonuçlarıyla yüz güldürmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi son 10 yılda büyük bir artış ivmesi yakalamış ve 2021 yılında kurulu gücün %52'si yenilenebilir enerji kaynaklarından beslenir duruma gelmiştir. Bu çarpıcı büyüme Türkiye'yi Avrupa'da 5. , dünyada ise 12. sıraya kadar yükseltmiştir (MFA, 2021).

Türkiye, 11. Kalkınma Planı (2019-2023) kapsamında belirlenen yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi hedefi olan %38,8'i şimdiden aşmış olsa da, güneş ve rüzgar santralleri ile yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi teşvik edilmeye devam etmektedir. 2005 yılında devreye alınan Yenilenebilir Enerji Destek Mekanizması (YEKDEM) uzun süredir yenilenebilir enerjiyi teşvik etmektedir. Bu oluşum 2021 Haziran ayında resmen sona erecek olsa da, Türkiye bu mekanizmayı sürdürme amacındadır. Yine 2016 yılında yenilenebilir enerji üretimi için uygun görülen bölgelerdeki daha büyük ölçekli projeler için bir ihale süreci olarak başlatılan, Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) da başarıyla varlığını sürdürecektir gibi görünmektedir (IEA, Turkey 2021 Analysis, 2021).

IEA'nın (2021) Türkiye için hazırladığı raporda 2023 hedefleri için politika yapıcılarının sunduğu öneriler şunlardır:

- ✓ Enerji piyasası destek mekanizmalarının kademeli olarak azaltılması ve sistem maliyetlerini düşük tutmak için EÜAŞ tarafından elektrik üretiminin önemli bir kısmının satın alınmasının zorunlu kılınması,
- ✓ Elektrikli araçların teşvikini içerecek şekilde, ulaşım sektöründe talebin azaltılması ve yakıt değiştirme politikalarının güçlendirilmesi,

- ✓ BOTAŞ'ın egemen pozisyonunun azaltılması ve Türkiye gaz piyasasında artan rekabetin desteklenmesi,
- ✓ Teknoloji başına maksimum potansiyeli hesaba katan yenilenebilir enerjilerin geliştirilmesi için uzun vadeli hedefler belirlenmesi,
- ✓ Orta ve uzun vadeli emisyon azaltma ve hava kirliliği hedeflerinin, sürdürülebilir bir enerji politikası içinde yeniden belirlenmesi

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Literatürde Enerji Sektörü

3.1. Ekonomide Büyüme Kavramı ve Bir Bileşen Olarak Enerji ile İlişkisi

Ekonomik büyüme, genel olarak bir ülke içinde belirli bir periyotta nihai ürün çıktılarında ortaya çıkan artış olarak tanımlanmaktadır (Ersoy, 2010, s. 2). Bu tanım milli gelirle büyümenin de doğrusal ilişki içinde olduğu anlamı taşır. Yani ekonomik büyüme milli gelirdeki artışı da ifade etmektedir (Bulut, 2020, s. 47). Sanayi Devrimi sonrası yaşanan baş döndürücü gelişmelerin temelinde yer alan enerji, birçok iktisat teorisine de konu olmuştur. Zira insanlığın son üç yüz yılında yaşanan sanayileşme, kentleşme ve ekonomik büyüme olgularının merkezinde enerji kullanımı bulunmaktadır. Dünyayı saran bu olgular nedeniyle modern dünyada enerjiye erişim ve enerji tüketimi vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir.

Günümüzde enerji kaynak rezervlerine sahip olsun olmasın her ülke, kalkınma ve büyümede enerji gereksinimine ihtiyaç duymaktadır. Enerji kaynaklarına sahip olmak başlı başına ekonomik büyüme ve kalkınmada yeterli olmamaktadır. Zira bu kaynakların enerji üretecek forma dönüştürülmesi gerekmektedir ve bu da teknoloji, emek, bilgi, sermaye gibi üretim faktörlerini de süreçte önemli aktörlere dönüştürmektedir. Ancak bu sektörlerin gelişimi yoluyla sürekli, güvenli, ucuz ve verimli enerji üretilmektedir.

Sanayi devrimi seri ve kitlesel üretim modelinin gelişmesini sağlarken, bu modelin devamı için de küresel bir enerji talebinin tetikleyicisi olmuştur. Büyük kitlesel yıkımlar sonrası sosyal devlet modellerine dayalı bir büyüme ve kalkınma hamlesine başlanan II. Dünya Savaşı sonrasında enerji talebi ve ihtiyacı hızlı bir gelişim göstermiştir. Bu enerji yoğun gelişme modelleri ile sanayileşme hız kazanırken insanlık ilk kez küresel düzeyde iklim değişiklikleri, ekosistem tahribatları ve benzer çevresel problemleri de deneyimlemeye başlamıştır. Hem çevresel etkileri, hem de 1970’lerde yaşanan petrol krizleri sonrası, enerji konusu ekonomik bir unsur olarak literatürde yer almaya başlamıştır (Ersoy, 2010, s. 2).

Ekonomik büyüme ve enerji ilişkisinde teorik düzeyde iki karşıt görüş bulunmaktadır. Enerjinin büyüme üzerinde etkisi olduğunu savunan görüş, tüm üretim faktörlerinin verimliliğinin ve etkinliğinin enerjiye dayalı olduğunu ve bu bağlamda enerji tüketiminin büyümenin en önemli göstergesi olduğunu savunmaktadır. Doğal kaynaklar olmadan da büyümenin gerçekleşebileceğini savunan Klasik ve Neoklasik ekonomi okulları ise enerji-ekonomik büyüme ilişkisinde enerjinin bir etkisi olmadığını

savunurlar. Bu okulların bazı görüş ayrılıklarına rağmen enerjiyi üretim faktörleri arasında kabul etmediği görülmektedir (Bulut, 2020, s. 48).

Klasik ekonomi ekolünde toprak, doğal kaynak ya da hammadde olarak görülen enerjinin, Neoklasik yaklaşımda bir ara girdi olarak yine üretim fonksiyonları içinde kabul edilmediği görülmektedir. Çevre sorunlarının baş göstermesi ile beraber Neoklasik okulda 1970’li yıllarla beraber çevre ekonomisi ve doğal kaynaklar ekonomisi gibi iki alt disiplin ortaya çıkmıştır. Ancak bu disiplinler de enerjiyi bir üretim faktörü olarak görmemiş, daha çok kaynakların çevresel tahribatı engelleyerek nasıl kullanılacağı üzerine çalışmışlardır. Bir üretim faktörü olarak enerji, ancak 1980’lerde Ekolojist İktisat Ekolü ile literatürde yer bulmuştur. Bu ekol, klasik emek-sermaye girdisine dayalı büyüme modellerini reddederek, emek-sermaye girdisinin sadece küresel bir ekosistemin alt bileşenleri olabileceğini savunmuştur. Ekolojist ekonomistlere göre küresel bazda tek enerji kaynağı güneştir. Bu global ekosistemde güneş enerjisi direkt ya da endirekt kullanılmakta ve enerji üretiminde tek birincil faktörü oluşturmaktadır (Usta & Berber, 2017, s. 174).

Enerji krizinin yaşandığı 70’li yıllar, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi ilişkisinin ampirik olarak incelenmeye başladığı yıllar olmuştur. 1978 yılında ABD ekonomisi temelinde Kraft ve Kraft tarafından başlatılan söz konusu çalışmalar giderek makro boyut kazanmıştır. Bu ampirik faaliyetlerde sınanan hipotezler ise şöyle sıralanmaktadır (Usta & Berber, 2017, s. 175):

a) Büyüme hipotezi: Enerji tüketimindeki artışın reel milli gelirden artışa neden olduğunu varsayan hipotezdir. Bu hipotezde enerjiye yönelik kısıtlamaların büyümede olumsuz etki yaratacağı varsayılmaktadır. Bu nedenle nedensellik ilişkisi enerjiden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir ilişkidir.

b) Tasarruf (Koruma) hipotezi: Büyüme hipotezi gibi tek yönlü bir nedensellik içermekle beraber bu hipotez, enerjiden büyümeye değil, büyümeden enerjiye bir bağlantı kurar. Buna göre milli gelir arttıkça enerji tüketimi de artacaktır.

c) Nötr (Tarafsızlık) Hipotezi: Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında bir nedensel ilişki olmadığına dayanan bu hipoteze göre enerji politikalarının genişletici ya da daraltıcı olmasının ekonomik büyümeye bir etkisi yoktur. Zira enerji, milli gelirin çok küçük bir bölümünü oluşturmaktadır.

d) Geri Besleme Hipotezi: Ekonomik büyüme ile enerji arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisi olduğunu savunan bu hipoteze göre, milli gelir enerji tüketimini arttırmakta, enerji tüketiminin artışı da ekonomik büyümeyi beslemektedir.

Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ilişkisini ortaya koymaya dönük olarak Türkiye’de de, 1980’lerde ortaya çıkan problemlerde enerjinin rolünün fark edilmesi sonrası pek çok çalışma yapılmıştır. Dünyada olduğu gibi farklı ekonometrik yöntemler, değişkenler ve zaman dilimlerinin kullanımı nedeniyle oldukça farklı sonuçlara ulaşıldığı gözlenmektedir.

3.2. Literatür Taraması

Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi ilişkisini içeren araştırmalar incelendiğinde makro ve mikro düzeyde farklı çalışmalara rastlandığı gibi, sektörel düzeyde tek ve çoklu sektör araştırmalarına da ulaşılabilmektedir. Çok farklı değişkenlerin farklı ekonometrik yöntemlerle incelendiği çalışmalarda oldukça farklı sonuçlara ulaşılmasında farklı coğrafyalar ve zaman aralıklarının kullanılmasının da payı olduğu düşünülmektedir.

Literatürde bu konuda öncü sayılabilecek ilk çalışma 1978 yılında Kraft&Kraft tarafından yayınlanmıştır. 1947-1974 dönemini inceleyen bu çalışmada ABD ekonomisi özelinde büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensel ilişki tespit edilmiştir. 1980’ler sonrası yine ABD ekonomisi özelinde Akarca ve Long (1980), Yu ve Choi (1985), Erol ve Yu (1987) çalışmalarında milli gelir ve enerji tüketimi arasında bir nedensel ilişki tespit edememiştir (Özata, 2010, s. 104).

Sektörler bazında enerji tüketimi ile büyüme korelasyonu ile ilgili öncü çalışma olarak Zachariadis'in 2007 tarihli çalışması gösterilebilir. ABD, Almanya, İngiltere, Fransa ve Japonya’da birçok sektör ve değişkenin ele alındığı çalışmada ARDL, VECM modeli ve Toda-Yamamoto testi uygulanmıştır. Sonuç, modeller ve ülkeler bazında farklı çıkmıştır (Usta & Berber, 2017, s. 175).

Dünyada ve Türkiye’de enerji tüketimi (genel ya da sektörel) ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen ve literatürde tespit edilen çalışmalar Tablo 8 ve 9’da verilmiştir:

Tablo 8. Enerji Tüketimi/Sektörel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini Zaman Serisi Yöntemiyle İnceleyen Çalışmalar

Yazar(lar)-Çalışma Yılı	Zaman Aralığı	Ülke	Ekonometrik Yöntem	Sonuç	Doğrulan Hipotez
Terzi (1998)	1950-1991	Türkiye	Granger Nedensellik Testi	Sanayi: $E \leftrightarrow B$ Ticari elektrik kullanımı: $E \leftrightarrow B$	Geri besleme Hipotezi
Altınay ve Karagöl (2004)	1950-2000	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \leftrightarrow B$	Nötr Hipotezi
Wolde-Rufael- -2004	1952-1999	Çin	Granger Nedensellik	Sanayi sektörü $E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Sarı ve Soytaş (2004)	1969-1999	Türkiye	Varyans Ayırıştırma	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Jumbe-2004	1970-1999	Türkiye	ADF Birim Kök Testi, PP Testi, Granger Nedensellik Testi	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Altınay ve Karagöl (2005)	1950-2000	Türkiye	VAR Analizi	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Ulusoy (2006)	-	Türkiye	Granger Nedensellik	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Şengül ve Tuncer (2006)	1960-2000	Türkiye	VAR Analizi	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Soytaş ve Sarı (2007)	1960-2000	Türkiye	Toda-Yamamoto Nedensellik Testi	$E \leftrightarrow B$	Nötr Hipotezi
Jobert ve Karanfil (2007)	1960-2003	Türkiye	Granger Nedensellik Johansen Eşbütünleşme Testi	$E \leftrightarrow B$	Nötr Hipotezi
Soytaş ve Sarı (2007)	1968-2002	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Erbaykal (2007)	1970-2003	Türkiye	ARDL sınır testi	$E \leftrightarrow B$ (kısa d.) $E \leftrightarrow B$ (uzun d.)	Geri Besleme ve Nötr Hipotezi
Lise ve Montfort (2007)	1970-2003	Türkiye	Granger Nedensellik	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul (2007)	1974-2004	Türkiye	ARDL sınır testi	Elektirik Tüketimi $E \leftrightarrow B$ (kısa d.) $E \leftrightarrow B$ (uzun d.)	Geri Besleme ve Nötr Hipotezi

Aktaş ve Yılmaz (2008)	1970 -2004	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \leftrightarrow B$ Kısa Dön. $B \rightarrow E$ Uzun Dön.	Geri Besleme ve Tasarruf Hipotezi
Karanfil (2008)	1970-2005	Türkiye	Granger Nedensellik	$B \rightarrow E$ $E \leftrightarrow B$	Tasarruf ve Nötr Hipotezi
Erdal vd. (2008)	1970-2006	Türkiye	Pair-Wise Granger Nedensellik	$E \leftrightarrow B$	Geri Besleme Hipotezi
Kar ve Kınık (2008)	1975-2005	Türkiye	Vektör Hata Düzeltme (VECM)	$E \rightarrow B$ $E \leftrightarrow B$	Büyüme ve geri besleme Hipotezi
Bowden ve Payne (2009)	1949-2006	ABD	Toda ve Yamamoto Nedensellik Testi	Ulaştırma Sektörü: $E \leftrightarrow B$ Ticaret ve Konut Sektörü: $E \leftrightarrow B$ Sanayi Sektörü: $E \rightarrow B$	Büyüme, Geri besleme ve Nötr Hipotezi
Mucuk ve Uysal (2009)	1960-2006	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \leftrightarrow B$	Geri Besleme Hipotezi
Ziramba (2009)	1980-2005	Güney Afrika	ARDL sınır testi Granger Nedensellik Testi Toda Yamamoto Nedensellik Testi	$E \leftrightarrow B$	Geri besleme Hipotezi
Jamil ve Ahmad (2010)	1960-2008	Pakistan	VECM	Toplam elektrik $B \rightarrow E$ Ticaret elektrik $B \rightarrow E$ Konut elektrik $B \rightarrow E$ Tarım $E \leftrightarrow B$	Tasarruf ve Geri Besleme Hipotezi
Özata (2010)	1970-2008	Türkiye	Granger Nedensellik Testi	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Aydın (2010)	1996-2004	Türkiye	Sıradan EKK (OLS)	$E \leftrightarrow B$	Geri Besleme Hipotezi
Aytaç (2010)	1975-2006	Türkiye	VAr Analizi Granger Nedensellik	$E \leftrightarrow B$	Nötr Hipotezi
Kapusuzoğlu ve Karan (2010)	1975-2006	Türkiye	Granger Nedensellik	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi

Chang-Lang vd. (2010)	1982-2008	Tayvan	Granger Nedensellik Testi	Toplam elektrik $E \leftrightarrow B$ Sanayi elektrik $E \leftrightarrow B$ Konut elektrik $E \leftrightarrow B$	Geri Besleme ve Nötr Hipotezi
Polat vd. (2011)	1950-2006	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \rightarrow B$ (Uzun D.)	Büyüme Hipotezi
Yanar ve Kerimoğlu (2011)	1975-2009	Türkiye	VAr Analizi	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Öksüzler ve ipek (2011)	1987:1-2010:9	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Ertuğrul (2011)	1998:1-2011:3	Türkiye	Kalman Filtresi	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Korkmaz ve Develi (2012)	1960-2009	Türkiye	Granger Nedensellik Testi	$E \leftrightarrow B$	Geri besleme Hipotezi
Gross (2012)	1970-2007	ABD	ARDL sınır testi Granger Nedensellik Testi	$E \leftrightarrow B$ (kısa d.) Taşımacılık sektörü $E \leftrightarrow B$ Ticaret sektörü $B \rightarrow E$ Sanayi sektörü $E \rightarrow B$	Geri Besleme, Tasarruf ve Büyüme Hipotezi
Uzunöz ve Akçay (2012)	1970-2010	Türkiye	Granger Nedensellik	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Çetin ve Şeker (2012)	1970-2012	Türkiye	Toda-Yamamoto Nedensellik	$E \leftrightarrow B$ (Uzun D.)	Geri Besleme Hipotezi
Zhang ve Xu (2012)	1995-2008	Çin	Panel Veri Analizi	Genel $E \leftrightarrow B$ Sanayi Sektörü: $E \leftrightarrow B$ (uzun d.) $E \rightarrow B$ (kısa d.) Hizmet sektörü: $E \rightarrow B$ (kısa d.) $E \leftrightarrow B$ (uzun d.) Tarım sektörü: $B \rightarrow E$ Taşımacılık sektörü: $E \leftrightarrow B$	Geri Besleme, Tasarruf, Büyüme, Nötr Hipotezi
Saatçi ve Dumrul (2013)	1960-2008	Türkiye	FMOLS ve DOLS yöntemi	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Akpolat ve Altıntaş (2013)	1961-2010	Türkiye	Johansen Eşbütünleşme Testi	$E \leftrightarrow B$	Geri Besleme Hipotezi
Altıntaş (2013)	1970-2008	Türkiye	ArDL Sınır Testi, VECM ve TYDL Nedensellik	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi

Şahbaz ve Yanar (2013)	1970-2010	Türkiye	Toda-Yamamoto Nedensellik	$B \rightarrow E$ $E \leftrightarrow B$	Tasarruf ve Nötr Hipotezi
Tang ve Shahbaz (2013)	1972-2010	Pakistan	TYDL Granger nedensellik testi	Toplam Elektrik $E \rightarrow B$ İmalat Sektörü $E \leftrightarrow B$ Hizmetler Sektörü $E \rightarrow B$ Tarım sektörü $E \leftrightarrow B$	Büyüme, Geri besleme, Nötr Hipotezi
Uzun (2013)	1980-2010	Türkiye	VECM	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Çağıl vd. (2013)	1989-2010	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Altıntaş ve Koçbulut (2014)	1960-2011	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Bayar (2014)	1961-2012	Türkiye	Toda-Yamamoto Nedensellik	$E \leftrightarrow B$	Geri Besleme Hipotezi
Erdoğan ve Gürbüz (2014)	1970-2009	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \leftrightarrow B$	Nötr Hipotezi
Topallı ve Alagöz (2014)	1970-2009	Türkiye	Toda-Yamamoto Nedensellik	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Şanlı ve Tuna (2014)	1980-2011	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \leftrightarrow B$	Nötr Hipotezi
Lebe ve Akbaş (2015)	1960-2012	Türkiye	FMOLS, DOLS VE SVAR modeli etki-tepki analizleri	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Uçak ve Usupbeyli (2015)	1971-2023	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \leftrightarrow B$	Nötr Hipotezi
Husaini ve Lean (2015)	1978-2011	Malezya	Granger Nedensellik Testi	İmalat sektörü $B \rightarrow E$ (uzun d.) $E \rightarrow B$ (kısa d.)	Tasarruf ve Büyüme Hipotezi
Tatlı (2015)	1981-2013	Türkiye	ARDL sınır testi	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Sancar ve Polat (2015)	1984-2011	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Dineri ve Bazarova (2015)	1985-2014	Türkmenistan	Johansen Eşbütünleşme Granger Nedensellik	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Korkmaz ve Güngör (2016)	1970-2014	Türkiye	Granger Nedensellik	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi

Bernard ve O Kenneth (2016)	1990-2013	Nijerya	Granger Nedensellik Testi	Konut sektörü $E \rightarrow B$	Büyüme
Şimşek (2016)	1990-2014	Türkiye	ARDL sınır testi	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Yanardağ (2016)	1998-2012	Türkiye	Johansen Eşbütünleşme Testi	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Usta (2016)	2004-2011	Türkiye	Panel Veri Analizi	$E \leftrightarrow B$	Geri Besleme Hipotezi
Savaş ve Durgun (2016)	1980-2010	Türkiye	Granger Nedensellik	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi
Usta ve Berber-2017	1970-2012	Türkiye	Toda-Yamamoto Nedensellik Test ADF ve PP Birim Kök Test	Ulaştırma ve Sanayi Sektörü: $E \leftrightarrow B$ Tarım ve Konut Sektörü: $E \leftrightarrow B$	Geri Besleme ve Nötr Hipotezi
Kızılkaya (2018)	1960-2015	Türkiye	ADF birim kök testi	$E \leftrightarrow B$	Nötr Hipotezi
Hanifi ve Özen (2018)	1972-2015	Türkiye	Yatay Kesit Bağımlılığı (CD Test) Heterojen Panel Nedensellik Testi	Tarım Sektörü: $E \rightarrow B$ Sanayi Sektörü: $E \leftrightarrow B$ Hizmetler Sektörü: $E \leftrightarrow B$	Büyüme, Nötr, geri Besleme Hipotezi
Uyğun ve Günay (2018)	1975-2016	Türkiye	ADF ve PP testleri Granger Nedensellik Toda Yamamoto Nedensellik Testi	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi Hipotezi
Aydın (2020)	1965-2017	Türkiye	Toda Yamamoto Nedensellik Testi Breitung ve Candelon nedensellik testi	Zaman yönünden $E \leftrightarrow B$ Frekans yönünden $E \rightarrow B$	Nötr ve Büyüme Hipotezi
Aslan (2020)	1965-2019	Türkiye	Toda Yamamoto Nedensellik Testi ARDL sınır testi	$E \leftrightarrow B$	Nötr hipotezi
Bulut (2020)			EKKY, FMOLS, DOLS ve CCR Granger Nedensellik Testleri	Tarım $E \rightarrow B$	Büyüme hipotezi
Arslan vd. (2021)	1980-2015	Türkiye	VAR analizi ADF Birim Kök Testi Granger Nedensellik Testi	$E \leftrightarrow B$	Nötr hipotezi
Tayyar (2021)	1990 - 2017	Türkiye	VECM Nedensellik Johansen-Juselius eşbütünleşme testi	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi

Tablo 9. Enerji Tüketimi/Sektörel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini Panel Veri Yöntemiyle İnceleyen Çalışmalar

Yazar(lar)-Çalışma Yılı	Zaman Aralığı	Ülkeler	Ekonometrik Yöntem	Sonuç	Doğrulan Hipotez
Constantini ve Martini (2010)	1960-2005	26 OECD üyesi ve 45 OECD üyesi olmayan ülke	Panel Veri Analizi	Sanayi ve Ulaşım Sektörü $B \rightarrow E$ (Kısa D) Konut sektörü $E \leftrightarrow B$ Hizmet Sektörü $E \leftrightarrow B$ (Kısa D.)	Tasarruf, Nötr ve Geri besleme Hipotezi
Altıntaş ve Mercan (2015)	1980-2011	G-11 ülkeleri	Panel eşbütünleme testi Granger testi	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Öncel ve diğerleri (2017)	1991-2005	22 OECD ülkesi	Panel nedensellik analizi	$E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Tuğcu ve Topcu (2018)	1980-2014	G7 ülkeleri	Asimetrik nedensellik yöntem	$E \leftrightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Syzdykova (2018)	1991-2016	Orta Asya ülkeleri	Panel nedensellik analizi	$E \leftrightarrow B$	Geri Besleme Hipotezi
Karhan (2019)	1994-2015	19 Avrupa Ülkesi	Rolling Windows Granger Nedensellik	Farklı zaman dilimlerinde nedenselliğin yönü değişmektedir.	Büyüme ve Tasarruf Hipotezi
Dineri ve Çayır (2020)	1988-2017	AB-15 ve Türkiye	Augmented Mean Group (AMG) katsayı tahmincisi Dumitrescu ve Hurlin Panel Nedensellik testi	$E \leftrightarrow B$	Geri Besleme Hipotezi
Recepoglu vd. (2020)	2004-2014	Türkiye (81 İl düzeyinde)	Westerlund panel eşbütünleşme Granger panel nedensellik	$E \leftrightarrow B$	Geri Besleme Hipotezi
Koç (2020)	2010-2016	132 ülke	Panel veri analizi	Hizmetler, ulaşım, tarım ve sanayi sektörleri $E \rightarrow B$	Büyüme Hipotezi
Çayın (2021)	1993-2014	Dünya Bankası verilerine göre üst orta grupta yer alan 27 ülke	IPS ve Choi Birim Kök testi Pedroni Eşbütünleşme Testi Dumitrescu ve Hurlin Panel Nedensellik testi	$B \rightarrow E$	Tasarruf Hipotezi

Farklı yöntem ve tekniklerin, farklı zaman dilimleri ve coğrafyaların incelendiği yukarıdaki tablolara bakıldığında, literatürde konuyla ilgili bir uzlaşma olmadığı görülmektedir. Dünya literatüründe Zhang ve Xu (2012)'nin Çin, Bowden ve Payne (2009)'in ABD, Jamil ve Ahmad (2010)'in Pakistan, Chang-Lang vd. (2010)'in Tayvan, Gross(2012)'un ABD, Tang ve Shahbaz (2013)'in Pakistan, Husaini ve Lean (2015)'in Malezya ve Bernard ve Kenneth (2016)'in Nijerya üzerinde sektörel enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini araştırdıkları görülmektedir. Panel veriler kullanılarak yapılan çalışmalarda ise Constantini ve Martini (2010) OECD ve OECD dışı 71 ülkeyi incelemiş ve Sanayi ve Ulaştırma sektörlerinde büyümeden enerji tüketimine, hizmet sektöründe çift yönlü bir ilişki tespit ederken, konut sektöründe bir nedensellik tespit edememiştir. Çayın (2020) ise 1993-2014 dönemini kapsayan ve üst orta grupta yer alan 27 ülke üzerinde yaptığı çalışmada ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru bir ilişki tespit etmiştir. Koç (2020) ise 132 ülkenin hizmetler, sanayi, tarım ve ulaştırma sektörlerindeki enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiş ve sonuç olarak enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru bir nedensellik tespit etmiştir. Tüm bu çalışmalar daha önce ifade edildiği gibi farklı sonuçlara ulaşmıştır.

Türkiye’de de bu alanda sınırlı sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Türkiye’ye ilişkin bu alandaki ilk çalışma sayılabilecek Terzi (1998)’nin çalışmasında, toplam, sanayi ve ticaret sektöründeki enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkide çift yönlü bir ilişki bulunmuştur. Jobert ve Karanfil (2007)’in çalışmasında değişkenler arasında bir nedensellik tespit edilememiştir. Kar ve Kınık (2008) ise toplam elektrik ve sanayi elektriği tüketiminin büyümeye katkı sağladığı sonucuna ulaşmışlardır. Konut elektriği tüketiminde ise geri besleme hipotezine uygun sonuçlar elde edilmiştir. Şahbaz ve Yanar (2013); sanayi ve mesken sektörleri ile büyüme arasında ilişki tespit edemezken, ulaştırma, tarım ve toplam enerji tüketiminde büyümeden enerji tüketimine yönelik bir ilişki tespit etmişlerdir. Usta ve Berber (2017) ulaştırma ve sanayi sektörlerinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında yine geri besleme hipotezine ulaşmıştır. Öte taraftan konut ve tarım alanında bu ilişki nötr hipotezini işaret etmektedir. Hanifi ve Özen (2018), tarım sektörü özelinde büyüme, sanayi sektörü özelinde nötr ve hizmet sektörü özelinde geri besleme hipotezlerini destekleyecek verilere ulaşmışlardır. Bulut (2020) farklı tekniklerle yaptığı çalışmasında farklı sonuçlar elde etmiştir. EKKY

testlerine göre hizmetler ve tarım ekonomik büyümeye olumlu etki ederken, sanayi ve ulaştırma olumsuz etki etmektedir. FMOLS sonuçlarında ise hizmetler sektörü dışında enerji tüketiminden büyümeye olumlu bir etki görülmüştür. DOLS test sonuçlarına göre ise sanayi sektörü dışında büyümeyi olumlu etkileyen bir sektör yoktur. CCR testine göreyse hizmetler sektörü dışındakiler büyümeyi olumlu etkilemektedir. Granger Nedensellik test sonucu ise tarım ve milli gelir arasında nedensellik tespit edilmiştir.

Genel olarak enerjide yüksek tüketim miktarına sahip ülkelerin daha gelişmiş olduğu söylenebilir. Enerji ekonomide tek belirleyici olmasa da oldukça önemli yer işgal etmektedir ve gücünü:

- ✓ Katma değer sağlaması,
- ✓ İhracat ve istihdama katkı sunması
- ✓ Refahı arttırması
- ✓ AR-GE ve altyapıya desteği ve sosyo-ekonomik göstergelere katkısı
- ✓ Sürdürülebilir büyüme ve kalkınmadaki etkisinden almaktadır. (Koç Ü. , 2020, s. 511)

Enerji kaynaklarının eşitsiz dağılımı ve birçok ülkenin kısıtlı kaynağa sahip olması en uygun ve kaliteli enerji kaynaklarına ulaşma ve en iyi şekilde kullanmayı zorunlu hale getirmiştir. Özellikle kalkınma ve büyüme arzusu taşıyan her ülkenin enerji kaynaklarını en verimli şekilde kullanması gerekmektedir. Bu da sektörel düzeyde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini politika yapıcılar açısından önemli kılmaktadır. Çalışmamızın, Türkiye’de bu konu üzerinde sınırlı çalışma bulunması ve daha önceki çalışmaların verilerinin güncellenmesi gerekliliğinden hareketle, literatüre ve ülkedeki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Metodoloji ve Ampirik Sonuçlar

4.1. Metodoloji

Bu çalışmada Türkiye ekonomisinde 1970-2019 döneminde karbon dioksit CO₂ tüketimi¹ (CARBON), toplam nihai enerji tüketimi (TOPLAM), sanayi (SANAYİ), ulaştırma (ULAŞTIRMA) ve diğer (DİĞER) sektörlerin enerji tüketiminin kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla² (GDPPC) üzerindeki etkisi zaman serisi ile incelenmektedir. Değişen varyans sorunu nedeni ile ve ampirik analizlerde parametre tahminleri yapılacağından, tahmin edilecek parametrelerin % cinsinden yorumlanmasını sağlamak için bütün değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır. Karbondioksit tüketimi ve gayrisafi yurtiçi hasıla değişkenleri WB (Dünya Bankası) veri dağıtım sisteminden ve diğer değişkenler WEC (World Energy Council) veri dağıtım sisteminden elde edilmiştir. Ampirik analizlerde sırasıyla tanımlayıcı istatistikler, Genişletilmiş Dickey-Fuller (1981) ve Phillips-Perron (1988) tarafından geliştirilen birim kök, parametre tahmini için gecikmesi dağıtılmış otoregresif model (ARDL) sonuçları yer almaktadır. Araştırmada 3 farklı model kurulmaktadır.

MODEL 1;

$$\ln GDPPC_t = \beta_0 + \beta_{1p} \ln SANAYİ_{t-p} + \beta_{2p} \ln CO2_{t-p} + \beta_{3p} \ln TOPLAM_{t-p} + \beta_4 ECT(-1) + \varepsilon_t$$

MODEL 2;

$$\ln GDPPC_t = \beta_0 + \beta_{1p} \ln ULAŞIM_{t-p} + \beta_{2p} \ln CO2_{t-p} + \beta_{3p} \ln TOPLAM_{t-p} + \beta_4 ECT(-1) + \varepsilon_t$$

MODEL 3;

$$\ln GDPPC_t = \beta_0 + \beta_{1p} \ln DİĞER_{t-p} + \beta_{2p} \ln CO2_{t-p} + \beta_{3p} \ln TOPLAM_{t-p} + \beta_4 ECT(-1) + \varepsilon_t$$

olarak ortaya modellenmektedir.

¹ Karbondioksit emisyonları, fosil yakıtların yakılması ve çimento imalatından kaynaklanan emisyonlardır. Bunlar, katı, sıvı ve gaz yakıtların tüketimi sırasında üretilen karbondioksiti ve gaz yakmayı içerir.

² Kişi başına düşen GSYH, gayri safi yurtiçi hasılanın yıl ortası nüfusa bölümüdür. GSYH, ekonomideki tüm yerleşik üreticiler tarafından eklenen brüt değer artı herhangi bir ürün vergileri ve ürünlerin değerine dahil edilmeyen herhangi bir sübvansiyonun toplamıdır. Üretilen varlıkların amortismanı veya doğal kaynakların tükenmesi ve bozulması için kesinti yapılmadan hesaplanır. Veriler mevcut ABD doları cinsindendir.

Model 1’de β_1 parametresi sanayi sektörü enerji tüketiminin gayrisafi yurtiçi hasıla üzerindeki etkisini, Model 2’de β_1 parametresi ulaşım sektörü enerji tüketiminin gayrisafi yurtiçi hasıla üzerindeki etkisini, Model 3’te β_1 parametresi diğer sektörlerin enerji tüketiminin gayrisafi yurtiçi hasıla üzerindeki etkisini, β_2 parametresi karbondioksit salımının gayrisafi yurtiçi hasıla üzerindeki etkisini, β_2 parametresi karbondioksit salımının gayrisafi yurtiçi hasıla üzerindeki etkisini β_3 parametresi toplam nihai enerji tüketiminin gayrisafi yurtiçi hasıla üzerindeki etkisini ve β_4 modele ait hata düzeltme katsayısını göstermektedir.

Tablo 10. Tanımlayıcı İstatistikler

	TOPLAM	SANAYI	ULASTIRM A	DİGER	CARBON	GDPPC
Ortalama	4.678377	4.189025	3.997223	4.305641	-0.438129	3.494962
Medyan	4.689455	4.226456	4.024832	4.295874	-0.433226	3.473470
Maksimum	5.047860	4.558168	4.453941	4.606110	-0.380133	4.100869
Minimum	4.226360	3.615086	3.506287	3.962185	-0.529968	2.638753
Standart Sapma	0.234942	0.285449	0.257503	0.180004	0.038372	0.417547
Çarpıklık	-0.143717	-0.421039	0.093502	0.013071	-0.435724	-0.122794
Basıklık	1.900632	1.879648	2.124859	2.014931	2.139212	2.028503
Jarque-Bera	2.690058	4.092257	1.668422	2.023010	3.125783	2.091915
Olasılık Değeri	0.260532	0.129234	0.434217	0.363671	0.209529	0.351355

Tablo 10’da yer alan tanımlayıcı istatistiklere göre toplam nihai enerji tüketimi değişkeni en yüksek değerine 2019 yılında ve en düşük değerine ise 1970 yılında, sanayi sektörü enerji tüketim ise en yüksek değerine 2018 yılında ve en düşük değerine ise 1970 yılında, ulaştırma sektörü enerji tüketimi ise en yüksek değerine 2018 yılında ve en düşük değerine ise 1970 yılında, diğer sektörlerin enerji tüketimi ise en yüksek değerine 2019 yılında ve en düşük değerine ise 1970 yılında, karbondioksit (CO_2) tüketimi ise en yüksek değerine 1989 yılında ve en düşük değerine ise 1970 yılında, kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla ise en yüksek değerine 2013 yılında ve en düşük değerine ise 1970 yılında ulaşmıştır. Standart sapma değerleri en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla, sanayi sektörü enerji tüketim, ulaştırma sektörü enerji tüketimi, toplam nihai enerji tüketimi, diğer sektörlerin enerji tüketimi ve karbondioksit (CO_2) tüketimi olarak belirlenmiştir. Kuyruk dağılımını işaret eden çarpıklık katsayısına göre toplam nihai enerji tüketimi, sanayi sektörü enerji tüketimi, karbondioksit (CO_2) tüketimi ve kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla değişkenleri sola çarpık, ulaştırma sektörü enerji tüketimi ve

diğer sektörlerin enerji tüketimi değişkenleri ise sağa çarpıktır. Çan eğrisinin basık, simetrik veya dik olduğunu gösteren basıklık katsayısına göre bütün değişkenlerin dağılımı basık olarak bulunmuştur. Jarque-Bera normallik testinde sıfır hipotezi değişkenin normal dağılım gösterdiği, alternatif hipotez ise normal dağılım göstermediği üzerine kuruludur. Olasılık değerleri dikkate alındığında bütün değişkenler normal dağılıma sahiptir.

Ampirik analizlerin zaman boyutu 1970-2019 arasında geniş bir dönemi ele aldığından değişkenlerin iktisadi şokların etkisinde kalmış olması mümkündür. Şokların etkilerinin tespit edilmesi ve kaldırılmasında ekonometri teorisinde birim kök testleri aracılığı ile yapılmaktadır. Çalışmada Dickey-Fuller (1981) ve Phillips ve Perron (1988) tarafından geliştirilen iki farklı birim kök testi uygulanmaktadır.

4.1.1. Dickey ve Fuller (1981) Birim Kök Testi

Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen birim kök testinde birinci dereceden otoregresif (AR, autoregressive) süreci ön plana çıkarılmaktadır. Testte p gecikme uzunluğu oladığına göre otoregresif AR(p) modelinde temel hipotez otoregresif eşbütünleşik hareketli ortalama ARIMA(p,1,0) (autoregressive integrated moving average) dolayısıyla birim kökü test eder. Alternatif ise ARIMA(p+1,0,0) birim kök olmayan süreci ifade eder. (Qiaoping ve Xiaodong, 2007). Hata terimlerinin normal dağılıma sahip olduğu varsayılırsa (Lau, 2009);

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta y_t = c + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\Delta y_t = c + \gamma y_{t-1} + \delta_2 t + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Birinci regresyonda sabit terim ve trend yoktur. İkincisinde sabit terimin var ama trend değişkeni yoktur. Üçüncüsünde ise hem sabit terim hem de trend değişkeni bulunmaktadır. Dickey-Fuller (1981) birim kök testinde sağ tarafında yer alan bağımlı

değişkenin bir gecikmeli değerinin (y_{t-1}) katsayısı ρ 'nın birden küçük olup olmadığına bakılmaktadır. Alternatif hipotezin kabul edilmesi durumunda y_t değişkeninin birim kök taşımadığı ve şok olmadığına karar verilir. Dickey-Fuller (1981) birim kök testinde limit dağılımlarını elde etmiş ancak MacKinnon (1991,1996) çalışmasında sonlu örneklemeler için kritik değerleri tekrar ortaya koymuştur.

4.1.2. Phillips ve Perron (1988, PP) Birim Kök Testi

Augmented Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen birim kök testinde, hata varyanslarını sabit olduğu ve normal dağıldığı varsayılmıştır. Schmidt ve Phillips (1992) ise, varyansların sabit olabileceğini ancak otokorelasyonun dikkate alınması gerektiğini ifade etmiştir. Phillips ve Perron (1988) tarafından geliştirilen birim kök testi Dickey-Fuller (1981) tarafından geliştirilen birim kök testine göre gücü (power) daha yüksektir. Hatalarda kısıtlama yoktur. Phillips Perron (1988, PP) tarafından geliştirilen birim kök testinde hataların dağılımı heterojendir. Phillips Perron (1988, PP) tarafından geliştirilen birim kök testinde zayıfta olsa otokorelasyon sorununa esneklik getirilmiştir. Genişletilmiş Dickey-Fuller (1988) tarafından geliştirilen birim kök testinde ise hatalarda otokorelasyon bulunmamaktadır. Phillips ve Perron (1988, PP) tarafından geliştirilen birim kök testi ile Genişletilmiş Dickey-Fuller (1988) tarafından geliştirilen birim kök testi arasındaki aslı değişkenlik bağımlı değişkenin geçmiş varyasyonlarının, farklı formlardan hiçbirinde bulunmamasıdır (Schwet, 2002). Phillips ve Perron (1988, PP) tarafından geliştirilen birim kök testi için AR(1) süreci;

$$y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$(1 - \alpha L)y_t = \mu + \varepsilon_t \quad (4)$$

$t=1,2,\dots,T$ zaman indis ve ε hata terimini işaret etmektedir. Birim kök testinde $1/\alpha$ ön plana çıkarılmaktadır. α bir e eşit ise seride birim kök vardır. Phillips ve Perron (1988, PP)

tarafından geliştirilen birim kök testinin dağılımı $T(\hat{\alpha}-1)$ şeklindedir. Phillips ve Perron (1988, PP) birim kök testinde de Genişletilmiş Dickey-Fuller (1988) birim kök testi gibi sabit terim ve trend olmadığı, sabit terimin var ama trend değişkeninin olmadığı, hem sabit terim hem de trend değişkeninin bulunduğu üç regresyon vardır (Schmidt ve Lee, 1991).

Genişletilmiş Dickey-Fuller (1988) birim kök testi için uygulana karar alma süreçlerinin Phillips ve Perron (1988, PP) birim kök testi versiyonu (Z) olarak gösterilmektedir. Genişletilmiş Dickey-Fuller (1988) birim kök testinde sabitsiz ve trendsiz modelde testinde $\hat{\tau}$ uygulanırken, Phillips ve Perron (1988, PP) birim kök testinde Z_α uygulanmaktadır. , Phillips ve Perron (1988, PP) birim kök testinde (5) nolu regresyonda AR(1) süreci ve (6) nolu regresyonda kritik değeri göstermektedir.

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$Z_\alpha = T(\alpha - 1) - CF \quad (6)$$

CF (Correction Factor) ifadesine düzeltme faktörüdür. Correction Factor ise;

$$CF = \frac{0.5(s_{Tl}^2 - s_\varepsilon^2)}{\sum_{t=2}^T (y_{t-1} - \bar{y}_{-1})^2 / T^2} \quad (7)$$

olarak elde edilmektedir. Correction Factor düzeltme faktöründe σ_ε^2 hataların varyansını ve σ^2 uzun dönem varyansını elde etmektedir. Varyanslar yoksa varyansların yerine; σ_ε^2 için s_ε^2 , σ^2 için s_{Tl}^2 (8) ve (9) nolu regresyonlardaki gibi bulunmaktadır.

$$s_\varepsilon^2 = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2 \quad (8)$$

$$s_{Tl}^2 = s_\varepsilon^2 + 2 \sum_{s=1}^l w_{sl} \sum \hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_{t-s} / T \quad (9)$$

Son olarak; w_{sl} , $\bar{y}_{-1}$ ve $\hat{\varepsilon}_t$ (10), (11), (12) sırasıyla aşağıdaki şekilde elde edilmektedir;

$$w_{sl} = 1 - s / (l + 1) \quad (10)$$

$$\bar{y}_{-1} = \sum_{t=2}^T y_t / (T - 1) \quad (11)$$

$$\hat{\varepsilon}_t = y_t - \hat{\alpha} y_{t-1} \quad (12)$$

Phillips-Perron (1988) birim kök testinde, test istatistiklerinin büyük örneklem dağılımında hatalar etkilenmemesi amacıyla t-istatistiğini modifiye etmişlerdir. Bu modifikasyon sonrası (Hamori ve Tokihisa, 1997);

$$Z_t = \left(\sum_{t=2}^T y_{t-1}^2 \right)^{1/2} \frac{\hat{\alpha} - 1}{s_{Tl}} - (1/2) \left[\frac{s_{Tl}^2 - s_{\varepsilon}^2}{s_{Tl}^2 \left(T^{-2} \sum_{t=2}^T y_{t-1}^2 \right)^{1/2}} \right] \quad (13)$$

Tablo 11. ADF (1981) ve PP (1988) Birim Kök testi Sonuçları

D Ü Z E Y	S A B İ T	<i>Değişkenler</i>	ADF	PP	B İ R İ N C İ F A R K L A R	ADF	PP
		Toplam	-1.392 (0) [0.578]	-2.207 (9) [0.206]		-7.421 (0) [0.00]***	-7.779 (6) [0.00]***
		Sanayi	-1.999 (0) [0.282]	-3.119 (9) [0.031]**		-7.843 (0) [0.00]***	-7.964 (3) [0.00]***
		Ulaştırma	-0.833 (0) [0.800]	-0.836 (2) [0.799]		-5.781 (0) [0.00]***	-5.714 (3) [0.00]***
		Diğer	-0.957 (0) [0.761]	-1.001 (6) [0.745]		-7.424 (0) [0.00]***	-7.489 (5) [0.00]***
		CO2	-2.118 (0) [0.238]	-2.108 (2) [0.242]		-7.694 (0) [0.00]***	-7.694 (0) [0.00]***
		GDPPC	-1.960 (0) [0.302]	-1.903 (3) [0.327]		-6.622 (0) [0.00]***	-6.681 (3) [0.00]***
	S A B İ T + T R E N D	Toplam	-3.801 (0) [0.024]**	-3.617 (5) [0.038]**		-7.522 (0) [0.00]***	-8.297 (7) [0.00]***
		Sanayi	-1.925 (0) [0.626]	-1.666 (2) [0.750]		-8.266 (0) [0.00]***	-10.488 (9) [0.00]***
		Ulaştırma	-2.825 (0) [0.195]	-3.018 (1) [0.137]		-5.727 (0) [0.00]***	-5.660 (3) [0.00]***
		Diğer	-3.203 (0) [0.095]*	-3.303 (2) [0.077]*		-7.389 (0) [0.00]***	-7.449 (5) [0.00]***
		CO2	-1.780 (0) [0.689]	-1.610 (4) [0.774]		-8.678 (0) [0.00]***	-12.828 (9) [0.00]***
		GDPPC	-2.125 (0) [0.519]	-2.414 (3) [0.368]		-6.879 (0) [0.00]***	-6.910 (3) [0.00]***

Not: ***,** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde serilerin durağanlıklarını göstermektedir.

Genişletilmiş Dickey-Fuller (1981) ve Phillips-Perron (1988) birim kök testi sonuçlarına göre sanayi sektörü enerji tüketimi düzey değerinde sabit terimli modelde Phillips-Perron (1988) birim kök testinde %5 anlam seviyesinde durağan olmaktadır. Ayrıca toplam enerji tüketimi ve diğer sektörlerin enerji tüketimi değişkenleri sabit terimli ve trend değişkenli modelde hem Genişletilmiş Dickey-Fuller (1981) hem de Phillips-Perron (1988) birim kök testinde düzey değerinde sırasıyla %5 ve %10 anlam seviyelerinde durağandır. Bu durumlar haricinde diğer bütün değişkenler düzey değerinde birim kök taşımakta ve birinci farkında durağan çıkmakta dolayısıyla iktisadi şokların etkisinden arınmaktadırlar.

4.2. Bulgular

4.2.1. Model 1 için ARDL Sonuçları

Gecikmesi dağıtılmış otoregresyon modelinde sırasıyla değişkenler arasında eşbütünleşme olup olmadığı tespit edilir, uygun gecikme uzunluğu bulunur, modelde yapısal kırılma olup olmadığı tespit edilir ve son olarak kısa ve uzun dönem katsayıları elde edilmektedir. Model 1;

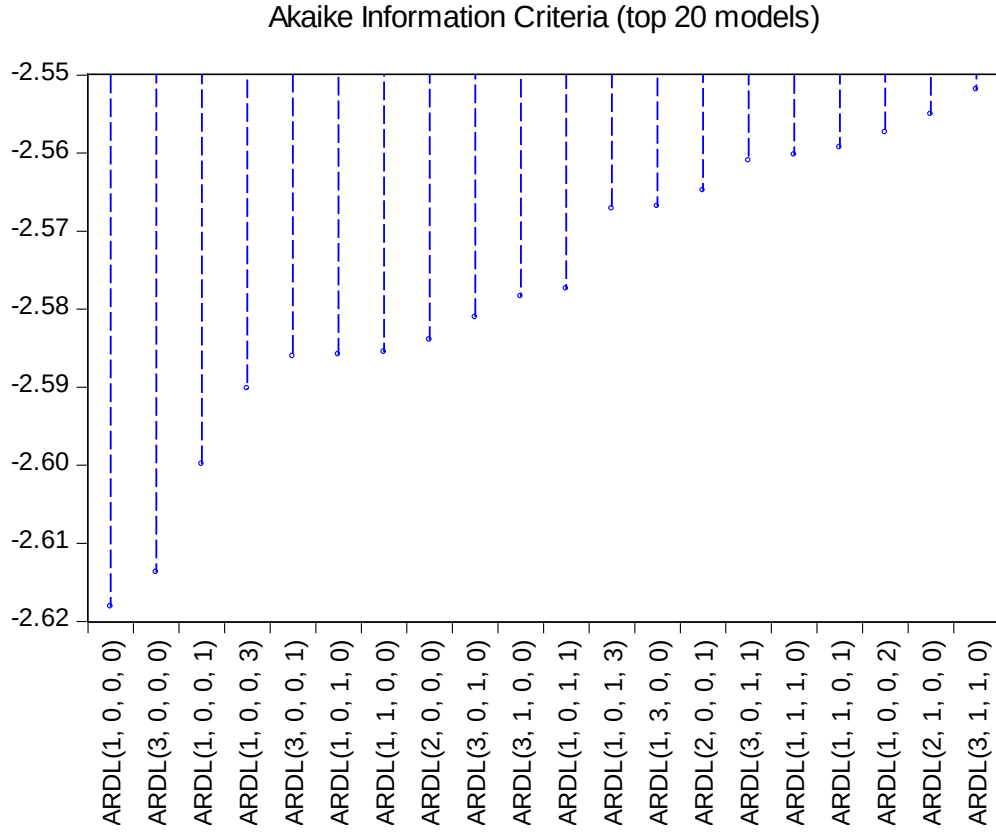
$$\ln GDPPC_t = \beta_0 + \beta_{1p} \ln SANAYI_{t-p} + \beta_{2p} \ln CO2_{t-p} + \beta_{3p} \ln TOPLAM_{t-p} + \beta_4 ECT(-1) + \varepsilon_t$$

şeklinde kurulmaktadır.

Tablo 12. Model 1 ARDL Sınır Testi Sonuçları

	F İstatistiği	K
	3.549	2
	I(0)	I(1)
%10 Kritik Değer	2.37	3.2
%5 Kritik Değer	2.79	3.67
%1 Kritik Değer	3.65	4.66

Model 1’de yer alan değişkenler arasında eşbütünleşme olup olmadığını tespit edilmesi gerekir. Hesaplanan F istatistiği; %1, %5 ve %10 kritik değerlerinden büyük olması durumunda değişkenler arasında eşbütünleşme olduğu, I(0) ve I(1) kritik değerleri arasındaysa eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığına yönelik kararsız bölgeyi, I(0) kritik değerinden küçükse değişkenler arasında eşbütünleşme olmadığını test eder. Tabloda yer alan sınır (bounds) testine göre %10 anlam seviyesinde Model 1’de yer alan değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır.

Grafik 4.1. Akaike Bilgi Kriterine Göre ARDL(1,0,0,0) Modeli Tercihi

Akaike Bilgi Kriterinin en küçük olduğu model tercih edilmektedir. Buna göre ARDL(1,0,0,0) modeli en uygun modeldir. Gayrisafı yurtiçi hasıla bir dönem gecikmesi ve diğer değişkenlerin cari dönem değerleri ile sabit terim modelde yer almaktadır.

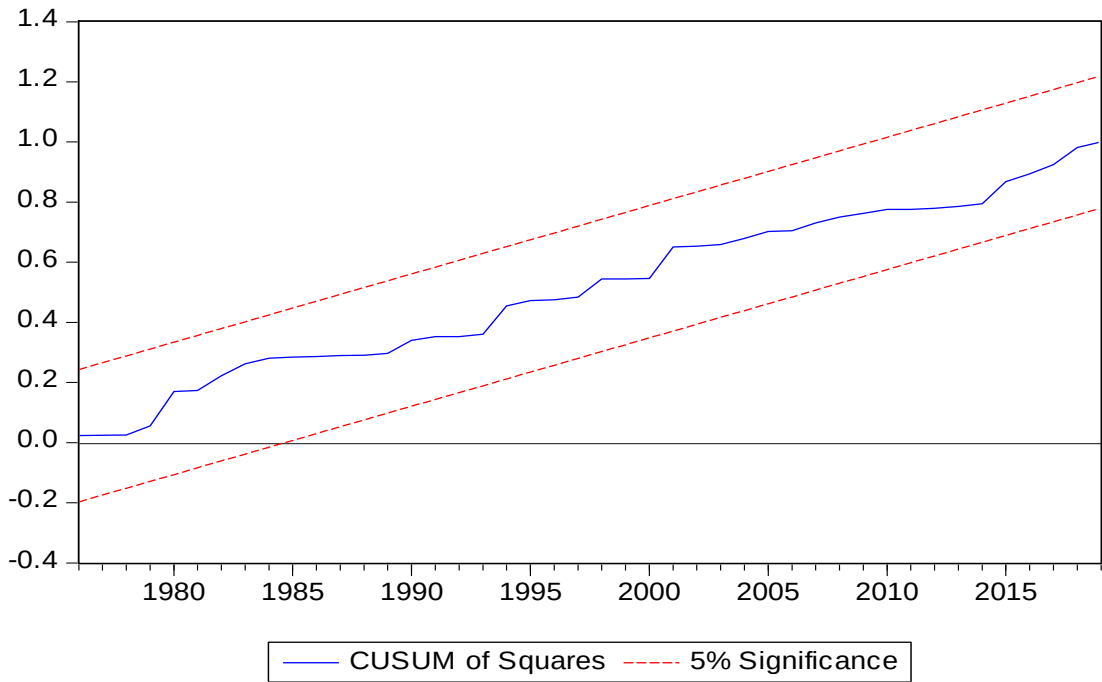
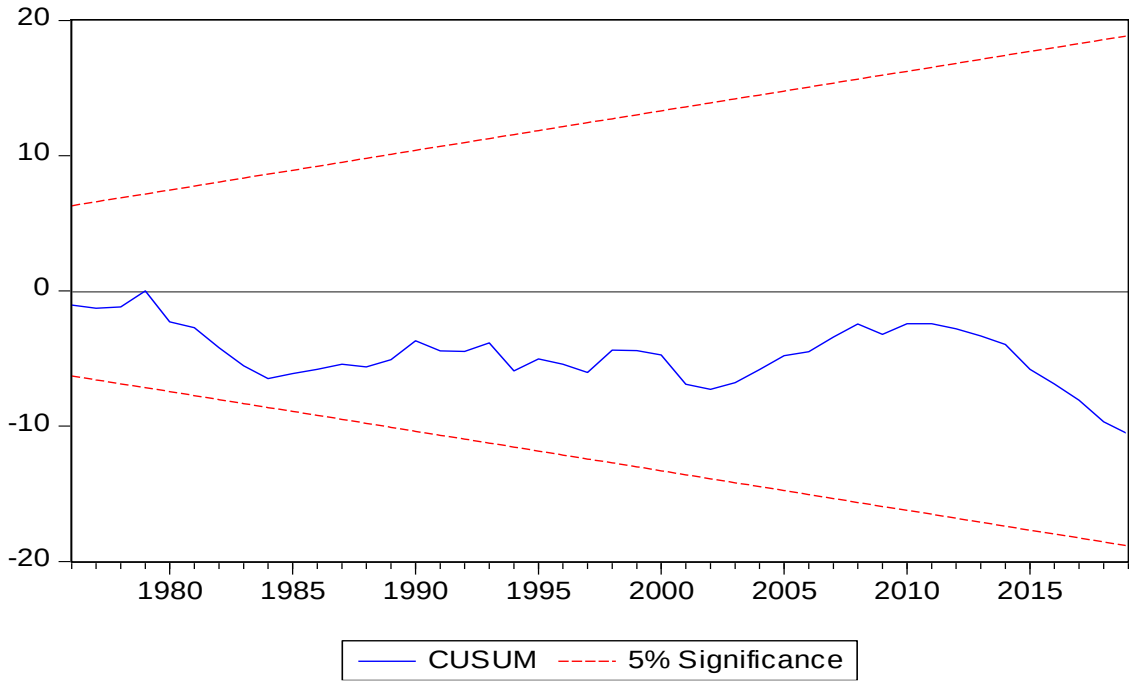
Tablo 13. ARDL(1,0,0,0) Modeli Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Olasılık Değeri
lnGDPPC(-1)	0.740	0.00***
SANAYİ	0.498	0.094*
CARBON	-0.467	0.061*
TOPLAM	-0.182	0.046**
Sabit Terim	-0.506	0.00***
F Stat(prob)=500.387 (0.012)**	AIC=-2.635	SC=-2.442

Not: ***, ** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı oldukları seviyeleri ifade etmektedir.

ARDL(1,0,0,0) modeline göre kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla değişkeninin bir dönem gecikmeli değeri %1 anlam seviyesinde, sanayi sektörü enerji tüketimi ve karbondioksit salınımı değişkenleri %10 anlam seviyesinde, toplam enerji tüketimi ve sabit terim ise %1 anlam seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. F istatistiği sonucuna göre %5 anlam seviyesinde model bir bütün olarak anlamlı bulunmaktadır.

Grafik 4.2. Model-1 ARDL Modeline Ait CUSUM ve CUSUMQ Grafikleri



CUSUM ve CUSUMQ grafiklerine göre ARDL(1,0,0,0) modelinde yapısal kırılma yaşanmamıştır.

Tablo 14. Model-1 ARDL Tahmin Sonuçları

Sabit Terim	-1.951 (0.00)***
SANAYİ	1.918 (0.00)***
CARBON	-1.801 (0.024)**
TOPLAM	-0.704 (0.00)***
ECT(-1)	-0.211(0.00)***
R ²	0.978
I ² _{SC}	1.539 (0.226)
I ² _H	1.195 (0.0.326)
I ² _{FF}	1.473 (0.148)

Not: ***,** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını göstermektedir. Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. I²_{SC}, I²_H, I²_{FF} ve I²_N değerleri sırasıyla seri korelasyonu, (Breusch-Pagan-Godfrey) değişen varyans testini, Ramsey RESET testi ve normallik testlerini göstermektedir.

Sanayi sektörü enerji tüketimi, toplam enerji tüketimi, sabit terim ve hata düzeltme katsayısı %1 anlam seviyesinde, karbondioksit salınımı ise %5 anlam seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuçlara göre sanayi sektörü enerji tüketimi %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %1.918 artmaktadır. Karbondioksit salınımı %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %1.801 azalmaktadır. Toplam enerji tüketimi %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %0.704 azalmaktadır. Model 1’de kısa dönem ortaya çıkan herhangi bir dengesizlik yaklaşık olarak 4.73 yılda düzelmektedir. Model 1’de oto korelasyon ve değişen varyans sorunu bulunmamaktadır. Ramsey RESET testte göre Model 1 doğru kurulmuştur.

4.2.2. Model 2 için ARDL Sonuçları

Model 2;

$$\ln GDP_{PC_t} = \beta_0 + \beta_{1p} \ln ULA\dot{S}IM_{t-p} + \beta_{2p} \ln CO2_{t-p} + \beta_{3p} \ln TOPLAM_{t-p} + \beta_4 ECT(-1) + \varepsilon_t$$

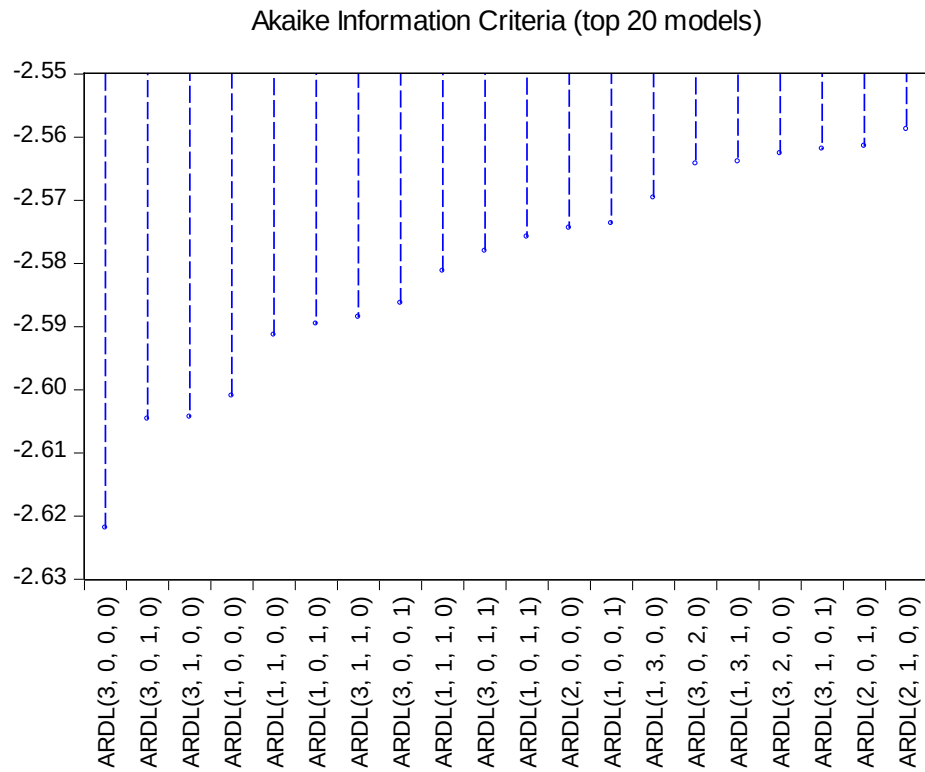
şeklinde kurulmaktadır.

Tablo 15. Model-2 ARDL Sınır Testi Sonuçları

	F İstatistiği	k
	3.818	2
	I(0)	I(1)
%10 Kritik Değer	2.37	3.2
%5 Kritik Değer	2.79	3.67
%1 Kritik Değer	3.65	4.66

Tabloda yer alan sınır (bounds) testine göre %10 anlam seviyesinde Model 2’de yer alan değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır.

Grafik 4.3. Akaike Bilgi Kriterine Göre ARDL(3,0,0,0) Modeli Tercihi



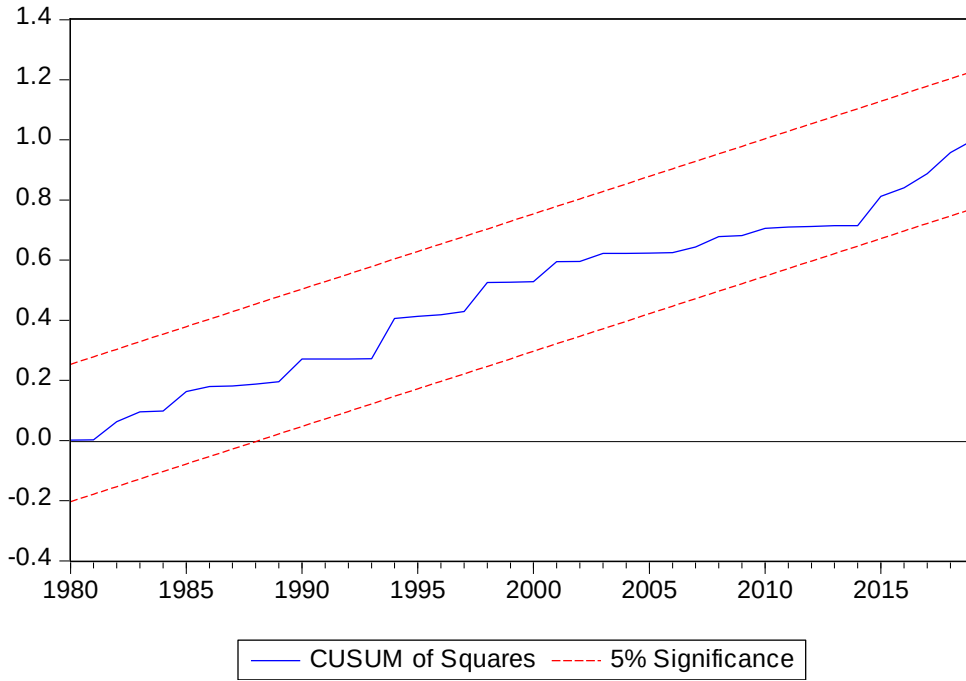
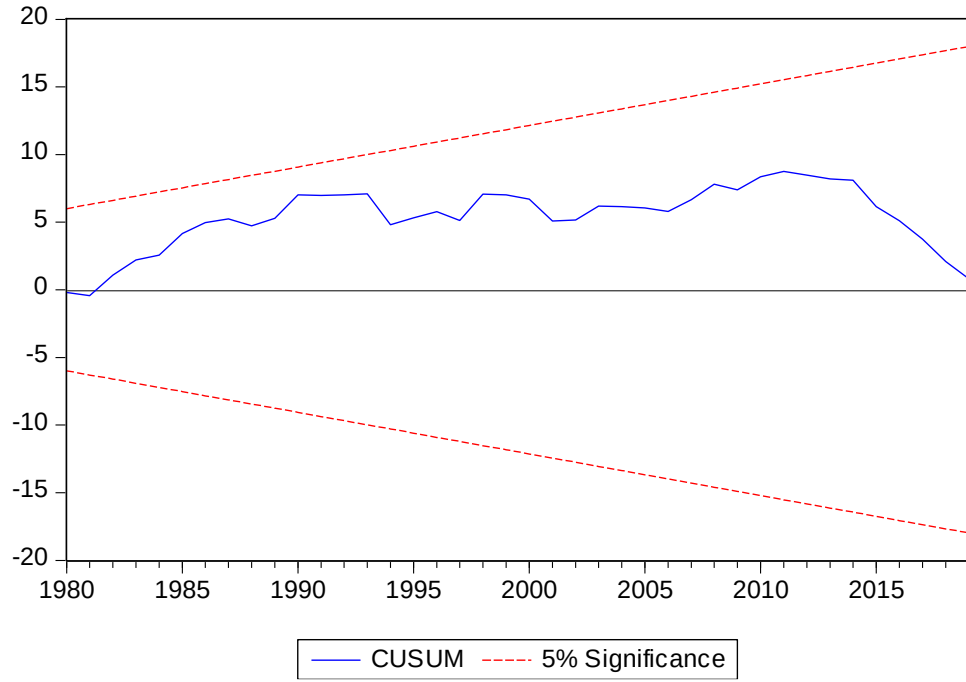
ARDL(3,0,0,0) modeli en uygun modeldir. Gayrisafi yurtiçi hasılanın üç dönem gecikmesi ve diğer değişkenlerin cari dönem değerleri ile sabit terim modelde yer almaktadır.

Tablo 16. ARDL(3,0,0,0) Modeli Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Olasılık Değeri
lnGDPPC(-1)	0.755	0.00***
lnGDPPC(-2)	0.128	0.091*
lnGDPPC(-3)	-0.262	0.059*
ULAŞTIRMA	-0.477	0.083*
CARBON	-0.513	0.061*
TOPLAM	1.312	0.000**
Sabit Terim	-2.284	0.00***
F Stat(prob)=281.783 (0.012)**	AIC=-2.621	SC=-2.346

Not: ***,** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı oldukları seviyeleri ifade etmektedir.

ARDL(3,0,0,0) modeline göre kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla değişkeninin bir dönem gecikmeli değeri %1 anlam seviyesinde, iki ve üçüncü dönem gecikmeleri %10 anlam seviyesinde, ulaştırma sektörü enerji tüketimi ve karbondioksit salınımı değişkenleri %10 anlam seviyesinde, toplam enerji tüketimi ve sabit terim ise %1 anlam seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. F istatistiği sonucuna göre %5 anlam seviyesinde model bir bütün olarak anlamlı bulunmaktadır.

Grafik 4.4. Model-2 ARDL Modeline Ait CUSUM ve CUSUMQ Grafikleri

CUSUM ve CUSUMQ grafiklerine göre ARDL(1,0,0,0) modelinde yapısal kırılma yaşanmamıştır.

Tablo 17. Model-2 ARDL Tahmin Sonuçları

Sabit Terim	-6.042 (0.00)***
ULAŞTIRMA	-1.263 (0.033)**
CARBON	-1.801 (0.106)
TOPLAM	2.996 (0.00)***
ECT(-1)	-0.359 (0.00)***
R ²	0.941
I ² _{SC}	10.607 (0.550)
I ² _H	0.824 (0.558)
I ² _{FF}	0.898 (0.374)

Not: ***, ** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını göstermektedir. Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. I²_{SC}, I²_H, I²_{FF} ve I²_N değerleri sırasıyla seri korelasyonu, (Breusch-Pagan-Godfrey) değişen varyans testini, Ramsey RESET testi ve normallik testlerini göstermektedir.

Ulaştırma sektörü enerji tüketimi %5 anlam seviyesinde, toplam enerji tüketimi, sabit terim ve hata düzeltme katsayısı %1 anlam seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. karbon dioksit salınımı ise istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuçlara göre ulaştırma sektörü enerji tüketimi %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %2.263 azalmaktadır. Toplam enerji tüketimi %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %2.996 artmaktadır. Model 2’de kısa dönem ortaya çıkan herhangi bir dengesizlik yaklaşık olarak 2.78 yılda düzelmektedir. Model 2’de otokorelasyon ve değişen varyans sorunu bulunmamaktadır. Ramsey RESET testine göre Model 2 doğru kurulmuştur.

4.2.3. Model 3 için ARDL Sonuçları

Model 3;

$$\ln GDP_{PCt} = \beta_0 + \beta_{1p} \ln DİĞER_{t-p} + \beta_{2p} \ln CO2_{t-p} + \beta_{3p} \ln TOPLAM_{t-p} + \beta_4 ECT(-1) + \varepsilon_t$$

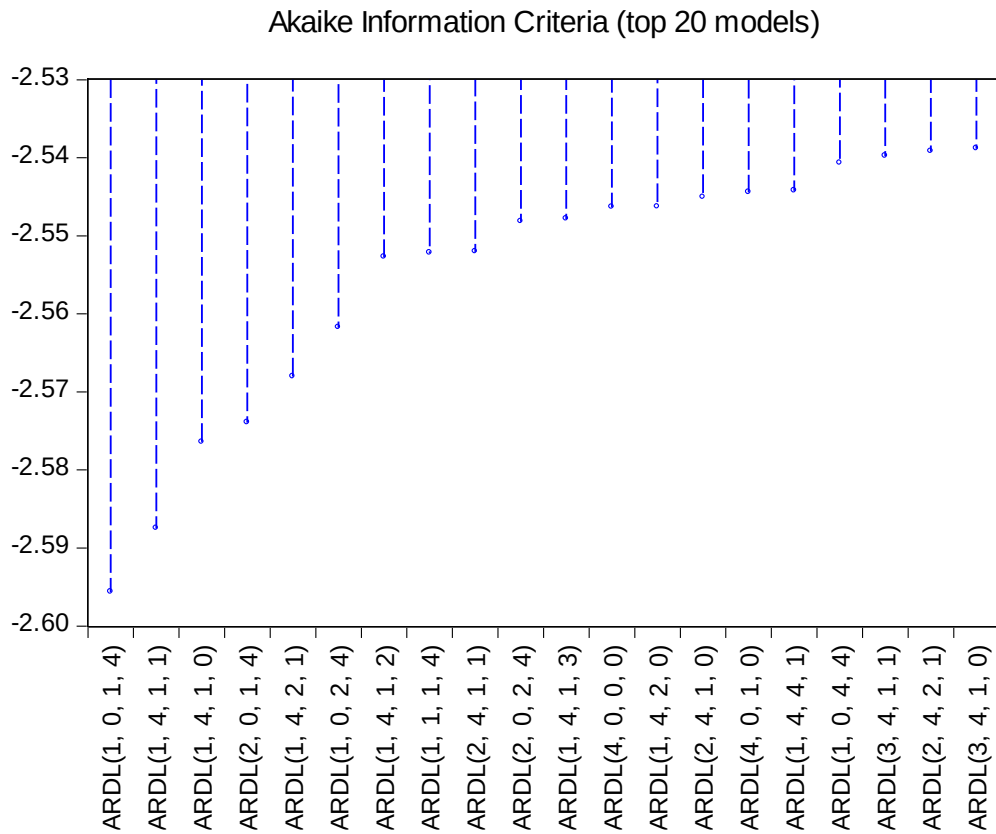
şeklinde kurulmaktadır.

Tablo 18. Model-3 ARDL Sınır Testi Sonuçları

	F İstatistiği	k
	4.994	2
	I(0)	I(1)
%10 Kritik Değer	2.37	3.2
%5 Kritik Değer	2.79	3.67
%1 Kritik Değer	3.65	4.66

Tabloda yer alan sınır (bounds) testine göre %1 anlam seviyesinde Model 3’de yer alan değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır.

Grafik 4.5. Akaike Bilgi Kriterine Göre ARDL(1,0,1,4) Modeli Tercihi



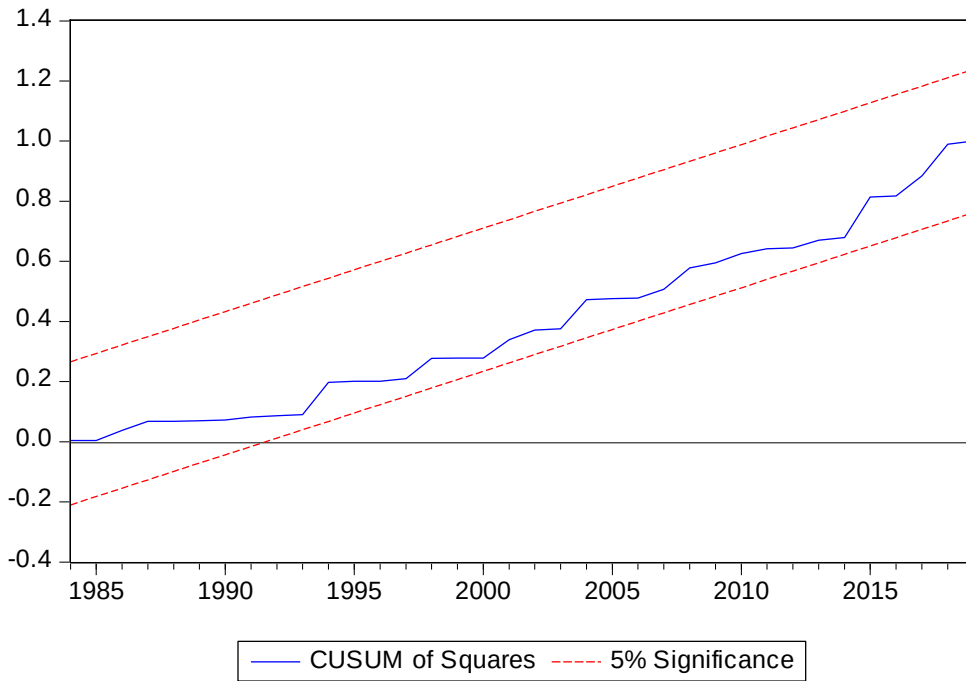
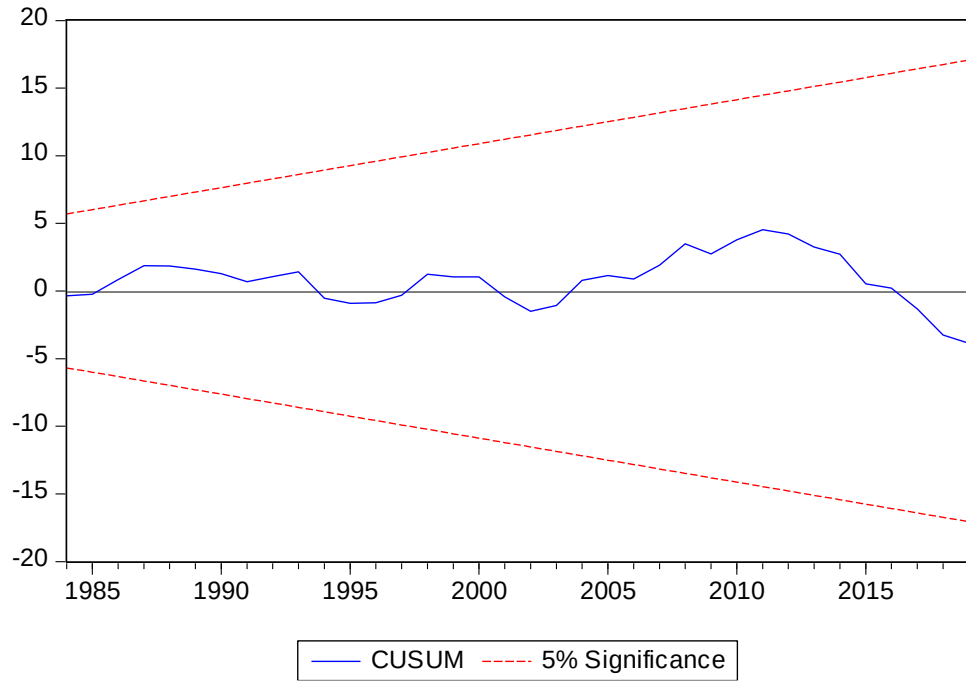
ARDL(1,0,1,4) modeli en uygun modeldir. Gayrisafi yurtiçi hasılanın bir dönem gecikmesi, karbon dioksit salınımının cari dönem ve bir dönem gecikmeli değeri, toplam enerji tüketiminin cari dönem değeri, toplam enerji tüketiminin cari dönem ve dört dönem gecikmeli ve sabit terim modelde yer almaktadır.

Tablo 19. ARDL(1,0,1,4) Modeli Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Olasılık Değeri
lnGDPPC(-1)	0.887	0.00***
DİĞER	-0.252	0.534
CARBON	-0.992	0.107
CARBON(-1)	1.286	0.049**
TOPLAM	1.428	0.00***
TOPLAM(-1)	-0.859	0.154
TOPLAM(-2)	0.737	0.206
TOPLAM(-3)	0.049	0.934
TOPLAM(-4)	-1.009	0.030**
Sabit Terim	-0.053	0.939
F Stat(prob)=281.783 (0.012)**	AIC=-2.621	SC=-2.346

Not: ***,** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı oldukları seviyeleri ifade etmektedir.

ARDL(1,0,1,4) modeline göre kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla değişkeninin bir dönem gecikmeli değeri %1 anlam seviyesinde, karbondioksit salınımının bir dönem gecikmeli değeri %5 anlam seviyesinde, toplam enerji tüketiminin cari dönem ve dördüncü gecikmeli dönem değeri %5 anlam seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Diğer sektörlerin enerji tüketimi, karbon dioksit salınımının cari dönem değeri, toplam enerji tüketiminin birinci, ikinci ve üçüncü gecikmeli dönem değerleri istatistiksel olarak anlamsızdır. F istatistiği sonucuna göre %5 anlam seviyesinde model bir bütün olarak anlamlı bulunmaktadır.

Grafik 4.6. Model-3 ARDL Modeline Ait CUSUM ve CUSUMQ Grafikleri

CUSUM ve CUSUMQ grafiklerine göre ARDL(1,0,0,0) modelinde yapısal kırılma yaşanmamıştır.

Tablo 20. Model-3 ARDL Tahmin Sonuçları

Sabit Terim	-0.480 (0.00)***
DİĞER	-2.249 (0.014)**
CARBON	2.623 (0.086)*
TOPLAM	3.101 (0.00)***
ECT(-1)	-0.111 (0.00)***
R ²	0.849
I ² _{SC}	1.307 (0.283)
I ² _H	2.975 (0.0094)***
I ² _{FF}	1.650 (0.107)

Not: ***,** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını göstermektedir. Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. I²_{SC}, I²_H, I²_{FF} ve I²_N değerleri sırasıyla seri korelasyonu, (Breusch-Pagan-Godfrey) değişen varyans testini, Ramsey RESET testi ve normallik testlerini göstermektedir.

Diğer sektörlerin enerji tüketimi %5 anlam seviyesinde, karbondioksit salınımı %10 anlam seviyesinde, toplam enerji tüketimi, hata düzeltme katsayısı %1 anlam seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuçlara göre diğer sektörlerin enerji tüketimi %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %2.249 azalmaktadır. Toplam enerji tüketimi %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %3.101 artmaktadır. Karbondioksit salınımı %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %2.623 artmaktadır. Model 3’de kısa dönem ortaya çıkan herhangi bir dengesizlik yaklaşık olarak 9 yılda düzelmektedir. Model 3’de otokorelasyon ve değişen varyans sorunu bulunmamaktadır. Ramsey RESET testine göre Model 3 doğru kurulmuştur.

4.2.4. Hatemi J ve Roca (2014) Asimetrik Nedensellik Testi

ARDL eşbütünleşme testinde her üç modeli için eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır. Asimetrik nedensellik testinde P_{1t} ve P_{2t} değişkenler olmak üzere;

$$P_{1t} = P_{1t-1} + \varepsilon_{1t} = P_{1,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}$$

(15)

$$P_{2t} = P_{2t-1} + \varepsilon_{2t} = P_{2,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}$$

(16)

t zaman boyutunu, $P_{1,0}$ ve $P_{2,0}$ sabit terimdir. Hatalar bağımsız özdeş dağılım göstermektedir. Seride yer alan pozitif ve negatif şoklar $\varepsilon_{1i}^+ = \max(\varepsilon_{1i}, 0)$, $\varepsilon_{2i}^+ = \max(\varepsilon_{2i}, 0)$, $\varepsilon_{1i}^- = \min(\varepsilon_{1i}, 0)$ ve $\varepsilon_{2i}^- = \min(\varepsilon_{2i}, 0)$ şeklindedir. $\varepsilon_{1i} = \varepsilon_{1i}^+ + \varepsilon_{1i}^-$ ve $\varepsilon_{2i} = \varepsilon_{2i}^+ + \varepsilon_{2i}^-$ hatalar pozitif ve negatif şoklara ayrılır. Akabinde;

$$P_{1t} = P_{1t-1} + \varepsilon_{1t} = P_{1,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^-$$

(17)

$$P_{2t} = P_{2t-1} + \varepsilon_{2t} = P_{2,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^- \quad (18)$$

$$P_{1t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+, \quad P_{1t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^-, \quad P_{2t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+, \quad P_{2t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^-, \text{ pozitif ve negatif bileşenler eşitlenir}$$

ve F testi uygulanır (Hatemi J ve Roca, 2014). Hatemi J ve Roca (2014) asimetrik

nedensellik testinde sıfır hipotezi nedensellik olmadığı ve alternatif hipotez nedensellik olduğu şeklindedir.

Tablo 21. Hatemi J-Roca (2014) Asimetrik Nedensellik Test Sonuçları (Sektör-GSYH)

Nedenselliğin Yönü	MWALD	%1	%5	%10
$(\ln \text{SANAYİ})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	17.159 (0.00)***	16.544***	8.817**	6.257*
$(\ln \text{SANAYİ})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	0.016 (0.900)	10.869	5.160	3.093
$(\ln \text{SANAYİ})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	5.794 (0.016)**	18.113	6.564	3.391*
$(\ln \text{SANAYİ})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	0.976 (0.323)	8.800	4.290	2.700
$(\ln \text{ULAŞTIRMA})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	3.4989 (0.174)	15.281	8.788	6.172
$(\ln \text{ULAŞTIRMA})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	0.001 (0.977)	14.911	5.583	3.456
$(\ln \text{ULAŞTIRMA})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	11.913 (0.00)***	32.237	6.383**	3.594*
$(\ln \text{ULAŞTIRMA})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	2.377 (0.123)	9.712	4.787	2.975
$(\ln \text{DİĞER})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	0.468 (0.494)	9.046	4.378	2.976
$(\ln \text{DİĞER})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	3.713 (0.054)*	10.224	5.005	3.689*
$(\ln \text{DİĞER})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	4.302 (0.038)**	20.534	6.821	4.031*
$(\ln \text{DİĞER})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	7.146 (0.00)***	10.470	4.226**	2.908*
$(\ln \text{CARBON})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	4.702 (0.031)**	10.305	5.175	3.567*
$(\ln \text{CARBON})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	0.544 (0.461)	7.821	4.153	3.017
$(\ln \text{CARBON})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	0.057 (0.811)	11.521	5.689	3.544
$(\ln \text{CARBON})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	2.847 (0.092)*	8.563	4.701	3.012
$(\ln \text{TOPLAM})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	1.803 (0.179)	10.614	4.409	3.095
$(\ln \text{TOPLAM})^+ \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	0.266 (0.606)	13.106	5.403	3.358
$(\ln \text{TOPLAM})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^-$	10.805 (0.00)***	16.775	6.095**	3.156*
$(\ln \text{TOPLAM})^- \nrightarrow (\ln \text{GDPPC})^+$	2.544 (0.111)	9.535	4.221	2.895

Not: $\nrightarrow$ notasyonu nedenselliğin olmadığı sıfır hipotezini göstermektedir. Parantez içindeki değerler asimptotik olarak olasılık değerlerini göstermektedir. Vektör otoregresyon modelinde optimal gecikme uzunluğu 3 olarak alınmıştır. ***,** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde değişkenler arasında nedensellik ilişkisini göstermektedir. Bootstrap sayısı 10.000'dir.

Tablo 21’de Hatemi ve Roca (2014) asimetrik nedensellik test sonuçları yer almaktadır. Bu sonuçlara göre;

- Sanayi sektörü enerji tüketiminin pozitif bileşeninden kişi başı gayrisafi yurtiçi hasılanın pozitif bileşenine doğru asimptotik olarak %1 anlam seviyesinde ve bootstrap olarak %1, %5 ve %10 anlam seviyesinde,
- Ulaştırma sektörü enerji tüketiminin negatif bileşeninden kişi başı gayrisafi yurtiçi hasılanın negatif bileşenine doğru asimptotik olarak %1 anlam seviyesinde ve bootstrap olarak %5 ve %10 anlam seviyesinde,
- Diğer sektörlerin enerji tüketiminin pozitif bileşeninden kişi başı gayrisafi yurtiçi hasılanın negatif bileşenine doğru asimptotik olarak %10 anlam seviyesinde ve bootstrap olarak %10 anlam seviyesinde,
- Diğer sektörlerin enerji tüketiminin negatif bileşeninden kişi başı gayrisafi yurtiçi hasılanın negatif bileşenine doğru asimptotik olarak %5 anlam seviyesinde ve bootstrap olarak %10 anlam seviyesinde,
- Diğer sektörlerin enerji tüketiminin negatif bileşeninden kişi başı gayrisafi yurtiçi hasılanın pozitif bileşenine doğru asimptotik olarak %1 anlam seviyesinde ve bootstrap olarak %5 ve %10 anlam seviyesinde,
- Karbon dioksit salınımının pozitif bileşeninden kişi başı gayrisafi yurtiçi hasılanın pozitif bileşenine doğru asimptotik olarak %5 anlam seviyesinde ve bootstrap olarak %10 anlam seviyesinde,
- Karbon dioksit salınımının negatif bileşeninden kişi başı gayrisafi yurtiçi hasılanın pozitif bileşenine doğru asimptotik olarak %10 anlam seviyesinde,
- Toplam enerji tüketiminin negatif bileşeninden kişi başı gayrisafi yurtiçi hasılanın negatif bileşenine doğru asimptotik olarak %1 anlam seviyesinde ve bootstrap olarak %5 ve %10 anlam seviyesinde,

nedensellik bulunmaktadır.

Tablo 22. Hatemi J-Roca (2014)Asimetrik Nedensellik Test Sonuçları (GSYH-Sektör)

Nedenselliğin Yönü	MWALD	%1	%5	%10
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{SANAYİ})^+$	0.450 (0.798)	12.712	6.855	4.958
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{SANAYİ})^-$	0.865 (0.352)	11.007	5.096	3.172
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{SANAYİ})^-$	0.233 (0.629)	20.843	4.838	2.877
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{SANAYİ})^+$	1.625 (0.202)	7.970	5.131	3.189
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{ULAŞTIRMA})^+$	0.057 (0.972)	12.325	6.899	5.045
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{ULAŞTIRMA})^-$	2.358 (0.125)	12.188	4.852	3.038
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{ULAŞTIRMA})^-$	0.139 (0.709)	27.503	5.584	2.780
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{ULAŞTIRMA})^+$	0.564 (0.452)	8.480	4.978	3.441
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{DİĞER})^+$	0.748 (0.387)	8.143	5.047	3.391
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{DİĞER})^-$	0.023 (0.879)	7.552	4.402	2.880
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{DİĞER})^-$	0.175 (0.675)	10.082	4.947	3.367
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{DİĞER})^+$	0.355 (0.551)	7.963	4.344	3.309
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{CARBON})^+$	0.646 (0.421)	9.213	4.850	3.282
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{CARBON})^-$	0.355 (0.551)	11.081	6.344	3.644
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{CARBON})^-$	1.003 (0.317)	6.845	4.413	3.220
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{CARBON})^+$	0.199 (0.655)	9.776	5.004	3.244
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{TOPLAM})^+$	0.234 (0.629)	7.958	4.347	2.955
$(\ln \text{GDPPC})^+ \neq (\ln \text{TOPLAM})^-$	0.008 (0.929)	8.881	4.670	3.221
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{TOPLAM})^-$	0.038 (0.844)	17.506	5.849	2.965
$(\ln \text{GDPPC})^- \neq (\ln \text{TOPLAM})^+$	1.509 (0.219)	9.709	4.668	3.097

Not: $\neq$ notasyonu nedenselliğin olmadığı sıfır hipotezini göstermektedir. Parantez içindeki değerler asimptotik olarak olasılık değerlerini göstermektedir. Vektör otoregresyon modelinde optimal gecikme uzunluğu 3 olarak alınmıştır. ***,** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde değişkenler arasında nedensellik ilişkisini göstermektedir. Bootstrap sayısı 10.000'dir.

Öte yandan kişi başı gayrisafı yurtiçi hasılanın bileşenlerinden diğer değişkenlerin bileşenlerine doğru herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanmamaktadır.

4.3. Sonuç ve Tartışma

İş yapabilme becerisi olarak tanımlanan enerji kavramı, pek çok disiplin gibi ekonominin de önemli bir araştırma konusudur. Özellikle üretimdeki rolü, tüketiminin çevresel, sosyal ve fiziksel boyutları enerjiyi günümüzün en önemli faktörlerinden biri haline getirmiştir. Uzunca bir süre kas gücüne dayalı olarak üretim yapan insanoğlu, Sanayi Devrimi sonrası önce yer altı kaynaklarını enerji kaynağı olarak kullanmayı öğrenmiştir. Bu büyük devrim sonrası enerjinin yoğun kullanımı, üretimi ve buna bağlı tüketimi büyük bir hızla artarken modern kültürün ve ekonomik sistemin anahtarı haline gelmiştir. Küreselleşmeyi tetikleyen bu ekonomik sistem aynı zamanda enerji konusunda eşitsizlik olduğundan büyük mücadelelere ve hatta dünya savaşlarına yol açmıştır. Günümüzde enerjiye bağlı çatışmaların devam ettiğini söylemek mümkündür. Bunun yanında yoğun tüketime dayalı bu sistem dünya tarihinde doğal afetlerin yanında insan eliyle ortaya çıkan küresel felaketlerin de başlangıcı olmuştur. Çevre kirliliği ve küresel ısınma da enerji yoğun üretim mekanizmalarının hızlı bir şekilde gelişmesi sonucu ortaya çıkmıştır.

Modern dünya, ekonomik sistemi ve tüketim modellerini çevreye ve iklime zarar vermeden sürdürebilmenin küresel yollarını aramaktadır. Özellikle fosil yakıtların ekonomik getirilerine rağmen yarattığı çevresel tahribat, yenilenebilir, çevre dostu, verimli ve daha az maliyetli kaynaklara yönelimi zorunlu kılmaktadır. Bu durumu zorunlu kılan bir diğer unsur özellikle fosil yakıtların her ülkeye eşit dağılmamış olmasıdır. Bu da enerji kaynaklarına sahip olanların olmayanlara karşı tahakküm kurmaları gibi kırılmalara yol açmaktadır. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerji ve üretim bağlantısı bu noktada daha da hayati bir konumdadır. 1973 Petrol krizi, enerjide dışa bağımlılığın kalkınmayı nasıl sektire uğratabileceğini gösteren çarpıcı bir örnektir. Zira bu dönemde kalkınma için ayrılan dövizler, yükselen petrol fiyatları yüzünden petrol ithalatına kullanılmak zorunda kalmıştır. Bunun kaçınılmaz sonucu olarak her ülke bugün yerli kaynaklarını harekete geçirerek, yenilenebilir, temiz ve verimli enerji ile yüksek üretime geçişi amaçlamaktadır. Ekonomik büyüme ve kalkınmanın enerjide dışa bağımlılığın azalmasına bağlı olduğu gerçeğiyle Türkiye dahil pek çok ülke kaynak arama ve yenilenebilir enerjiyi teşvik üzerine stratejiler uygulamaktadır.

Ekonomik kalkınma ve büyümede stratejilerin belirlenmesinde en önemli göstergelerden biri de enerji tüketimidir. 1973 yılında yaşanan Petrol krizi, enerjiyi konu edinen iktisat çalışmalarında büyük bir artışa neden olmuştur. Konuyu bu kadar popüler

hale getiren iki faktörden bahsedilebilir. İlk faktör 1970’lerde yaşanan petrol krizleri sonrası artan enerji maliyetlerinin üretimi ve dolayısıyla büyümeyi olumsuz etkilemesidir. Enerji kaynaklarındaki fiyat dalgalanmalarının, enerjiye talebi nasıl etkileyeceği ve ekonomik büyüme üzerinde ne tür etkiler yaratacağı makro politikalar açısından önemli bir sorun teşkil etmeye başlamıştır. İkinci faktör ise çevre kirliliği ve küresel ısınma ile küresel bir sorun haline gelen enerji tüketimi kaynaklı çevresel etkilerdir. Bir yandan büyüme arzusu ve gelişen teknoloji, öte yandan bunlara erişmek için kullanılan özellikle fosil yakıtlar kaynaklı enerji tüketiminin yarattığı çevresel problemler bu alanda ciddi bir açmaz oluşturmıştır. Son kırk yılda uluslararası düzeyde en çok tartışılan konulardan biri sürdürülebilir kalkınma ve büyümenin çevreye zarar vermeden nasıl gerçekleştirileceği üzerinedir. Özellikle BM çatısı altında imzalanan enerji tüketiminin azaltılarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik anlaşmaların ardından bu konu daha da önem kazanmıştır. Günümüzde enerji politikaları belirlenirken enerji tüketiminin üretime ve büyümeye etkilerinin analiz edilmesi hayati önem taşımaktadır (Şahbaz & Yanar, 2013, s. 32).

Bu çalışma Türkiye’de ekonomik büyüme ve sektörel düzeyde enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçlamıştır. Literatürde bu konuda sınırlı çalışma bulunması veya sadece spesifik sektörler ile ilgili çalışmaların bulunması nedeniyle, çalışmanın bu alandaki boşluğa katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Sektörel düzeyde tüketilen enerji ile büyümeyi işaret eden GSYH arasındaki ilişkinin ortaya konması ve bu yolla enerji tüketiminin sektörel olarak analitik şekilde ele alınmasının, enerji politikaları açısından da önemli bir veri kaynağı olacağı öngörülmektedir.

Çalışma kapsamında Türkiye için 1970-2019 döneminde karbondioksit tüketimi, toplam nihai enerji tüketimi, sanayi, ulaştırma ve diğer sektörlerin enerji tüketiminin kişi başı gayrisafi yurtiçi hâsıla üzerindeki etkisi zaman serisi ile incelenmiştir. Bu doğrultuda sırasıyla tanımlayıcı istatistikler, Genişletilmiş Dickey-Fuller (1981) ve Phillips-Perron (1988) tarafından geliştirilen birim kök, parametre tahmini için gecikmesi dağıtılmış otoregresif model (ARDL) testleri uygulanmıştır. Araştırma hipotezleri 3 farklı model kurularak test edilmiştir. Analizden önce bütün verilerin doğal logaritması alınarak analize devam edilmiştir. Zira verilerin logaritmasının alınması ile birlikte analiz sonunda elde edilen bulguların yüzde cinsinden yorumlanması kolaylaşmaktadır. Logaritması alınan bütün değişkenlerin durağanlıkları, Genişletilmiş Dickey-Fuller (1981) ve Phillips-Perron (1988) birim kök testleri ile sınanmıştır. Test sonuçlarına göre sabit terimli modelde sanayi sektörü enerji tüketimi düzey değerinde Phillips-Perron (1988)

birim kök testinde %5 anlam seviyesinde durağandır. Ayrıca toplam enerji tüketimi ve diğer sektörlerin enerji tüketimi değişkenleri sabit terimli ve trend değişkenli modelde hem Genişletilmiş Dickey-Fuller (1981) hem de Phillips-Perron (1988) birim kök testinde düzey değerinde sırasıyla %5 ve %10 anlam seviyelerinde durağandır. Yukarıda sayılı değişkenler dışında diğer bütün değişkenler düzey değerinde birim kök taşımakta ve birinci farkında durağan çıkmaktadır. Çalışmanın sonraki basamağında aynı anda farklı seviyelerde birim kök içeren değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin incelenmesine olanak sağlayan ARDL sınır testi kurulan üç farklı model için test edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre sanayi sektöründe kullanılan enerji miktarı ve kişi başına düşen gelir ilişkisini irdeleyen Model 1’de yer alan değişkenler arasında %10 anlam seviyesinde eşbütünleşme ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Sanayi sektörü enerji tüketimi, toplam enerji tüketimi, sabit terim ve hata düzeltme katsayısı %1 anlam seviyesinde, karbon dioksit salınımı ise %5 anlam seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlara göre sanayi sektörü enerji tüketimi %1 arttığında kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %1.918 artmaktadır. Karbondioksit salınımı %1 arttığında ise kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %1.801 oranında azalmaktadır. Bununla beraber toplam enerji tüketimi %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %0.704 oranında azalmaktadır. Model 1’de kısa dönem ortaya çıkan herhangi bir dengesizliğin yaklaşık olarak 4.73 yılda düzelebileceğini söylemek mümkündür. Model 1’de oto korelasyon ve değişen varyans sorunu bulunmamaktadır.

Benzer şekilde ulaşım sektöründe kullanılan enerji miktarı ve kişi başına düşen gelir değişkenleri arasındaki ilişkiyi irdeleyen Model 2’de yer alan değişkenler arasında sınır testi sonuçlarına göre %10 anlam seviyesinde eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır. Model 2’den elde edilen bulgulara göre ulaştırma sektörü enerji tüketimi %5 anlam seviyesinde, toplam enerji tüketimi, sabit terim ve hata düzeltme katsayısı %1 anlam seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Karbondioksit salınımı ise istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuçlara göre ulaştırma sektörü enerji tüketimi %1 arttığında kişi başı gayrisafi yurtiçi hâsıla %2.263 oranında azalmaktadır. Toplam enerji tüketimi %1 arttığında ise kişi başı gayrisafi yurtiçi hâsıla %2.996 artmaktadır. Model 2’de kısa dönem ortaya çıkan herhangi bir dengesizlik yaklaşık olarak 2.78 yılda düzelmektedir.

Son olarak diğer sektörler ile kişi başına düşen gelir arasındaki ilişki baz alınarak kurulan Model 3’te yer alan değişkenler arasında sınır (bounds) testine göre %1 anlam seviyesinde eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır. Model 3’ten elde edilen sonuçlara göre

diğer sektörlerin enerji tüketimi %5 anlam seviyesinde, karbon dioksit salınımı %10 anlam seviyesinde, toplam enerji tüketimi, hata düzeltme katsayısı %1 anlam seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuçlara göre diğer sektörlerin enerji tüketimi %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %2.249 oranında azalmaktadır. Toplam enerji tüketimi %1 arttığında ise kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %3.101 oranında artmaktadır. Karbon dioksit salınımı %1 artarsa kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla %2.623 artmaktadır. Model 3’de kısa dönem ortaya çıkan herhangi bir dengesizlik yaklaşık olarak 9 yılda düzelmektedir.

Kurulan 3 modelde göz önünde bulundurulduğunda sanayi sektöründe kullanılan enerji miktarının artması kişi başına düşen geliri artırırken, ulaştırma ve diğer sektörlerde kullanılan enerji miktarı kişi başına düşen geliri azaltmaktadır.

Araştırmanın son aşamasında aralarında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilen değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi, Hatemi J-Roca (2014) Asimetrik Nedensellik Testi ile incelenmiştir. Asimetrik Nedensellik Testi nedenselliğin yönüne göre; gelirden sektörler ve sektörlerden gelire doğru olmak üzere iki ayrı grupta toplanmıştır. Sektörlerden gelire doğru nedenselliğin sınıandığı test sonuçlarına göre sanayi sektörü enerji tüketiminden kişi başına düşen gelire doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu sonuçlar aynı zamanda ARDL sınır testi sonuçları ile paralellik göstermektedir. Öte yandan diğer sektörlerin enerji tüketim miktarının negatif bileşeninden kişi başına düşen gelirin hem pozitif hem de negatif bileşenine doğru nedenselliğin olduğu tespit edilmiştir. Son olarak toplam enerji tüketiminin negatif bileşeninden kişi başına düşen gelirin negatif bileşenine doğru nedenselliğin olduğu bulunmuştur.

Gelirden sektörler doğru nedenselliğin incelendiği test sonuçlarına göre ise kişi başına düşen gelirin bileşenlerinden sektörlerin bileşenlerine doğru herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır.

EİA (2020)’ye göre sanayi sektöründe tüketilen enerjinin dünya toplam enerji tüketiminin yaklaşık %54’ünü oluşturmaktadır. Bu nedenle sanayi sektöründe kullanılan enerji miktarı ve büyüme ilişkisinin araştırılması önemli görülmektedir.

Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler üzerinde yapılan araştırmaların birçoğunda sanayi sektöründe kullanılan enerji miktarının artmasının büyümeyi pozitif yönde etkilediği (Wolde-Rufael; 2004, Bowden ve Payne; 2009, Saunoris ve Sheridan; 2013) sonucuna ulaşılmıştır. Öte yandan Türkiye üzerine yapılmış olan çalışmalardan bazılarında (Jobert ve Karanfil;2007, Şahbaz ve Yanar; 2013) ise yansızlık (nötr)

hipotezinin geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre ise yukarıda belirtildiği üzere sanayi sektöründe kullanılan enerji miktarının %1 artması durumunda gelirden yaklaşık %1,918 oranında artışın yaşanacağı belirlenmiştir. Bu durum ayrıca sanayi sektöründe tüketilen enerjinin gelir esnekliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Yani sanayi sektörüne yapılacak yatırımların kişi başına düşen geliri dolayısı ile büyümeyi artıracaklarını söylemek mümkündür. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus yatırımların özellikle enerji yoğunluğu düşük ve katma değeri yüksek ürünlere kanallize edilmesidir. Zira Türkiye gibi enerjide ithalata bağımlı ülkelerin satın aldıkları enerjiyi verimli bir şekilde kullanması özellikle cari açığın düşürülmesi konusunda oldukça önemlidir.

KAYNAKÇA

- Akbaşı, Y., & Lebe, F. (2015). Türkiye’de Sanayileşme, Finansal Gelişme, Ekonomik Büyüme ve Kentleşmenin Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi: Çoklu Yapısal Kırılmalı Bir Araştırma. *Ege Academic Review*, 15(2), 197-206.
- Akova, İ. (2018). *Enerji ve Alternatif Enerji Kaynakları*. 2021 tarihinde AUZEF: http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/cografya_lisans_ao/enerji_ve_alternatif_enerji_kaynaklari.pdf adresinden alındı
- Akpolat, A., & Altıntaş, N. (2013). Enerji Tüketimi ile Reel Gsyih Arasındaki Eşbütünleşme ve Nedensellik İlişkisi: 1961-2010 Dönemi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(2), 115-127.
- Aktaş, C., & Yılmaz, V. (2008). Causal Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in Turkey. *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(8), 45-54.
- Altınay, G., & Karagöl, E. (2004). Structural Break, Unit Root, and The Causality between Energy Consumption and GDP in Turkey. *Energy Economics*, 26(6), 985– 994.
- Altınay, G., & Karagöl, E. (2005). Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Turkey. *Energy Economics*, 27(6), 849–856.
- Altıntaş, H. (2013). Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi:Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8(1), 263-294.
- Altıntaş, H., & Koçbulut, Ö. (2014). Türkiye’de Elektrik Tüketiminin Dinamikleri ve Ekonomik Büyüme: Sınır Testi ve Nedensellik Analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(43), 37-65.
- Altıntaş, H., & Mercan, M. (2015). Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: G-II Ülkeleri Örneğinde Panel Eşbütünleşme ve Nedensellik Uygulaması. *TISK Akademi*(2), 318-348.
- Asumadu-Sarkodie, S., & Owusu, P. (2016). The relationship between carbon dioxide and agriculture in Ghana: A comparison of VECM and ARDL model. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(11), 10968-10982.
- Aydın, F. (2010). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(35), 317-340.
- Aydoğdu, Ç. (2021). Yenilenebilir Enerji Sektöründe ve Enerji Verimliliğinde Kamusal Destekler ve Türkiye’de Yansımaları. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 6(1), 52-74.
- Aytaç, D. (2010). Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Çok Değişkenli Var Yaklaşımı ile Tahmini. *Maliye Dergisi*(158), 482-495.
- Bayar, Y. (2014). Türkiye’de Birincil Enerji Kullanımı ve Ekonomik Büyüme. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(2), 253-269.
- Bernard, O., & O, K. (2016). Sectoral Consumption of Non-Renewable Energy and Economic Growth in Nigeria. *International Journal of Research in Management, Economics and Commerce*, 6(7), 15-22.

- Bowden , N., & Payne , J. (2009). The Causal Relationship between U.S. Energy Consumption and Real Output: A Disaggregated Analysis. *Journal of Policy Modeling*, 31(2), 180–188.
- British Petroleum (BP). (2020). Haziran 10, 2021 tarihinde Energy Outlook 2020: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2020.pdf> adresinden alındı
- Bulut, M. (2020, Ocak). *Sektörel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi*. Haziran 09, 2021 tarihinde nevesehir.edu.tr: <https://acikerisim.nevesehir.edu.tr/bitstream/handle/20.500.11787/832/MERAL%20BULUT%20%20608028.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- Cheng-Lang, Y., Lin, H., & Chang, C. (2010). Linear and Nonlinear Causality between Sectoral Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Taiwan. *Energy Policy*, 38(8), 6570–6573.
- Costantini, V., & Martini, C. (2010). The Causality between Energy Consumption and Economic Growth: A Multi-Sectoral Analysis Using Non-Stationary Cointegrated Panel Data. *Energy Economics*, 32(3), 591–603.
- Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019, Temmuz). 2021 tarihinde 11. Kalkınma Planı (2019-2023): <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf> adresinden alındı
- Çağıl, G., Türkmen, S., & Çakır, Ö. (2013). Enerji ve Makroekonomik Değişkenler Arasındaki İlişki: Türkiye Açısından Bir Uygulama. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*(4), 161-174.
- Çetin, M., & Şeker, F. (2012). Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(1), 85-106.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB). (2020). Haziran 1 2021 tarihinde csb.gov.tr:cevreselgostergeler: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800> adresinden alındı
- Dickey, D., & Wayne , F. (1979). Distribution Of The Estimators For Autoregressive Time Series With A Unit Root. *Journal Of The American Statistical Association*(74), 427- 431.
- Dickey, D., & Wayne, F. (1981). Likelihood Ratio Statistics For Autoregressive Time Series With A Unit Root. *Econometrica*(49), 1057-1072.
- Dineri, E., & Bazarova, A. (2015). Türkmenistan Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(9), 96-106.
- Dışişleri Bakanlığı (MFA). (2021). Haziran 10, 2021 tarihinde Türkiye'nin Enerji Stratejisi: https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa adresinden alındı
- dunyaenerji.org.tr. (2019). Yenilenebilir Enerjiler 2019-Küresel Durum Raporu: <https://www.dunyaenerji.org.tr/yenilenebilir-enerjiler-2019-kuresel-durum-raporu/> adresinden alındı

- dunyaenerji.org.tr(a)*. (2020). Haziran 11, 2021 tarihinde Covid-19'un Küresel Enerji Sektörüne Etkisi: <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2020/06/IEA-2020-Review.pdf> adresinden alındı
- dunyaenerji.org.tr(b)*. (2020). Haziran 11, 2021 tarihinde Türkiye Denge Tabloları: <https://www.dunyaenerji.org.tr/turkiye-enerji-denge-tablolari/> adresinden alındı
- dunyaenerji.org.tr(c)*. (2020). Haziran 11, 2021 tarihinde Dünyanın Nükleer Enerjiye Neden İhtiyacı Var?: <https://www.dunyaenerji.org.tr/dunyanin-neden-daha-fazla-nukleer-enerjiye-ihtiyaci-var/> adresinden alındı
- Ekonometri.com.tr*. (2021). Dünya Enerji Sorunu: <https://ekonometri.com.tr/dunya-enerji-sorunu/> adresinden alındı
- Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu (EPDK)*. (2020). Haziran 2, 2021 tarihinde LPG Yıllık Sektör Raporları: [epdk.gov.tr: https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108-1002/lpgyillik-sektor-raporlari](https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108-1002/lpgyillik-sektor-raporlari) adresinden alındı
- Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu (EPDK)*. (2021). Haziran 12, 2021 tarihinde 2020 Yılı Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94/dogal-gazyillik-sektor-raporu> adresinden alındı
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)*. (2020). Haziran 14, 2021 tarihinde Bilgi Merkezi: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-> adresinden alındı
- enerjiatlası.com*. (2020). Haziran 12, 2021 tarihinde Nükleer Enerji Santralleri: <https://www.enerjiatlası.com/nukleer/> adresinden alındı
- enerjiportali.com(a)*. (2021). Rüzgar Enerjisi Nedir?: <https://www.enerjiportali.com/ruzgar-enerjisi-nedir/> adresinden alındı
- enerjiportali.com(b)*. (2021). Nükleer Enerji Nedir? Nasıl Çalışır?: <https://www.enerjiportali.com/nukleer-enerji-nedir-nukleer-enerji-nasil-calisir/> adresinden alındı
- enerjiportali.com(c)*. (2021). Güneş Enerjisi Nedir?: <https://www.enerjiportali.com/gunes-enerjisi-nedir-4/> adresinden alındı
- enver.org.tr*. (2021). Enerji Verimli Tarım: <https://www.enver.org.tr/enerji-verimli-tarim> adresinden alındı
- Erbaykal, E., & Erman, E. (2007). Türkiye’de Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(1), 29-44.
- Erdal, G., Erdal, H., & Esengün, K. (2008). The Causality between Energy Consumption and Economic Growth in Turkey. *Energy Policy*, 36(10), 3838–3842.
- Erdoğan, S., & Gürbüz, S. (2014). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Yapısal Kırılmalı Zaman Serisi Analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(32), 79-87.
- Ersoy, A. Y. (2010, Nisan-Mayıs-Haziran). Ekonomik Büyüme Bağlamında Enerji Tüketimi. *Akademik Bakış Dergisi*, 20, 1-11.

- Ertuğrul, H. (2011). Türkiye’de Elektrik Tüketimi Büyüme İlişkisi: Dinamik Analiz . *Enerji, Piyasa ve Düzenleme* (2), 49-73.
- Euronews. (2019, 24 10). Haziran 5, 2021 tarihinde avrupa-da-lpg-li-otomobil-oran-en-yuksek-turkiye: <https://tr.euronews.com/2019/10/24/avrupa-da-lpg-li-otomobil-oran-en-yuksek-turkiye-de> adresinden alındı
- Eurostat. (2020). Haziran 5, 2021 tarihinde ec.europa.eu:: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agricultural_environmental_indicator_-_energy_use adresinden alındı
- Gross, C. (2012). Explaining The (Non)Causality between Energy and Economic Growth in The U.S.A Multivariate Sectoral Analysis. *Energy Economics*, 34(2). doi:10.1016/j.eneco.2011.12.002
- güneşsistemleri.com. (2021). Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihsel Gelişimi ve Türkiye’deki Yeri: <http://www.gunessistemleri.com/tarihsel.php> adresinden alındı
- Hamori, S., & Tokihisa, A. (1997). Testing for a unit root in the presence of a variance shift. *Economics Letters*, 57(3), 245-253.
- Hanifi, T., & Özen, A. (2018). Ana Sektörlerin Enerji Tüketimlerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği (1972-2015). *Business and Economics Research Journal*, 9(3), 499-512. Ana Sektörlerin Enerji Tüketimlerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği (1972-2015). adresinden alındı
- Hatemi, J., & Roca, E. (2014). Brics And Pigs In The Presence Of Uncle Sam And Big Brothers: Who Drive Who? Evidence Based On Asymmetric Causality Tests. *Griffith Business School Discussion Papers Finance*.
- Husaini, D., & Lean, H. (2015). Does Electricitiy Drive The Development of Manufacturing Sector in Malaysia. *Fronties in Energy Research*, 3(18), 1-7.
- IEA. (2021, Mart). *Turkey 2021 Analysis*. Haziran 14, 2021 tarihinde www.iea.org: <https://www.iea.org/reports/turkey-2021> adresinden alındı
- İlleez, B. (2020). *Türkiye’nin Enerji Görünümü- Türkiye’de Biyokütle Enerjisi*. Haziran 10, 2021 tarihinde mmo.org.tr: https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TEG-2020-13_%20Biyok%C3%BCTle%20Enerjisi%20_B%C3%BClent%20%C4%B0lleez.pdf adresinden alındı
- İncekara, Ç. Ö. (2019). Türkiye ve AB’nin Enerji Stratejileri ve Politikaları. *Journal of Turkish Operations Management*, 3(2), 298-313. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jtom/issue/51652/583491> adresinden alındı
- Jamil, F., & Ahmad, E. (2010). The Relationship between Electricity Consumption, Electricity Prices and GDP in Pakistan. *Energy Policy*, 38(10), 6016–6025.
- jeotermaldernegi.org.tr. (2021). Haziran 10, 2021 tarihinde Dünyada Jeotermal: <https://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Dunya-da-Jeotermal> adresinden alındı
- Jobert, T., & Karanfil, F. (2007). Sectoral Energy Consumption bource and Economic Growth in Turkey. *Energy Policy*, 35(11), 5447–5456.

- Jumbe, C. (2004). Cointegration and causality between electricity consumption and GDP: empricial evidence from Malawi. *Energy Economics*(26), 61-68.
- Kadioğlu, S., & Tellioglu, Z. (1996). Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri. TMMOB (Dü.), *Türkiye I. Enerji Sempozyumu : Bildiriler Kitabı* içinde (s. 55-67). Ankara: Türkiye Mimarlar ve Mühendisler Odası Başkanlığı (TMMOB).
- Kapusuzoğlu, A., & Karan, M. (2010). Gelişmekte Olan Ülkelerde Elektrik Tüketimiile Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) Arasındaki Eş-Bütünleşme ve Nedensellikilişkisinin Analizi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 57-68.
- Kar, M., & Kınık, E. (2008). Türkiye’de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 10(2), 333-353.
- Karagöl, E., Erbaykal, E., & Ertuğrul, H. (2007). Türkiye’de Ekonomik Büyüme İle Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8(1), 72-80.
- Karanfil, F. (2008). Energy Consumption and Economic Growth Revisited: Does The Size of Unrecorded Energy Consumption and Economic Growth Revisited: Does The Size of Unrecorded Economy Matter? *Energy Policy*, 36(8), 3029– 3035.
- Karhan, G. (2019). Does renewable energy increase growth? Evidence from EU-19 countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 341-346.
- Kavaz, İ. (2019, Aralık). Türkiye'nin Enerjide Gelecek Vizyonu. *SETA Perspektif*(252), 1-5. 2021 tarihinde Türkiye’nin Enerjide Gelecek Vizyonu: <https://setav.org/assets/uploads/2019/12/P252.pdf> adresinden alındı
- Kızılkaya, F. (2018). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İçeri: NIC Taneleri İçin Ampirik Bir Analiz. *ICOAEF'18 IV. Uluslararası Uygulamalı Ekonomi ve Finans Konferansı*, 4. Kuşadası-Aydın.
- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., & Uğurlu, İ. (2018, Temmuz-Eylül). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 59(692), 86-114. 2021 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/329337872_Dunyada_ve_Turkiye'de_Enerji_i_Gorunumunun_Genel_Degerlendirilmesi_General_Evaluation_of_Energy_Outlook_in_Turkey_and_the_World adresinden alındı
- Koç, E., & Kaya, K. (2015). Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu. *Mühendis ve Makina*, 56(668), 36-47.
- Korkmaz, Ö., & Develi, A. (2012). Türkiye’de Birincil Enerji Kullanımı, Üretimi ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Arasındaki İlişki. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(2), 1-25.
- Korkmaz, S., & Güngör, Ö. (2016). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik ilişkisi. *Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Metinleri*(2), 37-50.

- KPMG. (2020). Haziran 10 2021 tarihinde Enerji Sektörel Bakış 2020: <https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2020/03/sektorel-bakis-2020-enerji.html> adresinden alındı
- KPMG Türkiye. (2021). Petrol ve Doğal Gaz Sektörel Bakış Yeni Gerçeklik: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2021/04/petrol-dogalgaz-sektorel-bakis-2021.pdf> adresinden alındı
- Lau, C. (2009). A more powerful panel unit root test with an application to PPP. *Applied Economics Letters*, 16(1), 75-80.
- Lise, W., & Montfort, K. (2007). Energy consumption and GDP in Turkey: Is there a co-integration relationship? *Energy Economics*, 29(6), 1166–1178.
- Mackinnon, J. (1996). Numerical Distribution Functions For Unit Root And Cointegration Tests. *Journal Of Applied Econometrics*(11), 601-618.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2020). Haziran 7, 2021 tarihinde Kömür Arama Araştırmaları: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/komur-arama-arastirmalari> adresinden alındı
- Makine Mühendisleri Odası (MMO). (2020). Haziran 14, 2021 tarihinde LPG Nedir?: http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/75fcb6de80025fe_ek.pdf?tipi=68&tuu=X&sube=7 adresinden alındı
- Mucuk, M., & Uysal, D. (2009). Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Maliye Dergisi*(157), 105-115.
- Oral, M. (2020). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve PV2 Uygulamalarının Yerel Ölçekte Değerlendirilmesi: Karabük İli Örneği. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 482-503. doi:<https://doi.org/10.32003/igge.743513>
- Öksüzler, O., & İpek, E. (2011). Dünya Petrol Fiyatlarındaki Değişimin Büyüme ve Enflasyon Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(14), 15-34.
- Öncel, A., Kırca, M., & İnal, V. (2017). Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine Yönelik Zamanla Değişen Panel Nedensellik Analizi. *Maliye Dergisi*, 173, 398-420.
- Özata, E. (2010). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkilerin Ekonometrik İncelemesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(26), 101-113.
- Öztürk, Ö. (2019). *Dünyada Nükleer Enerji*. 2021 tarihinde <https://www.dunyaenerji.org.tr/>: <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2019/10/15EkimSunum.pdf> adresinden alındı
- Öztürk, S., & Yüksel, Ö. (2019). Karbondioksit Salınımı İle Büyüme Arasındaki İlişki: 1960-2014 Türkiye Örneği. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(3), 63-72.
- Petrol ve Doğal Gaz Platformu Derneği (PETFORM). (2019). Haziran 11, 2021 tarihinde www.petform.org.tr: <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/dunyada-petrol-uretimi/> adresinden alındı

- Phillips, P., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Polat, Ö., Uslu, E., & San, S. (2011). Türkiye’de Elektrik Tüketimi, İstihdam ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi*, 16(1), 349-362.
- pwc.com.tr. (2020, Ağustos). Türkiye Elektrik Piyasasına Genel Bakış: <https://www.pwc.com.tr/turkiye-elektrik-piyasasina-genel-bakis> adresinden alındı
- pwc.com.tr. (2021, Mart). Biyokütle ve Biyoenerji Sektörlerine Genel Bakış: <https://www.pwc.com.tr/tr/sektorler/enerji/biyokutle-ve-biyoenerji-sektorlerine-genel-bakis-web.pdf> adresinden alındı
- Qiaoping, N., & Xiaodong, Z. (2007). The Analysis of United Test of F Statistics in ADF Unit Root Test [J]. *Statistical Research*(2).
- Saatçi, M., & Dumrul, Y. (2013). The Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth: Evidence From A Structural Break Analysis For Turkey. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3(1), 20-29.
- Sancar, C., & Polat, M. (2015). Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi ve İthalat İlişkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*(12), 416-432.
- Sarı, R., & Soytaş, U. (2004). Disaggregate Energy Consumption, Employment and income in Turkey. *Energy Economics*, 26(3), 335– 344.
- Saunoris, J. W., & Sheridan, B. J. (2013). The dynamics of sectoral electricity demand for a panel of us states: New evidence on the consumption–growth nexus. *Energy Policy*, 61, 327-336.
- Savaş, B., & Durgun, B. (2016). Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(11), 213-244.
- Schmidt, P., & Phillips, P. (1992). LM tests for a unit root in the presence of deterministic trends. *Oxford bulletin of economics and statistics*, 54(3), 257-287.
- Schmidt, P., & Lee, J. (1991). A modification of the Schmidt-Phillips unit root test. *Economics Letters*, 36(3), 285-289.
- Schwert, G. (2002). Tests for unit roots: A Monte Carlo investigation. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(1), 5-17.
- Soytaş, U., & Sari, R. (2007a). Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Emissions: Challenges Faced by An EU Candidate Member. *Ecological Economics*, 68(6), 1667 – 1675.
- Soytaş, U., & Sarı, R. (2007b). The Relationship between Energy and Production: Evidence from Turkish Manufacturing Industry. *Energy Economics*, 29(6), 1151–1165.
- statista.com. (2021). Worlwide CO2 Emissions: <https://www.statista.com/statistics/264699/worldwide-co2-emissions/> adresinden alındı

- Syzdykova, A. (2018). Orta Asya Ülkelerinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi. *AKÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1), 87-99.
- Şahbaz, A., & Yanar, R. (2013). Türkiye’de Toplam ve Sektörel Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme İlişkisinin Ekonometrik Analizi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 50(575), 31-44.
- Şanlı, F. B., & Tuna, K. (2014). Türkiye’de Petrol Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Analizi. *Maliye ve Finans Yazıları*(102), 43-58. doi: 10.33203/mfy.519262
- Şengül, S., & Tuncer, İ. (2006). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: 1960- 2000. *İktisat, İşletme ve Finans*(21), 69-80.
- Şimşek, T. (2016). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin ARDL Sınır Testi ile İncelenmesi. *Journal Of International Management, Educational and Economic Perspectives*, 4(1), 69-78.
- Talu, N., & Kocaman, H. (2020). *İklimin.org*. Türkiye’de İklim Değişikliği ile Mücadelede Politikalar, Yasal ve Kurumsal Yapı: http://www.iklimin.org/egitimmateryalleri/TR%20Pol_NT.pdf adresinden alındı
- Tang, C., & Shahbaz, M. (2013). Sectoral Analysis of The Causal Relationship between Electricity Consumption and Real Output in Pakistan. *Energy Policy*, 60(9), 885–891.
- Tatlı, H. (2015). Çok Değişkenli Bir Üretim Modeli ile Toplam Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(4), 135-157.
- Terzi, H. (1998). Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *İşletme ve Finans Dergisi*, 13(3), 62-72.
- Topallı, N., & Alagöz, M. (2014). Energy Consumption and Economic Growth In Turkey: An Empirical Analysis. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(32), 151-159.
- Tuğcu, C., & Topçu, M. (2018). Total, Renewable and Non-Renewable Energy Tuğcu CT, Topcu M (2018), Total, Renewable and Non-Renewable Energy Point Of View. *Energy*, 152, 64-74.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2021). Haziran 15, 2021 tarihinde Sera Gazı Emisyon İstatistikleri 1990-2019: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> adresinden alındı
- Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ). (2020). Haziran 7, 2021 tarihinde Dünya Ve Türkiye Kömür Kaynak ve Rezerv Durumu: <https://www.tki.gov.tr/tr-TR/istatistikler> adresinden alındı
- Türkiye LPG Derneği (TLPGDER). (2021). 2020 Yılı Sıvılaştırılmış Petrol gazları Piyasası Sektör Raporu: [https://www.tlpgder.org.tr/duyurular/34270/-2020-yili-sivilastirilmis-petrol-gazlari-\(lpg\)-piyasasi-sektor-raporu-.aspx](https://www.tlpgder.org.tr/duyurular/34270/-2020-yili-sivilastirilmis-petrol-gazlari-(lpg)-piyasasi-sektor-raporu-.aspx) adresinden alındı
- Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB). (2020, Kasım). Haziran 7, 2021 tarihinde Enerji Görünümü 2020: <https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2020.pdf> adresinden alındı

- Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK).* (2021, Mayıs). 2020 Yılı Taş Kömürü Sektör Raporu: <http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2021/06/2020YiliTaskomuruSektorRaporu.pdf> adresinden alındı
- Türkyılmaz, O., Aytaç, O., & Bayrak, Y. (2020, Mayıs 22). *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2020 Sunumu*. Haziran 10, 2021 tarihinde mmo.org.tr adresinden alındı
- Uçak, S., & Usupbeyli, A. (2015). Türkiye’de Petrol Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişki. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 70(3), 769-787.
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).* (2021). Haziran 10, 2021 tarihinde Global Energy Review: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021> adresinden alındı
- Ulusoy, V. (2006). Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketimi: Bir Ekonometrik Uygulama: <http://www.trnpt.org/pdf/enerjikitabi/21.pdf>. adresinden alındı
- Usta, C. (2016). Türkiye’de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Bölgesel Analizi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 2(2), 181-201.
- Usta, C., & Berber, M. (2017). Türkiye’de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Sektörel Analizi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi* (13), 173-187. Haziran 8, 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/esad/issue/38972/456274> adresinden alındı
- Uygun, U., & Günay, H. (2018). 1975-2016 Dönemi İçin Türkiye’deki Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Ekonometrik Analizi. *Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü E-Dergi*, 1(2).
- Uzun, A. (2013). Toplam Elektrik Üretimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği (1980-2010). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 327-344.
- Uzunöz, M., & Akçay, Y. (2012). Türkiye’deki Büyüme ve Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik İlişkisi: 1970-2010. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 1-16.
- Wolde-Rufael, Y. (2004). Disaggregated Industrial Energy Consumption and GDP: The Case of Shanghai, 1952-1999. *Energy Economics*(26), 69-75. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(03\)00032-X](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(03)00032-X)
- Yanar, R., & Kerimoğlu, G. (2011). Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 3(2), 191-201.
- Yanardağ, M. (2016). Türkiye’de Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonomik Analizi. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 137-158.
- Yardımcı, P. (2016, Haziran). İçsel Büyüme Modelleri ve Türkiye Ekonomisinde İçsel Büyüme Dinamikleri. *Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F. Dergisi*(10), 96-115. Haziran 13, 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/107531> adresinden alındı
- Yılankırkan, N., & Doğan, H. (2020). Türkiye’nin Enerji Görünümü ve 2023 Yılı Birincil Enerji Arz Projeksiyonu. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 10(2), 77-92. Haziran 11, 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/buyasambid/issue/58914/801414> adresinden alındı

- Zhang, C., & Xu, J. (2012). Retesting The Causality between Energy Consumption and GDP in China: Evidence from Sectoral and Regional Analyses Using Dynamic Panel Data. *Energy Economics*, 34(6), 1782–1789.
- Ziramba, E. (2009). Disaggregate Energy Consumption and Industrial Production in South Africa. *Energy Policy*(37), 2214-2220.