

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI

**YENİLENEBİLİR ENERJİ CARİ AÇIK VE TASARRUF
İLİŞKİSİ: SEÇİLİ AB ÜLKELERİ VE TÜRKİYE PANEL
VERİ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Neriman ŞAŞOĞLU

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tuba DİREKÇİ

GAZİANTEP
Temmuz 2023

ÖZET

YENİLENEBİLİR ENERJİ CARİ AÇIK VE TASARRUF İLİŞKİSİ: SEÇİLİ AB ÜLKELERİ VE TÜRKİYE PANEL VERİ ANALİZİ

ŞAŞOĞLU, Neriman

Yüksek Lisans Tezi, İktisat Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tuba DİREKÇİ

Temmuz 2023, 136 Sayfa

Günümüz dünyasında, artan enerji ihtiyacı ve bu ihtiyaç doğrultusunda büyük oranda kullanılan fosil yakıtların gerek çevreye verdiği zarar gerekse de orantısız dağılımı sebebiyle meydana gelen cari açık ve enerji krizleri, ekonomileri hem enerji tasarrufu hem de alternatif bir enerji üretimi arayışına itmiştir. Dolayısıyla, geçmişten günümüze kadar bu arayış doğrultusunda, alternatif enerji kapsamında yenilenebilir enerji türleri gündem oluşturmuştur. Bu alandan hareketle ülke grupları üzerine yapılan çalışmalarda çok sayıda enerji tüketimi ve üretiminin makroekonomik değişkenler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ancak tasarruf üzerine nadir çalışmalara rastlanılmıştır. Bu çalışmada 1990-2015 yıllarını kapsayan dönem baz alınarak 20 AB ülkesi ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimi ve fosil yakıt üretiminin tasarruf ve cari açık üzerindeki etkisi ve nedensellik ilişkisinin olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu doğrultuda serilerin durağanlığını test etmek için Pesaran (2007), 2. Nesil birim kök (CIPS) testi, çalışmada doğru modellerin tahmin edilebilmesi için Hausman testi, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkilerin gözlemlenebilmesi için Rassal Etkiler GLS Regresyonu tahmin edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için Kao (1999) eşbütünleşme testi ve değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığını ve yönünü test etmek için Dumitrescu-Hurlin (2012) nedensellik testi kullanılmıştır. Ampirik sonuçlar; DREC, DREP ve DFEP'ten DCİD ve DGSYT'ye doğru 2. Gecikme düzeyi dikkate alınarak tek yönlü nedensellik olduğu gözlemlenmektedir. Yani yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimi ve fosil enerji üretimi Cari İşlemler Dengesinin nedenidir. Yenilenebilir enerji üretimi, tüketimi ve fosil enerji üretimi 2. Gecikme düzeyinde birbirlerinin nedenidir. Dolayısıyla, analiz sonuçlarına göre yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimi tasarruf ve cari açık üzerinde olumlu bir etki bırakmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Tasarruf, Cari Açık, Panel Veri Analizi

ABSTRACT
RENEWABLE ENERGY CURRENT ACCOUNT DEFICIT AND SAVINGS
RELATIONSHIP: SELECTED EU COUNTRIES AND TURKEY PANEL DATA
ANALYSIS

ŞAŞOĞLU, Neriman
Master Thesis, Department of Economics
Supervisor: Prof. Dr. Tuba DİREKÇİ
July 2023, 136 Pages

In today's world, the current account deficit and energy crises caused by the increasing need for energy and the disproportionate distribution of fossil fuels, which are largely used in line with this need, have pushed economies to seek both energy savings and an alternative energy production. Therefore, in line with this quest from past to present, renewable energy types have been on the agenda within the scope of alternative energy. Based on this area, the effects of a large number of energy consumption and production on macroeconomic variables have been investigated in studies on country groups. However, rare studies on saving have been encountered. In this study, based on the period covering the years 1990-2015, it is investigated whether there is a causal relationship and the effect of renewable energy consumption, renewable energy production and fossil fuel production on savings and current account deficit of 20 EU countries and Turkey. Accordingly, to test the stability of the series, Pesaran (2007), 2. Generation unit root (CIPS) test, Hausman test to predict accurate models in the study, Stochastic Effects GLS Regression were predicted to observe the effects of independent variables on dependent variables. Kao (1999) cointegration test was used to determine the relationship between variables and Dumitrescu-Hurlin (2012) Causality test was used to test the existence and direction of causality relationship between variables. Empirical results; From DREC, DREP and DFEP to DCID and DGSYT 2. Considering the level of latency, it is observed that there is one-way causality. In other words, renewable energy consumption, renewable energy production and fossil energy production are the reasons for the Current Account Balance. Renewable energy production, consumption and fossil energy production 2. The level of latency is the cause of each other. Therefore, according to the results of the analysis, renewable energy production and consumption have a positive impact on savings and the current account deficit.

Keywords: Renewable Energy, Savings, Current Account Deficit, Panel Data Analysis

ÖNSÖZ

Öncelikle Kahramanmaraş, Gaziantep, Malatya, Hatay, Adıyaman, Adana, Diyarbakır, Osmaniye, Kilis, Şanlıurfa ve Elâzığ depremlerinde başta yakınlarım ve akrabalarım olmak üzere tüm hayatını kaybedenlerin ruhu şad olsun. Yakınlarına baş sağlığı diliyorum.

Çalışmanın her aşamasında yanımda olan, bana balık vermeyip balık tutmayı öğreten, adaletli davranışı, liyakatten şaşmaması, sevgisi, saygısı ve sabrı için değerli danışman hocam Prof. Dr. Tuba DİREKÇİ'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Bana olan inancını asla yitirmeyen, maddi manevi hiçbir desteğini esirgemeyen biricik annem Zeynep ŞAŞOĞLU ve babam İsmail ŞAŞOĞLU'na, başarılarımla gurur duyan çok sevdiğim biricik kız kardeşim Ülkü Gülay ŞAŞOĞLU'na, Abim M. Emrullah ŞAŞOĞLU'na, erkek kardeşim A. Cumali ŞAŞOĞLU'na ve yine koşulsuz her daim yanımda olan kıymetli dostlarıma sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi borç bilirim.

Ulu Önder Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün "Vatanını en çok seven görevini en iyi yapandır." Cümlesinin öncülüğünce ve bilimin ışığında, haksızlıklara boyun eğmeden görevimizi en iyi şekilde yapmak dileğiyle...

Çalışmamı depremden dolayı yarım kalan tüm hayatlara ithaf ediyorum...

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR	xi

GİRİŞ

A. Araştırmanın Konusu ve Problemi	1
B. Araştırmanın Amacı ve Önemi	2
C. Araştırmanın Yöntemi	2
D. Sınırlılıklar	3

BÖLÜM I

ENERJİ KAYNAKLARI

1.1. Enerji Kavramı ve Tarihsel Gelişimi	4
1.2. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	7
1.2.1. Kömür	8
1.2.2. Petrol	13
1.2.3. Doğal Gaz	18
1.2.4. Nükleer Enerji	23
1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	31
1.3.1. Hidroelektrik Enerjisi	32
1.3.2. Jeotermal Enerji	38
1.3.3. Biyogaz Enerjisi	40
1.3.4. Diğer Enerji Kaynakları	42
1.3.5. Rüzgâr Enerjisi	48
1.3.6. Güneş Enerjisi	54

BÖLÜM II

AB ÜLKELERİ VE TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARI VE HEDEFLERİ

2.1. AB Temel Enerji Politikası Amaç ve Hedefleri.....	62
2.2. Türkiye’nin Enerji Politikaları.....	67
2.3. Cari Açık ve Enerjinin Rolü.....	78
2.4. Tasarruf ve Enerjinin Rolü.....	80

BÖLÜM III

LİTERATÜR TARAMASI

3.1. Panel Veri Analizi Teorik Çerçeve	96
3.1.1. Yatay Kesit Bağımlılığı	96
3.1.1.1. Breusch-Pagan (1980) LM testi	97
3.1.1.2. Sapması uyarlanmış LM testi.....	97
3.1.1.3. Pesaran (2004) CD testi	98
3.1.2. Panel Birim Kök Testleri	99
3.1.3. Homojenlik Testi.....	99
3.1.4. Hausman Testi.....	102
3.1.5. Modelin Korelasyon Katsayısı.....	101
3.1.6. Dumitrescu ve Hurlin (2012) Nedensellik Testi	106
3.2. Veri Seti ve Yöntem.....	107
3.2.1. Tanımlayıcı İstatistikler	109
3.2.2. Yatay Kesit Bağımlılığının Test Edilmesi	110
3.2.3 Homojenlik testi sonuçları	111
3.2.4. Değişkenler Arası Korelasyon Matrisi.....	112
3.2.5. Hausman Test Sonuçları	114
3.2.6. Rassal Etkiler GLS Regresyonu.....	115
3.2.7. Birim Kök Test Sonuçları	117
3.2.8. Kao Eşbütünleşme Testi.....	119
3.2.8. Dumitrescu ve Hurlin (2012) Nedensellik Test Sonucu	121

SONUÇ

KAYNAKÇA	130
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
VITAE	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. AB Ülkeleri ve Türkiye’de kömür üretimi (1990-2020, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022)	9
Tablo 1.2. AB Ülkeleri ve Türkiye’de Kömür Tüketimi (1990-2020, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022)	11
Tablo 1.3. AB Ülkelerinde petrol üretimi (1990-2020, Günlük Bin Varil) (Statistical Review of World Energy , 2022)	14
Tablo 1.4. AB Ülkeleri ve Türkiye’de petrol tüketimi (1990-2020, Günlük Bin Varil) (Statistical Review of World Energy , 2022)	16
Tablo 1.5. AB Ülkelerinde doğal gaz üretimi (1990-2020, Milyar Metreküp) (Statistical Review of World Energy , 2022)	19
Tablo 1.6. AB Ülkeleri ve Türkiye’de doğal gaz tüketimi (1990-2020, Milyar Metreküp) (Statistical Review of World Energy , 2022)	21
Tablo 1.7. AB Ülkelerinde nükleer enerji üretimi (1990-2020, Terawatt Hours) (Statistical Review of World Energy , 2022)	27
Tablo 1.8. AB Ülkelerinde nükleer enerji tüketimi (1990-2020, TW/h) (Statistical Review of World Energy , 2022)	29
Tablo 1.9. AB Ülkeleri ve Türkiye’de hidroelektrik üretimi (1990-2020, TW/h) (Statistical Review of World Energy , 2022)	33
Tablo 1.9. (Devamı)	34
Tablo 1.10. AB Ülkeleri ve Türkiye’de hidroelektrik tüketimi (1990-2020, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022)	36
Tablo 1.11. AB Ülkeleri ve Türkiye’de jeotermal, biyogaz ve diğer enerjiler üretim (1990-2020, TWh) (Statistical Review of World Energy , 2022)	43
Tablo 1.11. (Devamı)	44
Tablo 1.12. AB Ülkeleri ve Türkiye’de jeotermal, biyogaz ve diğer enerjiler tüketim (1990-2020, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022)	46
Tablo 1.13. AB Ülkeleri ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi üretim (2009-2020, TW/h) (Statistical Review of World Energy , 2022)	49
Tablo 1.13. (Devamı)	50
Tablo 1.14. AB Ülkeleri ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi tüketim (2009-2020, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022)	52

Tablo 1.15. AB Ülkeleri ve Türkiye’de güneş enerjisi üretim (2009-2020, TW/h) (Statistical Review of World Energy , 2022)	57
Tablo 1.16. AB Ülkeleri ve Türkiye’de güneş enerjisi tüketim (2009-2020, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022)	59
Tablo 2.1. Türkiye’nin Kaynak Ülkelere Göre Doğal Gaz İthalat Miktarları (milyon Sm ³ 2022) (EPDK, 2022)	76
Tablo 3.1. Literatür Taraması Özeti	82
Tablo 3.1. (Devamı)	83
Tablo 3.1. (Devamı)	84
Tablo 3.1. (Devamı)	85
Tablo 3.1. (Devamı)	86
Tablo 3.1. (Devamı)	87
Tablo 3.2. Analizde yer alan AB ülkeleri ve Türkiye	108
Tablo 3.3. Çalışmada kullanılan değişkenler ve açıklamaları	109
Tablo 3.4. Bağımlı değişkenin CİD olduğu özet ve tanımlayıcı istatistikler	110
Tablo 3.5. Bağımlı değişkenin GSYT olduğu özet ve tanımlayıcı istatistikler	110
Tablo 3.6. Bağımlı değişkeni CİD olan yatay kesit bağımlılığı testi	110
Tablo 3.7. Bağımlı değişkeni GSYT olan yatay kesit bağımlılığı testi	111
Tablo 3.8. Bağımlı değişkeni CİD olan homojenlik testi	112
Tablo 3.9. Bağımlı değişkeni GSYT olan homojenlik testi	112
Tablo 3.10. Bağımlı değişkenin GSYT olduğu korelasyon matrisi	113
Tablo 3.11. Bağımlı değişkenin CİD olduğu korelasyon matrisi	114
Tablo 3.12. Bağımlı değişken CİD olan Hausman testi	114
Tablo 3.13. Bağımlı değişken GSYT olan Hausman testi	115
Tablo 3.14. Bağımlı değişken DCİD olan Rassal Etkiler GLS Regresyon testi	115
Tablo 3.16. Bağımlı değişken DGSYT olan Rassal Etkiler GLS Regresyon testi	116
Tablo 3.17. Bağımlı değişken DGSYT olan Rassal Etkiler GLS Regresyon testi	117
Tablo 3.18. Bağımlı değişkeni CİD olan 2. Nesil birim kök testi (CIPS)	118
Tablo 3.19. Bağımlı değişkeni GSYT olan 2. Nesil birim kök testi (CIPS)	118
Tablo 3.20. Bağımlı değişkeni DCİD olan 2. Nesil birim kök testi (CIPS)	119
Tablo 3.21. Bağımlı değişkeni DGSYT olan 2. Nesil birim kök testi (CIPS)	119
Tablo 3.22. Bağımlı değişken CİD olan Kao Eşbütünleşme Testi	120
Tablo 3.23. Bağımlı değişken GSYT olan Kao Eşbütünleşme Testi	120

Tablo 3.24. Bağımlı değişkeni CİD olan nedensellik analizi.....	121
Tablo 3.25. Bağımlı değişkeni GSYT olan nedensellik analizi	122



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. AB Ülkeleri ve Türkiye’de kömür üretimi (2020 Yüzdeler, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022)	10
Şekil 1.2. AB Ülkeleri ve Türkiye’de Kömür Tüketimi (2020, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022).....	12
Şekil 1.3. AB Ülkelerinde petrol üretimi (2020, Günlük Bin Varil) (Statistical Review of World Energy , 2022).....	15
Şekil 1.4. AB Ülkeleri ve Türkiye’de petrol tüketimi (2020, Günlük Bin Varil) (Statistical Review of World Energy , 2022)	17
Şekil 1.5. AB Ülkelerinde doğal gaz üretimi (2020, Milyar Metreküp) (Statistical Review of World Energy , 2022)	20
Şekil 1.6. AB Ülkeleri ve Türkiye’de doğal gaz tüketimi (2020, Milyar Metreküp) (Statistical Review of World Energy , 2022)	22
Şekil 1.7. Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği (INES) (Günalp, 2017)	24
Şekil 1.8. Dünyadaki En Riskli Nükleer Kazalar (Günalp, 2017)	25
Şekil 1.9. AB Ülkelerinde nükleer enerji üretimi (2020, TW/h) (Statistical Review of World Energy , 2022).....	28
Şekil 1.10. AB Ülkelerinde nükleer enerji tüketimi (1990-2020, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022).....	30
Şekil 1.11. AB Ülkeleri ve Türkiye’de hidroelektrik üretimi (2020, Yüzde) (Statistical Review of World Energy , 2022)	35
Şekil 1.12. AB Ülkeleri ve Türkiye’de hidroelektrik tüketimi (2020, EJ) (Statistical Review of World Energy , 2022)	38
Şekil 1.13. AB Ülkeleri ve Türkiye’de jeotermal, biyogaz ve diğer enerjiler üretim (2020, Yüzde) (Statistical Review of World Energy , 2022)	45
Şekil 1.14. AB Ülkeleri ve Türkiye’de jeotermal, biyogaz ve diğer enerjiler tüketim (2020, Yüzde) (Statistical Review of World Energy , 2022)	47
Şekil 1.15. AB Ülkeleri ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi üretim (2020, Yüzde) (Statistical Review of World Energy , 2022)	51
Şekil 1.16. AB Ülkeleri ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi tüketim (2020, Yüzde) (Statistical Review of World Energy , 2022)	53
Şekil 1.17. AB Ülkeleri ve Türkiye’de güneş enerjisi üretim (2020, Yüzde) (Statistical Review of World Energy , 2022)	58

Şekil 1.18. AB Ülkeleri ve Türkiye’de güneş enerjisi tüketim (2020, Yüzde) (Statistical Review of World Energy , 2022)	60
Şekil 2.1. AB Ülkeleri enerji üretimi (2021, Yüzde) (Eurostat, 2023)	66
Şekil 2.2. AB Ülkeleri enerji ithalatı (2021, Yüzde) (Eurostat, 2023)	67
Şekil 2.3. Türkiye’nin Kaynak Ükelere Göre Doğal Gaz İthalat Miktarları (2022 Yüzde) (EPDK, 2022).....	76
Şekil 2.4. Türkiye’de Ükelere Göre Petrol İthalat Miktarları (2023, Ton, Yüzde) (EPDK, 2022)	77
Şekil 2.5. Türkiye’de enerji üretimi için kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı (2023, Yüzde) (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).....	78



KISALTMALAR

AB: Avrupa Birliği

AC: Alternatif Akım

DC: Doğru Akım

EJ: Exajoule

EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

GW: Gigawatt

GBV: Günlük Bin Varil

INES: Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği

MW: Megawatt

Kcal/Kg: Kilogramkalori

Mt: Milyon Ton

OSB: Organize Sanayi Bölgesi

PJ: Petajoule

PV: Fotovoltaik

SBB: Strateji ve Bütçe Başkanlığı

TJ: Terajoule

TW: Terawatt

W/m²: Watt Metre Kare

GİRİŞ

A. Araştırmanın Konusu ve Problemi

Artan nüfus, sanayileşme ve gelişen teknolojilerle birlikte enerji kaynaklarına olan ihtiyaç gün geçtikçe daha da artış göstermektedir. İkincil enerji olarak nitelendirilen elektrik enerjisi, geniş kullanım alanına sahip enerji kaynağı olmakla birlikte gün geçtikçe daha da önemli bir pozisyon almaktadır. Elektrik kullanımı günümüzde her alana yayılmış, üretildiği kaynağa göre ise ülkelerin gelişmişlik düzeyinin bir göstergesi haline gelmiştir. Enerji kaynaklarına sahip olma ihtiyacı, sanayi devriminden sonra enerji ve enerji kaynakları uluslararası güç dengesini belirleyen en önemli unsurlardan bir tanesi haline gelmiştir. Bu dönem, enerjinin ülkeler arasındaki ilişkileri üzerindeki etkisini de arttırmıştır. Enerji, ülkelerin kalkınma ve refah düzeylerini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Sanayileşmenin temelini sağlanması için ham maddeler ve madenlerin işlenmesi için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda gerekli mal ve hizmetlerin üretimi için fabrikalardaki makinaların işleyebilmesi ve katkı sağlayabilmesi için kullanıldığından önemli bir role sahiptir. Bu noktada Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler enerji ithal ettikleri için cari açık meydana gelmektedir. Enerji tasarrufu için çalışmalar devam etse de nitekim dünyanın artan nüfusu ve ihtiyaçlarını karşılamak için alternatif enerji kaynaklarının üretimine ihtiyaç vardır. Sanayileşmiş ülkeler fosil yakıtları kullanarak, çevre kirliliği, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi birçok soruna neden olmuştur. Ek olarak fosil yakıtlara sahip ülkelerin enerji tekeli haline gelmesi ve diğer ülkelerin enerji arzı güvenliğinin olmaması; bu nedenlere bağlı olarak söz konusu ülkelerin cari açık dengelerinin alt üst olması ve tasarrufların bir bölümünün enerji temini noktasında erimesi ülke ekonomilerini çıkmaza sokmaktadır. Dolayısıyla enerji temini ve yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi ve daha aktif politikaların gündeme getirilmesi büyük önem arz etmektedir.

B. Araştırmanın Amacı ve Önemi

1970'lerde meydana gelen enerji krizi sonrası ülkeler yeni bir enerji kaynağı arayışına girmiştir. Bu arayışa, fosil yakıtların yeryüzüne adaletsiz dağılımı, dalgalanan enerji fiyatları ve fosil yakıtların çevreye ve iklime verdiği ağır tahribatlar neden olmuştur. Fosil yakıt kullanımının küresel etkilerini ele almak için, dünya genelinde çaba gösterilmelidir. Zira küresel ısınmanın etkilerinden dünya geneli ülkeler etkilenmektedir. Dolayısıyla saf kamu yararına zarar verilmiş olmaktadır. Örneğin; fosil yakıt kullanan ülkeler fosil yakıtları yakıp atmosfere sera gazı salıyorsa, bu gazların seviyeleri belli bir noktaya ulaştıktan sonra, artan ısınmanın etkilerinin yükünü sadece fosil yakıt kullanan ülkeler değil, tüm dünya taşımak zorunda kalacaktır.

Güncel veri istatistiklerine bağlı olarak Türkiye'nin hala ciddi oranda enerji ithalatında bulunduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda Türkiye enerjiye bağımlı bir ülke olmakla birlikte cari açık ve tasarrufu etkiliyor. Bu da Türkiye için olumsuz bir etkiye sahiptir. Türkiye'nin jeopolitik konumu ve jeolojik konumu göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir enerji kullanımı ile enerji ihtiyacını karşılayabilir. Bu çalışmada yenilenebilir enerjinin önemi, üretimi ve tüketimi incelenerek ekonometrik analiz desteğiyle yenilenebilir enerji kullanımının önemi, gereken teşviklerin vurgulanması ve uygun politikaların önerilmesi amaçlanmaktadır.

C. Araştırmanın Yöntemi

Çalışma 1990-2015 yılları arasındaki dönemlere ait veriler yıllık veriler olup, 20 AB ülkesi ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimi ve fosil yakıt üretiminin; iki analiz yöntemi ile Cari Açık ve Tasarruf içindeki payı ve nedensellik ilişkisinin olup olmadığı araştırılmaktadır. Araştırmada, AB ülkelerinden 20 ülke alınmasının nedeni verilerin kısıtlı olmasının ve zamansal dönemin ülke sayısı arttıkça azalmasından kaynaklanmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde enerji tarihine, enerji türlerine ve AB'nin ve Türkiye'nin enerji politikalarına değinilmiştir. Burada amaç analizlerin teorik çerçevesini oluşturmaktır. İkinci bölümde 20 AB ülkesi ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimi ve fosil yakıt üretiminin tasarruf üzerindeki etkisi ve nedensellik ilişkisinin olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu doğrultuda

ilk olarak çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin yatay kesit bağımlılığı; Breusch-Pagan (1980) LM testi, Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) yanlılık uyarlı LM testi ve Pesaran (2004) CD testleri ile test edilmiştir. Devamında çalışmanın seyrini belirlemek için Homojenlik testi ve çalışmada bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisinin açıklanabilmesi için Hausman ve Random Effect testleri uygulanmıştır. Yatay kesit bağımlılığı sonucuna göre serilerin durağanlığını test etmek için Pesaran (2007) 2. Nesil birim kök (CIPS) testi kullanılmıştır. Son olarak çalışmada değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığını ve yönünü test etmek için Dumitrescu-Hurlin (2012) Nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Araştırmada, AB ülkelerinden 20 ülke alınmasının nedeni verilerin kısıtlı olmasının ve zamansal dönemin ülke sayısı arttıkça azalmasından kaynaklanmaktadır.

Son olarak çalışmanın üçüncü bölümünde, çalışmanın genel hattı hakkında, ampirik çalışmanın sonuçlarının değerlendirilmesi, literatürde yer alan çalışmaların benzerliği ve farklılıkları ortaya koyulmuştur. Bu bağlamda elde edilen bulgular ışığında mevcut politikaların geliştirilmesi ve yeni politika önerilerinde bulunulmuştur.

D. Sınırlılıklar

Bu çalışma, kavramsal çerçeve itibari ile ulaşılabilen makaleler, dergiler, lisansüstü ve doktora tezleri, internet veri tabanları, süreli yayınlar gibi yazılı bilgili kaynakları ile sınırlandırılmıştır.

Yine çalışmada uygulama kısmında yer alan Gayri safi yurtiçi tasarruf, cari açık dengesi, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimi ve fosil enerji üretimi ilişkisinin analizi ve bu değişkenlerle uygulanan testler için Stata16 paket programı kullanılmıştır. İnceleme konusunu oluşturan değişkenler 1990 ile 2015 dönemlerini kapsayan yıllık değerleri ile sınırlı kalmıştır.

BÖLÜM I

ENERJİ KAYNAKLARI

1.1. Enerji Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Enerji kavramı için birçok tanımlama söz konusu olmakla birlikte bu tanımlamalar arasında genel olarak kabul görenlere göz atıldığında ilk olarak TDK (TDK)'ye göre; doğadaki maddede var olan, ısı ve ışığın tepkimeye uğraması yoluyla elde edilen güçtür. Aynı zamanda insan vücudunda organların çalışması ve vücut ısısının devam ettirilebilmesi için besinlerden alınan güçtür. Öte yandan, edebi açıdan bakıldığında manevi güç olarak tanımlanan bir yaşam enerjisidir.

Smith ve Taylor (2008)'a göre enerjinin yaygın olarak kabul gören fiziksel tanımı, belirli kuvvetlerin iş yapma kapasitesidir. Kinetik ve potansiyel olmak üzere iki çeşit enerji türleri vardır. Kinetik enerji; Hareket halindeki enerjidir. Elektrik ve termal gibi enerji türlerini içermektedir. Bu kategoriye giren yenilenebilir enerji türleri; rüzgâr, hidroelektrik ve jeotermal olarak sınıflandırılmaktadır. Potansiyel enerji ise nesnelere depolanan ve kimyasal dönüşüm yolu ile serbest bırakılabilen enerjinin türüdür. Bu enerjinin türleri ise biyokütle ve nükleer enerjidir.

Gezen ve Karaaslan (2017, s. 3)'a göre enerji kavramı, Yeryüzünde yalnızca insanlar için değil aynı zamanda tüm canlılar için önemli bir konumdadır. Yaşamın başlangıcından bu yana süregelen bu olgu eylemlerin yerine getirilebilmesi için önemli bir faktördür. Yani enerji, iş yapabilme yeteneği olarak adlandırılmaktadır. İnsanlık, hayatını idame ettirebilmek için yaşamının her anında enerjiye ihtiyaç duymaktadır. İlk çağlarda enerji ihtiyacını beden gücü ile karşılarken, daha sonraları ise hayvan gücü yardımıyla karşılamaya başlamış ve hem zamandan hem de vücut enerjisinden tasarruf etmiştir. Daha sonralarda ise ateş keşfedilerek odun ve kömürden faydalanılmıştır. Bu

keşfin sonucunda buhar enerjisi keşfedilmiştir. Teknoloji çağına geçerken birçok enerji kaynağının keşfi gerçekleşmiş ve bu keşiflerle enerji kaynağı çeşitliliği oldukça artmıştır. Günümüzde ise hala keşfedilmeyi bekleyen enerji kaynaklarının olduğunun tahmin edildiği yönünde düşünceler mevcuttur.

Enerji kaynaklarına sahip olma ihtiyacı, sanayi devriminden sonra enerji ve enerji kaynakları uluslararası güç dengesini belirleyen en önemli unsurlardan bir tanesi haline gelmiştir. Bu dönem, enerjinin ülkeler arasındaki ilişkileri üzerindeki etkisini de arttırmıştır (Üçgül & Elibüyük , 2017). Enerji, ülkelerin kalkınma ve refah düzeylerini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Sanayileşmenin temelini sağlanması için ham maddeler ve madenlerin işlenmesi için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda gerekli mal ve hizmetlerin üretimi için fabrikalardaki makinaların işleyebilmesi ve katkı sağlayabilmesi için kullanıldığından önemli bir role sahiptir (Uğur & Özsabuncuoğlu, 2005).

Enerjinin tarihi aslında dünyanın ilk var olduğu zamana dayanmaktadır. Dahl (2004), Uluslararası Enerji Piyasalarının Fiyatlandırma, Politikalar ve Karları Anlama (Internatinal Energy Markets Understanding Pricing, Polices and Profits) kitabında enerjinin tarihine değinmiştir. Dahl (2004)'a göre güneşin yaklaşık 5,5 milyar yıl önce oluşmasıyla doğrudan ya da dolaylı olarak enerji kaynaklarının temel kaynağı haline gelmiştir. Güneşin oluşumundan bir süre sonra dünya oluşmuş ve çok sonralardan dünyanın kabuğu katılaşmış içi ise eriyik kalmış. Böylelikle Jeotermal enerji kaynağı meydana gelmiştir. Prekambriyen dönemden yarım milyar yıl önce okyanuslarda yaşam oluşmuştur. Okyanus tabanında kalan canlıların çürümesi ile petrolün ana kaynağı oluşmuştur. Devoniyen döneme gelindiğinde ise artık kömür oluşmaya başlamıştır. Karbonifer döneme gelindiğinde ise Kuzey Amerika ve Avrupa'da başlıca kömür yatakları oluşmuştur. Büyük kömür yatakları ise Karbonifer ve Pliyosen dönemlerinde oluşmuştur.

İnsanlık var olduğunda, onlar gelmeden önce oluşan bu enerji kaynaklarının bilincine varmamış ve güneşle ısınıp odun yakmayı öğrenmiştir. Başlıca ulaşım aracı olarak da kendi kaslarını kullanmışlardır. Zaman geçtikçe bitki ve hayvansal kaynaklar hakkında bilgi edinmiş, daha fazla enerji kaynağı elde etmek adına bitki ve hayvanları

evcilleştirmişlerdir. Evcilleştirme ile birlikte iki türlü yaşam tarzı benimsenmiştir. Bunlar sürü ve tarım yaşamı olarak gerçekleşmiştir. Yine 1800'lü yıllara kadar uzun yıllar boyunca kölelik birçok alanda sürdürülen bir enerji kaynağı olmuştur. M.Ö. 3000 yılına gelindiğinde, Orta Doğulular yelkenleri ve ilkel su çarklarını hareket ettirmek için rüzgârı kullanmışlardır. Bir süre sonra, ısıtma kalıbı ve bakır soğğunun bronz oluşturduğu keşfedilmiştir. M.Ö. 1200 civarında, insanlar demir cevherini kömür ve oksijen varlığında ısıtarak demirin nasıl saflaştırılacağını keşfettiler. Yine aynı dönemde benzer fakat daha yüksek karbon içeriğine sahip demirden daha saf olan çelik keşfedilmiştir. Ahşabın inşaat için kullanılması ve devamında demir ve çelik üretimi için odun kömürünün bulunması, odun arzı üzerinde ciddi bir baskı yaratmıştır. Bu baskı kıtlığa neden olmuştur. Yunanistan ve İtalya'da M.Ö. 500'e kadar erken bir tarihte odun kıtlığı yaşanmıştır. 1660 yılında İngilizler kömür üretiminde dünya arzının çoğunu karşılıyor hale gelmiştir. 1700'lerin başında Thomas Newcomen su pompalamak için buhar motorunu geliştirmiş, Abraham Darby koklaşabilir taş kömürünü meydana çıkarmış ve kömür talebini büyük ölçüde artırmıştır. 1765 yılına gelindiğinde ise James Watt tarafından sanayi devrimini daha da teşvik edecek türde buhar motorlarının akan suya ihtiyaç duymayan makine kullanımlarına izin vermiştir. 1800'lerin başında, kömür, buharlı lokomotif ve buharlı tekne ile birlikte taşımacılığın yönünü değiştirmiş ve yaklaşık bir yüzyıl sonra içten yanmalı motorlar, otomobil ve uçaklara yerleştirilmiştir. Bu yenilikler petrol kullanımını arttırmış ve 20. Yüzyıl üzerinde derin etkisi olmuştur. Kısaca Dahl'a göre enerji, en eski zamanlardan beridir yakıt ve enerji kullanımı devam etmektedir. Isı, ışık, yağlama, ulaşım, mekanik güç ve savaş için malzemelerin üretiminde kullanılmıştır. Bu nedenle temel ihtiyaçların çoğunun değişmeden kalması ve insanların bu ihtiyaçları giderek daha spesifik teknolojilerle kullanımının yolunu aramaya devam etmeleri araç ve amaç kullanım yöntemlerinin de seyrini değiştirmiştir (Dahl, 2004, s. 15, 18).

Artan nüfus, sanayileşme ve gelişen teknolojilerle birlikte enerji kaynaklarına olan ihtiyaç gün geçtikçe daha da artış göstermektedir. İkincil enerji olarak nitelendirilen elektrik enerjisi, geniş kullanım alanına sahip enerji kaynağı olmakla birlikte gün geçtikçe daha da önemli bir pozisyon almaktadır. Elektrik kullanımı günümüzde her alana yayılmış, üretildiği kaynağa göre ise ülkelerin gelişmişlik düzeyinin bir göstergesi haline gelmiştir (Kar, Ağır , & Türkmen , 2019).

1.2. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları, kullanıldıkça tükenen ve yeniden oluşumu yüzyıllar süren kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtları ifade etmektedir. Fosil yakıtlar oluşum süreçleri bakımından benzerlik göstermektedir. Yüz milyonlarca yıl önce dünya sığ denizler ve bataklıklarla dolu bir yapıdayken, burada yetişen bitki, plankton ve algler fotosentez yaparak enerji yaratmışlardır. Söz konusu organizmalar öldüklerinde ise suların altına sürüklenmiş, zamanla kaya ve diğer tortulların üzerinde birikerek belli bir ısı ve basınç altında kalarak kimyasal tepkimelere uğramışlardır. Bu tepkime sonucunda katı, sıvı ve gaz halinde fosil yakıtlara dönüşmüşlerdir (Mucuk & Gerçeker, 2021, s. 38).

Smith ve Taylor (2008)'a göre jeolojik birikintilerde tutulan çürümüş bitki ve hayvanların asırlık kalıntılarında elde edilen fosil yakıtlar, aynı zamanda hidrokarbon bazlı yakıtlar olarak da bilinmektedir. Hidrokarbon bazlı yakıtlar arasında; kömür, petrol ve doğal gaz bulunmaktadır. Bu yakıtlar, oluşumları milyonlarca yıl sürdüğünden çabuk tükenir ama kolay yenilemez. Dolayısıyla yenilenemeyen enerji türleri olarak da bilinmektedir. Dünya genelinde en çok kullanıma tabi olan enerji kaynağı şüphesiz ki fosil yakıtlardır. Petrol, şu anda kullanılan fosil yakıtlardan ilk sırada yer almaktadır. Petrolden elde edilen enerji ile ulaşım, ısıtma, sanayi ve endüstriyel alanlarda uygulanmaktadır. Petrol kullanımının çoğunluğu, petrol veya benzin gibi petrolden elde edilen ürünler üzerinde çalışan, nakliye için kullanılan birincil teknoloji olan içten yanmalı motorlarda ulaşım sektöründe kullanılmaktadır. Petrol, dünya çapındaki elektrik üretiminin %7'sinden biraz daha azının kaynağıdır. Petrolden sonra gelen enerji kaynağı kömürdür. Kömürden elde edilen enerji ile elektrik üretimi yapılmaktadır. Kömür, dünya çapında kullanılan enerjinin yaklaşık %25'inin ve elektrik üretiminin neredeyse %40'ının kaynağıdır. Üçüncü sırada ise doğal gaz yer almaktadır. Petrol yataklarından türetilmesine rağmen petrol verilerine dahil edilmemiştir. Isınma, ulaşım ve elektrik alanda üretilmektedir. Doğal gaz, dünya çapındaki toplam enerji kullanımının yaklaşık %21'inin ve elektrik kullanımının %20'sinin biraz altında bir kaynağın kaynağıdır. Son olarak Nükleer enerji, dünya çapında kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %6'sını ve kullanılan elektriğin %15'inden fazlasını oluşturan bir sonraki en çok kullanılan enerji şeklidir (Smith & Taylor, 2008).

1.2.1. Kömür

Türkiye Taşkömürü Kurumu'nun yayımladığı 2020 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu (2022)'na göre kömür, genellikle karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan ve içeriğinde nitrojen ve kükürt barındıran bir maden türüdür. Fiziksel ve kimyasal açıdan farklı yapıya sahip olan kömür madeni içeriğinde kül oluşturan organik bileşikler ve mineral açısından bol olan madde bütünüdür. Bazı kömür türleri ısıtıldığında ise eriyerek plastik hela gelmektedir. Yapılan işlemler sonucunda katran, likör ve çeşitli gazlar elde edilmektedir.

Dahl (2004)'a göre kömür, Devoniyen dönemde oluşmuştur. Bataklık alanlarındaki yüksek bitkilerin çürümesiyle meydana gelmiştir. Öncelikle kömür oluşumu turba ile başlamış ve daha sonrasında ısı basıncı artıran beyaz turba kahverengi kömüre dönüşmüş ve en son olarak oksijen ve hidrojen karbon oranı düşükçe antrasit oluşmuştur. Karbonifer döneme gelindiğinde ise Kuzey Amerika ve Avrupa'da başlıca kömür yatakları oluşmuştur. Büyük kömür yatakları ise Karbonifer ve Pliyosen dönemlerinde oluşmuştur.

Kömür Sanayi devriminin hemen öncesine kadar olan sürede genellikle yerel ölçekte ve az miktarda kullanılmış ve dünyanın enerji tüketiminde önemli bir yer kaplamamıştır. Sanayi Devrimi'nin etkisi olarak özellikle 19. yy. ve 20. yy'in ilk yarısı baskın bir yakıt haline dönüşmüştür. Küresel enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir role sahip olan kömür, ilki, yüzey madenciliği ikincisi ise yeraltı madenciliği olarak iki şekilde yeryüzüne çıkarılmaktadır. Yeraltı veya yüzey madenciliği yöntemleri kullanılarak çıkarılan kömürler; oluşum süresi, maruz kaldıkları ısı ve basınç düzeyi ve sahip oldukları karbon içeriklerine göre kendi içerisinde farklı türlere ayrılmaktadır. Bu türler artan ısı ve basınç düzeyine göre Taş Kömürü, Turba, Linyit, Düşük Bitümlü Kömür, Bitümlü Kömür, Antrasit, Asfaltit ve Kok olarak sıralanmaktadır (Mucuk & Gerçeker, 2021, s. 39,40).

Kömür dünyanın farklı bölgelerinde farklı amaçlarla kullanılsa da önemli bir bölümü elektrik üretiminde ve çelik sanayiinde kullanılmaktadır. Bir diğer temel alanı ise kömürden elde edilen kok kullanımını ile demir-çelik endüstrisidir. Kömür diğer fosil yakıtlara göre hem daha fazla rezerv oranı olması hem de daha ucuza temin edilmesi sonucu avantajlı bir konumdadır. Bu avantajlara rağmen kullanımıyla birlikte getirdiği

bazı dezavantajlar söz konusudur. Kömür kullanımı ve madenciliği insan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkiler barındırmaktadır. Bu düzlemden bakıldığında sanayileşme süresinde yerel boyuttaki sorunlar ilerleyerek küresel çapta bir sorun haline gelmiştir. Çevresel açıdan, yüzey madenciliği sonucu geniş orman, dağ ve tarım alanlarının temizlenmesi gerektiği için bölgede yaşayan insanlar ve diğer canlıların yerinden edilmesi ayrıca çevrede yaşayan canlılar için de hava ve su kirliliği sorunları ile karşı karşıya kalmaktadır. Diğer taraftan madende çalışan işçilerin akciğer ve solunum rahatsızlıklarının artması, insan yaşamının süresinin kısılması ve maden bölgelerinde patlamaların ve iş kazalarının yaşanması da ek bir unsur olarak göz önünde bulundurulmaktadır (Mucuk & Gerçeker, 2021, s. 39,40,42,43).

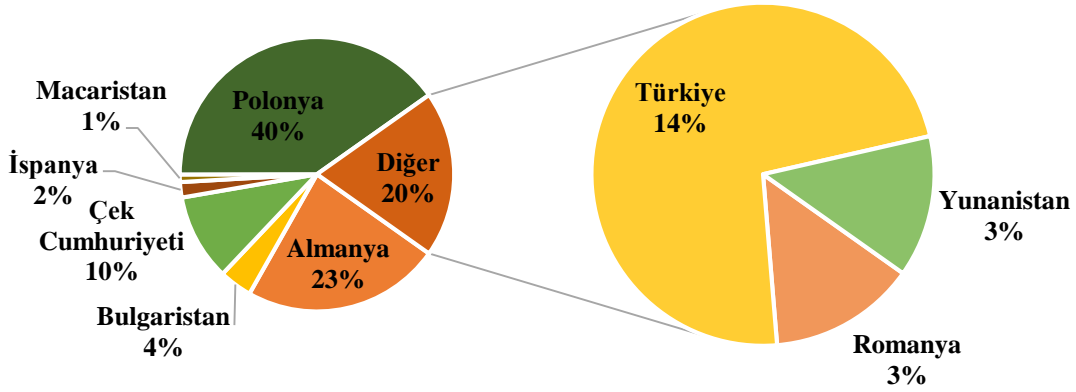
Tablo 1.1. AB Ülkeleri ve Türkiye’de kömür üretimi (1990-2020, EJ)¹ (Statistical Review of World Energy , 2022)

	1990	1999	2009	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	5.24	2.65	1.94	1.19	0.98	-81.30	-17.71
Bulgaristan	0.21	0.18	0.19	0.20	0.16	-23.75	-20.41
Çek Cumhuriyeti	1.52	0.97	0.87	0.56	0.43	-71.89	-24.06
İspanya	0.48	0.36	0.16	0.07	0.08	-84.08	14.66
Macaristan	0.21	0.14	0.07	0.04	0.04	-81.90	-10.55
Polonya	4.19	3.25	2.36	1.87	1.68	-59.76	-9.84
Romanya	0.35	0.19	0.27	0.16	0.11	-67.07	-30.71
Türkiye	0.49	0.56	0.73	0.73	0.60	21.60	-17.83
Yunanistan	0.30	0.34	0.34	0.21	0.11	-63.17	-48.87
Dünyanın Geri Kalanı	81.828	86.437	135.942	162.821	155.420	89.93	-4.55

Tablo 1.1.’de AB Ülkeleri ve Türkiye’de kömür üretiminde 1990 ile 2020 yılına kadar ki 30 yıllık bir süreç karşılaştırılmıştır. AB ülkelerinde üretim yüzdeleri düşüş gösterirken, Türkiye ve Dünyanın geri kalan ülkelerinde kömür üretimi artış göstermiştir. AB ülkeleri ve Türkiye’de kömür ve linyit üretimi için bakıldığında ilk üç sırada Polonya (1.68 EJ), Almanya (0.98 EJ) ve Türkiye (0.60 EJ) yer alırken, son olarak sekizinci sırada Macaristan (0.04 EJ) yer almaktadır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin kömür ve linyit üretimi ise 155.420 EJ’dür. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 1990-

¹ Tablo1.1, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

2020 yıllarının değişim yüzdelerinde azalış gösteren AB ülkeleri arasında ilk üç sırada İspanya %-84.08, Macaristan %-81.90 ve Almanya %-81.39 yüzdeleri ile yer almaktadır. Türkiye %21.60 EJ ile çalışmada baz alınan ülkeler arasında artış gösteren tek ülkedir. 2019-2020 yıllarının değişim yüzdelerinde ise azalış gösteren ilk üç sıralamasında Yunanistan (%-48.87 EJ), Romanya (%-30.71 EJ) ve Çek Cumhuriyeti (%-24.06 EJ) yer almaktadır. 30 yıllık süreçte artış gösteren Türkiye 2019-2020 yüzdeleri değişiminde %-17.83'lük bir yüzdelle düşük göstermiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinde ise 1990-2020 yıllarının yüzdeleri değişimi %89.93'lük bir artış gösterirken, 2019-2020 yıllarının yüzdeleri değişimi %-4.55 oranında düşüş göstermiştir.



Şekil 1.1. AB Ülkeleri ve Türkiye'de kömür üretimi (2020 Yüzdeleri, EJ)² (Statistical Review of World Energy, 2022)

Şekil 1.1.'de AB ülkeleri ve Türkiye Dünyada kömür üretiminde 2020 yılında %2'lik bir üretim yaparken Dünyanın geri kalan ülkeleri %98'lik bir üretim gerçekleştirmişlerdir. AB ve Türkiye'nin %2'lik üretiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise ilk üç sırada Polonya %40, Almanya %23 ve Türkiye %14 yer almaktadır.

² Şekil 1.1, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

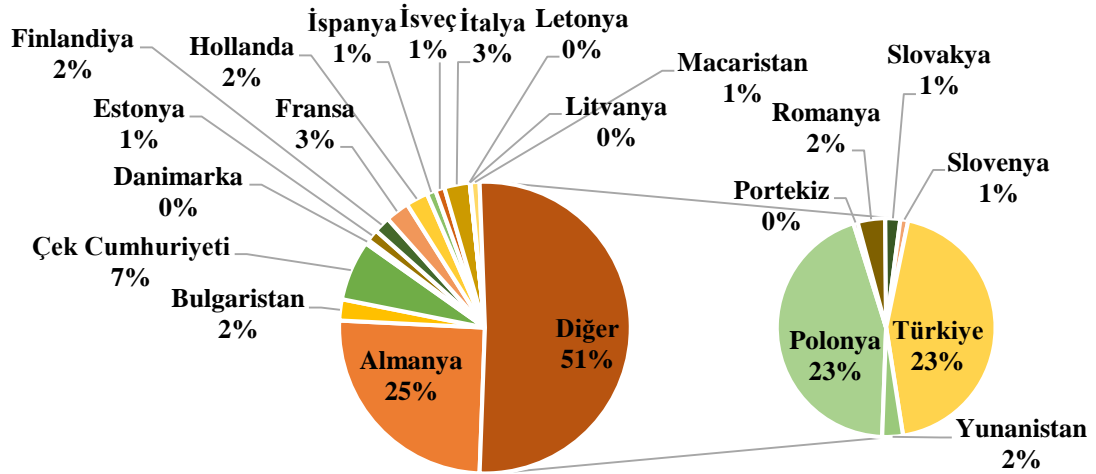
Tablo 1.2. AB Ülkeleri ve Türkiye’de Kömür Tüketimi (1990-2020, EJ)³ (Statistical Review of World Energy , 2022)

	1990	1999	2009	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	5.507	3.440	3.003	2.247	1.844	-66.51%	-17.94%
Bulgaristan	0.346	0.285	0.266	0.213	0.172	-50.36%	-19.29%
Çek Cumhuriyeti	1.245	0.777	0.762	0.602	0.489	-60.73%	-18.76%
Danimarka	0.255	0.198	0.169	0.038	0.033	-87.17%	-14.09%
Estonya	0.233	0.112	0.128	0.124	0.097	-58.30%	-21.48%
Finlandiya	0.221	0.222	0.225	0.148	0.133	-39.85%	-10.20%
Fransa	0.795	0.610	0.450	0.268	0.194	-75.65%	-27.74%
Hollanda	0.366	0.313	0.314	0.269	0.180	-50.93%	-33.18%
İspanya	0.804	0.821	0.395	0.157	0.073	-90.95%	-53.53%
İsveç	0.124	0.106	0.084	0.082	0.075	-39.66%	-9.03%
İtalya	0.613	0.491	0.518	0.279	0.207	-66.28%	-25.94%
Letonya	0.030	0.005	0.004	0.002	0.001	-96.83%	-43.90%
Litvanya	0.033	0.006	0.007	0.008	0.007	-80.50%	-21.68%
Macaristan	0.258	0.173	0.107	0.077	0.072	-72.09%	-6.40%
Polonya	3.284	2.542	2.170	1.858	1.669	-49.17%	-10.15%
Portekiz	0.119	0.155	0.120	0.052	0.024	-79.70%	-53.70%
Romanya	0.526	0.294	0.315	0.208	0.152	-71.03%	-26.77%
Slovakya	0.328	0.191	0.160	0.113	0.083	-74.70%	-26.68%
Slovenya	0.066	0.055	0.059	0.044	0.044	-33.90%	-0.80%
Türkiye	0.671	0.839	1.294	1.755	1.659	147.02%	-5.49%
Yunanistan	0.337	0.357	0.353	0.217	0.115	-66.06%	-47.19%
Dünyanın Geri Kalanı	77.069	83.328	133.668	148.879	144.105	86.98%	-3.21%

Tablo 1.2.’de AB Ülkeleri ve Türkiye’de kömür tüketiminde 1990 yılı baz alındığında, en çok tüketim yapan ülkeler arasında Almanya (5.70 EJ), Polonya (3.28 EJ) ve Çek Cumhuriyeti (0.67 EJ) ilk üç sırada yer almaktadır. En az tüketim yapan ülkeler arasında ise Letonya (0.03 EJ), Litvanya (0.33) ve Hırvatistan (0.34) yer almaktadır. AB ülkelerinin tüketiminin yanı sıra Türkiye 0.67 EJ ve dünyanın geri kalan ülkeleri 76.22 EJ’lük bir tüketim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına gelindiğinde ise kömür tüketiminde en çok tüketim yapan ilk üç ülke Almanya (1.84 EJ), Polonya (1.66 EJ) ve Türkiye (1.65 EJ) olarak sıralanmıştır. 1990 yılında üçüncü sırada yer alan Çek Cumhuriyeti (0.48 EJ) ise dördüncü sırada yer almıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 76.22 EJ’den 143.856 EJ’e yükselmiştir. En az tüketim yapan ülkeler arasında Letonya (0.001 EJ), Lüksemburg (0.002 EJ) ve Litvanya (0.007 EJ) yer almaktadır. 1990-2020 yıllarının değişim

³ Tablo1.2, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

yüzdelerinde azalış gösteren AB ülkeleri arasında ilk üç sırada Lüksemburg ve Letonya $\%-0.96$, İspanya $\%-0.90$ ve Danimarka $\%-0.88$ değişim gerçekleşmiştir. En az yüzdelik değişime uğrayan ilk üç ülke Slovenya ($\%-0.33$), İsveç ve Finlandiya ($\%-0.39$) ve Polonya ($\%-0.49$) olarak sıralanmıştır. Artış gösteren tek ülke ise $\%1.47$ değişim değeri ile Türkiye olmuş ve dünyanın geri kalan ülkeleri $\%0.88$ artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının değişim yüzdelerinde azalış gösteren AB ülkeleri arasında ilk üç sırada İspanya ve Portekiz $\%-0.53$, Yunanistan $\%-0.47$ ve Letonya $\%-0.43$ değişim göstermiştir. En az değişim gösteren üç ülke ise sırasıyla Slovenya $\%-0.008$, Lüksemburg $\%-0.02$ ve Türkiye $\%-0.05$ değişim göstermiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinde ise $\%-0.03$ yüzdelik değişim göstermiştir.



Şekil 1.2. AB Ülkeleri ve Türkiye'de Kömür Tüketimi (2020, EJ)⁴ (Statistical Review of World Energy, 2022)

Şekil 1.2.'de AB ülkeleri ve Türkiye Dünyada kömür tüketiminde 2020 yılında $\%5$ 'lik bir üretim yaparken Dünyanın geri kalan ülkeleri $\%95$ 'lik bir üretim gerçekleştirmişlerdir. AB ve Türkiye'nin $\%5$ 'lik üretiminin kendi içinde yüzdelikleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Almanya $\%24$, Polonya ve Türkiye $\%22$ ve Çek Cumhuriyeti $\%6$ olarak gözlemlenmektedir.

⁴ Şekil 1.2, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

1.2.2. Petrol

Dahl (2004)'a göre petrol, Prekambriyen dönemden yarım milyar yıl önce okyanuslarda yaşam oluşmuştur. Deniz organizmaların (algler, planktonlar, bakteriler) çürümesini engelleyen oksijenin yokluğunda tortularla birikerek kerojen oluşturan bakteriye maruz kalmış, ısı ve basıncın etkisine maruz kalarak petrolün ana kaynağını oluşturmuştur. Gaz ve petrol geçirimsiz kayaların arasında sıkışmıştır. Havuzlarda birikmek üzere birbirine bağlı gözenekli kayalar arasında hareket etmiş ve gözenekli kayalar arasında birikerek rezervleri oluşturmuştur.

Normal bir ham petrolün temel oluşumu, %84,5 karbon, %13 hidrojen, %1-3 kadar sülfür ve her biri %1'den daha az olacak şekilde nitrojen, oksijen, metaller ve tuz bileşenleri ile gerçekleşmektedir. Petrol çıkarıldığı gibi kullanılabilir bir yakıt olmadığı için rafine edilerek hayatın çok farklı alanlarındaki ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu alanlar; Araçlar, inşaat, giyim, aksesuar, kişisel bakım, oyuncak, ofis malzemeleri, ev eşyaları, tarım, tıbbi ilaç ve malzemeler, spor malzemeleri, elektrik eşyaları ve yakıtlar olmak üzere sıralanmaktadır (Mucuk & Gerçeker, 2021, s. 43,49,50).

Petrolün tarihçesi Özdemir (2020, s. 69,70) tarafından, ilk olarak MÖ 3000 yıllarında Finikeliler, Babilliler, Mısırlılar, Romalılar ve İranlıların gemi kalafatı, mumyacılık, çimento, ilaç, ısıtma ve aydınlatma gibi amaçlarda kullandıklarını belirterek açıklanmaktadır. Devamında ise Kızılderiilerin petrolü hastalık tedavisinde kullandıklarını, 1849 yılında ise İskoçya'da James Young ve Kanada'da Abraham Gesner' in aydınlatmalarda geniş kapsamlı petrol kullanım alanı yaratıklarını belirtmektedir. İlk modern petrol kuyusu, 1848'de Bakü'de açılmış ve devamında bu durum diğer ülkelere yön vermiş, 1954 yılına gelindiğinde ise ilk önce Fransa ve ardından da Kanada ve Romanya'da petrol sondaj kuyuları açılmıştır. Petrolün babası olarak anılan Amerikalı Edwin L. Drake'in 1859'da ABD Pensilvanya'daki Titusville kenti yakınlarında yaptığı sondaj modern petrol endüstrisinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Ancak, petrolü düzenli olarak işleyen ve düzenli olarak yürütülmesini sağlayan Amerikalı J. Rockefeller olmuştur. Günümüze gelindiğinde ise petrol kullanımını yaygınlıktan ziyade ülkelerin sanayi ve savunma alanında can damarı konumuna gelmiş bulunmaktadır.

Eski Mısır'da mumyaları korumak için ve arabaların tekerlerini yağlamak suretiyle kullanılmıştır. Asurlular ve Babilliler, 5000 yıldan daha uzun bir süre öncesinde asfalt ile lifleri karıştırarak yapı taşları, yollar ve barajlar yapmışlardır. Bunlara ek olarak gelişmiş petrokimya endüstrileri sayesinde boya, su yalıtımı, yapıştırıcı, böcek ve kemirgen kovucu ilaçlar yapmak için petrolü kullanmışlardır. Eski Çinliler ise kılıçları ve zırhlarını parlatmak için petrol, lamba ve Aşçı ocağı için yağ kullanmışlardır. Yunanlılar ise düşman gemilerini engellemek için denize petrol döküp yakmışlardır. Yüzeydeki petrol bitince delip bambu borularla yer altından petrol çıkarmışlardır. Çıkan petrolün kalitesi düşünce de bez ya da kumla filtreleyerek kalitesinin iyileştirilebileceğini bulmuşlardır. Mayalar rahiplerin bedeni için merhem yapıp kullanmışlardır. Moğollar, Orta Doğu ve Orta Asya'da askeri kampları sırasında ateş yakmak için petrole batırılmış oklar kullanmışlardır. Amerikalılar, tedavi etmek, cildi güneşten, rüzgârdan ve yağmurdan korumak için kullanmışlardır. Petrol kullanımlarının bazıları kullanılmıyor olsa da (mumyalama) günümüzde hala yol yapımı ve petrokimyasal maddelerin yapımında kullanılmaktadır (Dahl, 2004, s. 16,17).

Tablo 1.3. AB Ülkelerinde petrol üretimi (1990-2020, Günlük Bin Varil)⁵ (Statistical Review of World Energy , 2022)

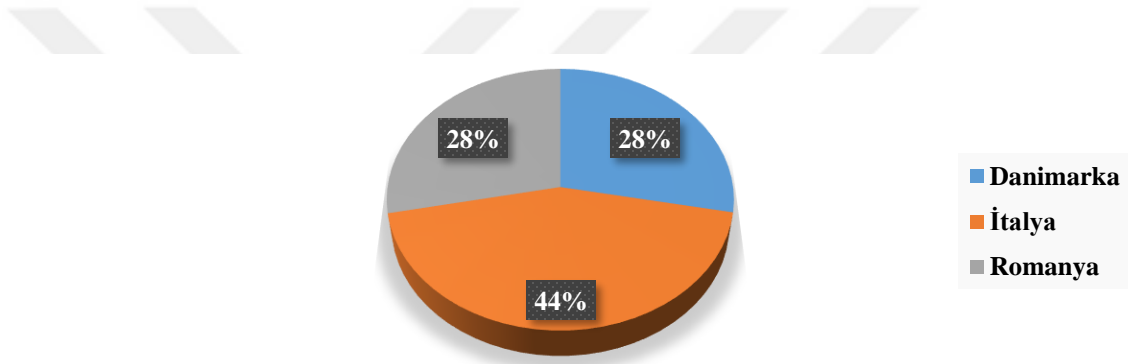
	1990	1999	2009	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Danimarka	121	299	265	103	72	-40.467	-30.034
İtalya	97	104	95	89	112	15.672	26.443
Romanya	169	133	94	75	72	-57.214	-3.322
DGKÜ⁶	64634.825	70981.947	81037.887	94694.366	88134.525	36.358	-6.927

Tablo 1.3.'de AB Ülkelerinde petrol üretiminde 1990 yılı baz alındığında, üretim yapan ülkeler sırasıyla Romanya 169 Günlük Bin Varil, Danimarka 121 GBV ve İtalya 97 GBV gerçekleşmiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplam üretimi ise 64634.82 GBV'dir. 2020 yılındaki üretim miktarları ise sırasıyla İtalya 112 GBV, Danimarka ve Romanya 72 GBV'dir Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamı ise 88134.52 GBV'dir.

⁵ Tablo1.3, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

⁶ DGKÜ: Dünyanın Geri Kalan Ülkeleri

Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 1990-2020 yıllarının değişim yüzdelerinde azalış gösteren AB ülkeleri arasında Romanya %-57.21 ve Danimarka %-40.46'dır. Artış gösteren tek AB ülkesi ise İtalya %15.67'lik bir değişim göstermiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerdeki değişimi ise %36.35'lik bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerdeki değişim değerleri ise Danimarka %-30.03 ve Romanya %-3.32'lik bir azalış sergilerken, İtalya %26.44'lük bir değerle artış göstermiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamı ise petrol üretiminde %-6.92'lik bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 1.3. AB Ülkelerinde petrol üretimi (2020, Günlük Bin Varil)⁷ (Statistical Review of World Energy, 2022)

Şekil 1.3.'de AB ülkeleri petrol üretiminde 2020 yılında %0.30'luk bir üretim yaparken Dünyanın geri kalan ülkeleri %99.70'lik bir üretim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkelerinin %0.30'luk üretiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında sırasıyla İtalya %44, Romanya ve Danimarka %28 düzeyinde üretim yaptığı gözlemlenmektedir.

⁷ Şekil 1.3. Yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

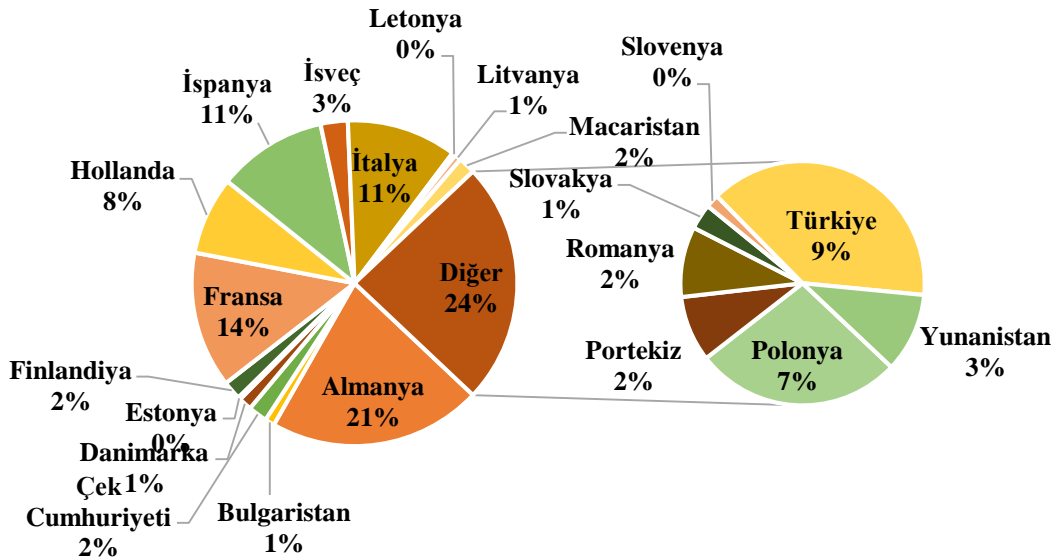
Tablo 1.4. AB Ülkeleri ve Türkiye’de petrol tüketimi (1990-2020, Günlük Bin Varil)⁸
(Statistical Review of World Energy , 2022)

	1990	1999	2009	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	2684.62	2803.27	2338.87	2269.88	2045.12	-23.82%	-9.90%
Bulgaristan	196.63	88.50	95.12	102.10	92.13	-53.15%	-9.77%
Çek Cumhuriyeti	173.58	171.84	199.09	209.46	181.96	4.83%	-13.13%
Danimarka	183.65	218.12	169.08	152.01	125.38	-31.73%	-17.52%
Estonya	67.04	24.58	26.74	26.79	24.77	-63.05%	-7.55%
Finlandiya	230.62	221.45	198.69	196.06	178.14	-22.75%	-9.14%
Fransa	1894.61	2023.38	1761.71	1527.80	1304.69	-31.14%	-14.60%
Hollanda	750.77	840.45	935.47	807.24	746.41	-0.58%	-7.54%
İspanya	983.35	1404.05	1432.70	1286.77	1050.23	6.80%	-18.38%
İsveç	393.24	384.62	316.42	291.32	260.18	-33.84%	-10.69%
İtalya	1969.22	1987.81	1538.49	1258.65	1054.16	-46.47%	-16.25%
Letonya	65.07	30.95	31.68	38.31	34.27	-47.33%	-10.54%
Litvanya	144.98	61.09	52.35	65.70	61.29	-57.73%	-6.71%
Macaristan	190.75	146.92	150.13	176.58	163.74	-14.16%	-7.27%
Polonya	325.35	463.12	550.17	678.66	637.22	95.86%	-6.11%
Portekiz	237.44	333.83	268.83	246.59	202.25	-14.82%	-17.98%
Romanya	363.12	190.46	191.64	221.10	216.30	-40.43%	-2.17%
Slovakya	99.60	73.24	76.25	82.67	78.15	-21.53%	-5.46%
Slovenya	34.98	52.09	54.08	52.20	40.79	16.61%	-21.86%
Türkiye	476.20	629.15	708.94	995.80	903.50	89.73%	-9.27%
Yunanistan	313.72	383.07	402.28	303.58	243.72	-22.31%	-19.72%
Dünyanın Geri Kalanı	53654.64	62080.35	70991.54	85410.69	78108.22	45.58%	-8.55%

Tablo 1.4.’de AB Ülkeleri ve Türkiye’de petrol tüketimindeki 1990 yılı baz alındığında, en çok tüketim yapan ülkeler arasında Almanya 2684.62 GBV, İtalya 1969,22 GBV ve Fransa 1894.60 GBV ilk üç sırada yer almaktadır. En az tüketim yapan ülkeler arasında ise Lüksemburg (32.95 GBV), Slovenya (34.98 GBV) ve Letonya (65.06 GBV) yer almaktadır. AB ülkelerinin tüketiminin yanı sıra Türkiye 6. Sırada (476.19 GBV) ve dünyanın geri kalan ülkeleri (53654.64 GBV)’lik bir tüketim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına gelindiğinde ise kömür tüketiminde en çok tüketim yapan ilk üç ülke Almanya (2045.11 GBV), Fransa (1304.68 GBV) ve İtalya (1054.15 GBV) olarak sıralanmıştır. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye ise 1990 yılında altıncı sırada yer alırken 2020 yılında beşinci sırada (903.49 GBV) yer almıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 53654.64 GBV’den

⁸ Tablo1.4, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

78108.22 GBV'ye yükselmiştir. En az tüketim yapan ülkeler arasında Estonya (24.76 GBV), Letonya (34.26 GBV), ve Slovenya (24.76 GBV) yer almaktadır. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 1990-2020 yıllarının değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri sırasıyla Polonya (%95.85), Türkiye (%89.73) ve Lüksemburg (%44.39) yer almaktadır. En çok azalış gösteren ülkeler ise Estonya (%-63.05), Litvanya (%-57.72) ve Bulgaristan (%-53.14) olarak gözlemlenmiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerdeki değişimi ise %45.57'lik bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerdeki değişim değerleri gözlemlendiğinde artış olmadığı ve azalış olduğu gözlemlenmiştir. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Belçika (%-26.78), Slovenya (%-21.85) ve Lüksemburg (%-21.55)'lik bir azalış sergilemiştir. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye'deki yüzdelerdeki değişim onuncu sırada (%-9.26) azalış göstermiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamı ise petrol tüketiminde %-8.55'lik bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 1.4. AB Ülkeleri ve Türkiye'de petrol tüketimi (2020, Günlük Bin Varil)⁹ (Statistical Review of World Energy , 2022)

⁹ Şekil 1.4. Yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Şekil 1.4.'de AB ülkeleri ve Türkiye Dünyada petrol tüketiminde 2020 yılında %12'lik bir tüketim yaparken Dünyanın geri kalan ülkeleri %88'lik bir tüketim gerçekleştirmişlerdir. AB ve Türkiye'nin %12'lik tüketiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Almanya %19, Fransa %12 ve İspanya ve İtalya %10 olarak gözlemlenmektedir. Türkiye ise petrol tüketiminde dördüncü sırada %9 ile yer almaktadır.

1.2.3. Doğal Gaz

Doğal gaz, diğer fosil yakıtlar gibi jeolojik olaylar sonucu, yer altında kalan bitki ve hayvan kalıntılarının ısı ve basınca maruz kalarak tepkimeye uğraması sonucu ortaya çıkan bir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağının büyük bir kısmı metan gazı ve geri kalan kısmı ise hidrokarbon bileşenlerinden oluşmaktadır. Doğrudan kullanıma uygun bir yapıda olmadığından dolayı içindeki katı ve sıvıların ayrıştırılması için kimyasal süreçlerden geçtikten sonra kullanılmaktadır (Umutlu & Bayraç , 2020).

İnsanlar yüzyıllar öncesinden beridir doğal gazın varlığından haberdar olmalarına rağmen, doğal gaz boru hatları veya işletme alt yapılarında kullanmayı tercih etmemişlerdir (Mucuk & Gerçeker, 2021). Hatta firmalar petrol çıkarımı sırasında meydana çıkan atık olarak nitelendirmiş ve yakmışlardır. Ancak daha sonralarda teknolojik ilerlemelerle doğal gaz stratejik bir öneme sahip olarak kullanımı artmış ve bugün kullanılan enerjinin dörtte biri değerine ulaşmıştır (Umutlu & Bayraç , 2020). Bu gelişmeler sonucunda doğal gaz küresel enerji güvenliğinde önemli bir rol üstlenmiş ve farklı amaçlarla kullanımlarda yer almıştır. Bu alanlar; konut, iş yeri, eğitim ve sağlık kuruluşlarını ısıtmak veya soğutmak, endüstriyel alanlarda ve sanayi bölgelerinde çeşitli amaçlarla kullanılması ve taksi veya halk otobüslerinde yakıt olarak kullanılması yönünde çeşitlendirilebilir (Mucuk & Gerçeker, 2021, s. 52,54).

Doğal gaz kullanımı da çok eskilere dayanmaktadır. Bakü'de kullanımından dolayı Azerbaycan dilinde "Ateş Ülkesi" anlamına gelen bir takma adı bulunmaktadır. M.Ö. 1000 yıllarından önce Çinliler doğal gaz için sondaj yaparak bambu boruları ile taşıma ve aydınlatma, ısıtma ve yemek pişirmek amacıyla kullanmışlardır. Batı tarafında ilk gaz kömürden yapılmış ve "kömür gazı" veya "şehir gazı" olarak adlandırmışlardır.

1800'lerin başında ilk kez bir İngiliz fabrikası kömür gazını aydınlatma için kullanmıştır. M.S. 1275 yılına gelindiğinde Marco Polo kömür hakkında bilgi vermiş ve Çinliler kullanmaya başlamıştır (Dahl, 2004).

Tablo 1.5. AB Ülkelerinde doğal gaz üretimi (1990-2020, Milyar Metreküp)¹⁰ (Statistical Review of World Energy , 2022)

	1990	1999	2009	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	15.025	18.678	12.746	5.331	4.497	-70.067	-15.636
Danimarka	3.270	8.085	8.757	3.203	1.380	-57.812	-56.919
Hollanda	63.417	62.933	65.500	27.844	19.972	-68.506	-28.272
İtalya	16.317	16.768	7.632	4.621	3.876	-76.247	-16.133
Polonya	2.766	3.608	4.280	3.985	3.928	42.024	-1.442
Romanya	26.645	13.017	10.395	9.623	8.706	-67.327	-9.526
Dünyanın Geri Kalanı	1842.262	2187.177	2832.098	3921.605	3811.304	106.882	-2.813

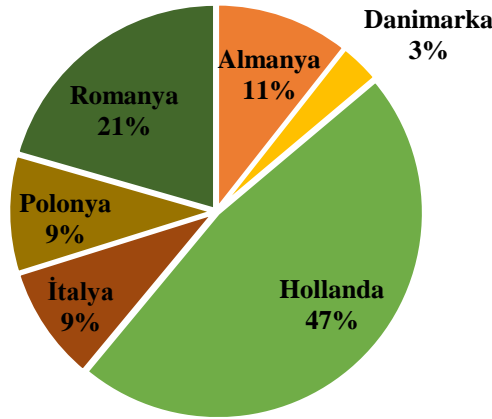
Tablo 1.5.'te AB Ülkeleri doğal gaz üretiminde 1990 yılı baz alındığında, en çok üretim yapan ülkeler arasında Hollanda 63.41 Milyar m³, Romanya 26.64 Milyar m³ ve İtalya 16.31 Milyar m³ ilk üç sırada yer almaktadır. En az üretim yapan ülke ise Polonya 2.76 Milyar m³ ile listede yer almaktadır. Dünyanın geri kalan ülkeleri 1842,26 milyar m³'lük bir tüketim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok üretim yapan ülkeler sırasıyla Hollanda 19.97 Milyar m³, Romanya 8.70 Milyar m³ ve 1990 yılında dördüncü sırada olan Almanya 4.49 Milyar m³ ilk sırada yer almaktadır. 1990 yılında üçüncü sırada olan İtalya 2020 yılında 3.87 milyar m³ ile beşinci sırada yer almıştır. En az üretim yapan ülke ise 1.38 Milyar m³ ile Danimarka'dır. Dünyanın geri kalan ülkelerine bakıldığında 3811,30 milyar m³ doğal gaz üretimi yaptığı görülmektedir.

Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 1990-2020 yıllarının değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren tek AB ülkesi Polonya (%42.02)'dir. En çok azalış gösteren AB ülkeleri ise İtalya (%-76.24), Almanya (%-70.06) ve Hollanda (%-68.50)

¹⁰ Tablo1.5, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

olarak gözlemlenmiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerik değişimi ise %106.88'lik bir artış göstermiştir.

2019-2020 yıllarının yüzdelerik değişim değerleri gözlemlendiğinde artış olmadığı ve azalış olduğu gözlemlenmiştir. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Danimarka (%-56.91), Hollanda (%-28.27) ve İtalya (%-16.13)'lik bir azalış sergilemiştir. 2019-2020 yılında en düşük azalış sergileyen tek ülke ise 1990-2020 yılları yüzdelerik değişimde tek artış gösteren ülke olan Polonya (%-1.44) ile gerçekleştirmiştir. AB ülkelerinin yanı sıra dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise doğal gaz üretiminde %-2.81'lik bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 1.5. AB Ülkelerinde doğal gaz üretimi (2020, Milyar Metreküp)¹¹ (Statistical Review of World Energy , 2022)

Şekil 1.5.'de AB ülkeleri doğal gaz üretiminde 2020 yılında %3'lük bir üretim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %97'lik bir üretim gerçekleştirmişlerdir. AB ve Türkiye'nin %3'lük tüketiminin kendi içinde yüzdelerikleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Hollanda %47, Romanya %21 ve Almanya %11 olarak gözlemlenmektedir. Devamında ise %9 ile Polonya ve İtalya dördüncü sırada yer almaktadır. En az yüzdeliğe sahip ülke ise %3 ile Danimarka olarak gözlemlenmektedir.

¹¹ Şekil 1.5. Yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

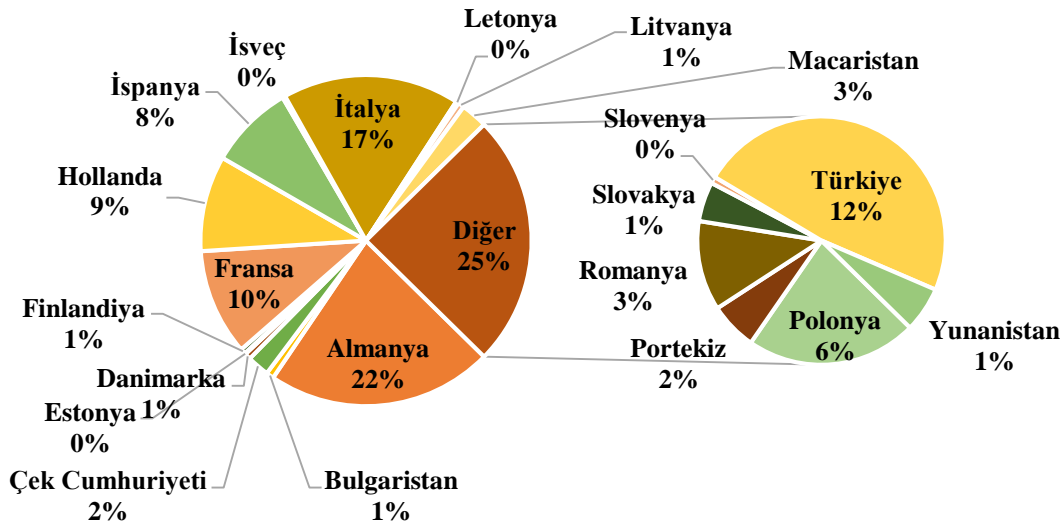
Tablo 1.6. AB Ülkeleri ve Türkiye’de doğal gaz tüketimi (1990-2020, Milyar Metreküp)¹²
(Statistical Review of World Energy , 2022)

	1990	1999	2009	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	63.688	83.619	84.430	88.687	86.546	35.89%	-2.41%
Bulgaristan	6.302	3.128	2.426	2.831	2.921	-53.65%	3.17%
Çek Cumhuriyeti	6.103	8.986	7.913	8.325	8.462	38.66%	1.65%
Danimarka	2.105	5.169	4.583	2.898	2.324	10.41%	-19.80%
Estonya	1.422	0.670	0.611	0.466	0.429	-69.85%	-8.03%
Finlandiya	2.521	3.858	3.738	2.036	1.958	-22.35%	-3.86%
Fransa	30.275	39.621	44.731	43.662	40.662	34.31%	-6.87%
Hollanda	36.806	40.878	41.358	37.019	36.558	-0.67%	-1.25%
İspanya	5.779	15.453	36.308	35.974	32.413	460.84%	-9.90%
İsveç	0.601	0.826	1.150	1.020	1.058	76.02%	3.69%
İtalya	45.426	65.100	74.318	70.791	67.662	48.95%	-4.42%
Letonya	2.569	1.051	1.445	1.312	1.073	-58.22%	-18.20%
Litvanya	5.441	2.108	2.537	2.157	2.360	-56.62%	9.43%
Macaristan	10.366	11.520	10.644	9.844	10.178	-1.81%	3.39%
Polonya	10.395	10.773	15.095	20.889	21.557	107.39%	3.20%
Portekiz	0.01	2.248	4.769	6.135	5.994	59839.02%	-2.30%
Romanya	33.539	15.969	12.305	10.741	11.317	-66.26%	5.37%
Slovakya	5.917	6.673	5.147	4.752	4.978	-15.87%	4.76%
Slovenya	0.892	0.993	0.967	0.857	0.855	-4.15%	-0.18%
Türkiye	3.230	11.856	33.722	43.361	46.366	1335.65%	6.93%
Yunanistan	0.161	1.460	3.403	5.182	5.702	3449.52%	10.03%
Dünyanın Geri Kalanı	1653.906	1945.195	2514.798	3469.807	3396.938	105.39%	-2.10%

Tablo 1.6.’da AB Ülkeleri ve Türkiye’nin doğal gaz tüketiminde 1990 yılı baz alındığında, en çok tüketim yapan ülkeler arasında Almanya 68.68 Milyar m³, İtalya 45.42 Milyar m³ ve Hollanda 36.80 Milyar m³ ilk üç sırada yer almaktadır. En az tüketim yapan 3 ülke ise Portekiz 0.01 Milyar m³, Lüksemburg 0.49 Milyar m³ ve İsveç 0.60 Milyar m³ ile listede yer almaktadır. AB ülkelerinin yanı sıra 1990 yılında Türkiye doğal gaz tüketimini 3.23 milyar m³ olarak gerçekleştirmiştir. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 1653.91 milyar m³’lük bir tüketim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok tüketim yapan ülkeler sırasıyla Almanya 86.54 Milyar m³, İtalya 67.66 Milyar m³ ve 1990 yılında on beşinci sırada olan Türkiye 46.36 Milyar m³ üçüncü sırada yer almaktadır. 1990 yılında üçüncü sırada olan Hollanda 2020 yılında 36.55 milyar m³ ile beşinci sırada yer

¹² Tablo1.6, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

almıştır. En az tüketim yapan ülkeler ise Estonya 0.42 Milyar m³, Lüksemburg 0.73 Milyar m³ ve Slovenya 0.85 Milyar m³ olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelere bakıldığında 3396.93 milyar m³ doğal gaz tüketimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 1990-2020 yıllarının değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri ve Türkiye Portekiz (%59839.01), Yunanistan (%3449.52) ve Türkiye (%1335.65)'dir. En çok azalış gösteren AB ülkeleri ise Estonya (-69.84), Romanya (-66.25) ve Letonya (-58.21) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerik değişimi ise %105.38'lik bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerik değişim değerleri gözlemlendiğinde en çok artış olan AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Yunanistan (%10.03), Litvanya (%9.42) ve Türkiye (%6.93) olarak sıralandırılmıştır. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Danimarka (-19.80), Letonya (-18.19) ve İspanya (-9.89) yüzde değişim azalış sergilemiştir. AB ülkeleri ve Türkiye'nin yanı sıra dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise doğal gaz tüketiminde %-2.10'luk bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 1.6. AB Ülkeleri ve Türkiye'de doğal gaz tüketimi (2020, Milyar Metreküp)¹³
(Statistical Review of World Energy , 2022)

¹³ Şekil 1.6. Yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Şekil 1.6.'da AB ülkeleri ve Türkiye doğal gaz tüketiminde 2020 yılında %11'lik bir tüketim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %89'luk bir tüketim gerçekleştirmişlerdir. AB ve Türkiye'nin %11'lik tüketiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Almanya %20, İtalya %16 ve Türkiye %11 olduğu gözlemlenmektedir. En az yüzdeliğe sahip ülkeler arasında ise Estonya (%0.0010), Lüksemburg (%0.0017) ve Slovenya (%0.0020)'nın yer aldığı gözlemlenmektedir.

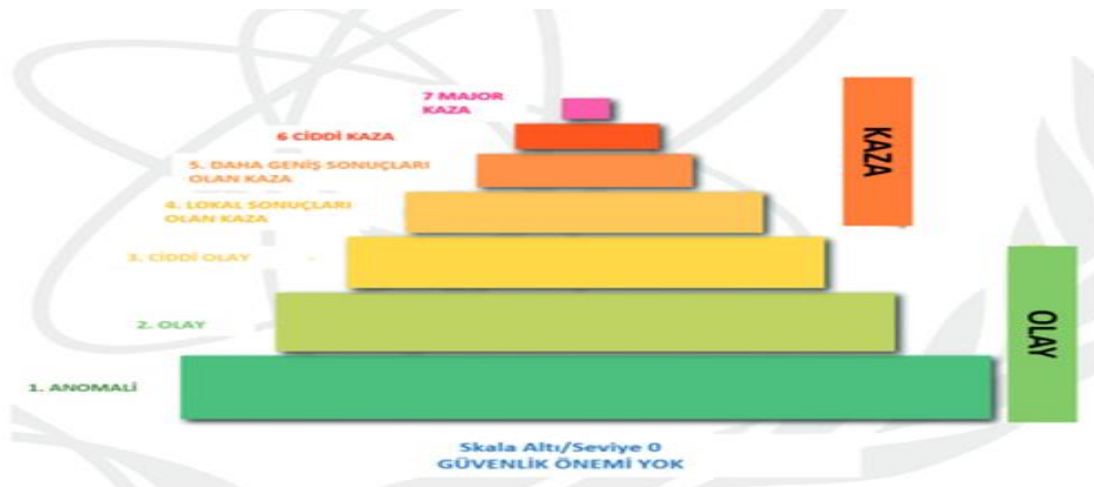
1.2.4. Nükleer Enerji

Özdemir (2020, s. 100,101)' e göre nükleer enerjinin tanımı, atomun çekirdeğinin parçalanması ya da farklı bir yöntem olarak iki çekirdeğin birleşerek ortaya enerji çıkarmasıdır. Filyon bir diğer adıyla bölünme işlemi, uranyum ve toryum gibi ağır çekirdeklerin parçalanması yoluyla meydana gelen enerji türüne denilmektedir. Bu reaksiyonla daha fazla enerji açığı çıkarılarak daha fazla nötron oluşturulur. Oluşturulan nötronlar daha fazla çekirdeği parçalayarak zincirleme reaksiyon oluşturur ve yüksek miktarda enerjinin açığa çıkmasını sağlar. Füzyon yani kaynaşma işlemi hafif çekirdeklerin bir araya gelerek daha ağır bir çekirdek haline alması ve kütle enerji oluşturmasına denir. Nükleer enerji reaktör tesislerinde önce ısı ve daha sonrasında elektrik enerjisine dönüşmektedir. Yani çok yüksek sıcaklığa maruz kalan elektronlar atom çekirdeğinden ayrılarak elektrik yüklü sıcak gaz plazmalarına dönüşür. Ortaya çıkan buhar, türbinleri çevirir ve buna bağlı olarak jeneratörler dönerek elektrik enerjisi oluşturur.

Nükleer enerjinin teknolojik alanda başlangıç noktası, ülkelerin savunma alanındaki araç-gereçlerini güçlendirmek ve çeşitliliği artırmakla oluşmuştur. Bu durumdan kaynaklı savaşların yol açtığı ağır tahribatlar neticesinde söz konusu teknoloji, enerji kullanım alanına destek faktör olarak dönüşmüş ve özellikle 1960'lı yıllarda, savaş sonrası ülkelerin ekonomik kalkınma ve büyümeye yönelik çabaları aynı zamanda enerjiye karşı talep artışına neden olmuştur. Başta ABD, Rusya ve Avrupa bölgesi olmak üzere dünyanın farklı bölgelerinde nükleer enerji santrali inşası hız kazanmıştır. Daha sonraki yıllarda ise nükleer santrallerin verimliliği ve güvenliğini artırma yönünde çalışmalar söz konusu olmuştur. Çünkü farklı zamanlarda meydana gelen patlamalar,

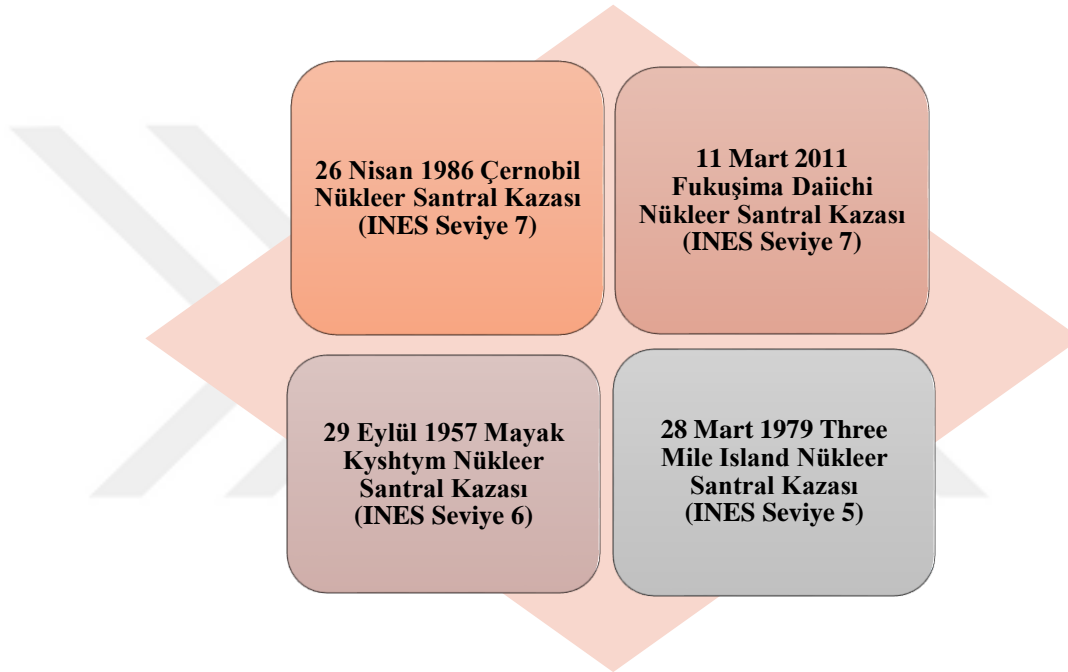
ülkelerin ekonomisinde ve sosyal yaşam standartlarında kırılma yaratma düzeyinde etkiler ortaya çıkarmıştır. Bu kırılmalara örnek olarak Çernobil ve Fukushima kazaları gösterilebilir. Bu kazalarla birlikte çok fazla can ve mal kaybı meydana gelmiş ve patlamaların meydana geldiği şehir merkezleri yaşanamaz hale gelmiştir. Dolayısıyla uluslararası toplumların nükleer enerjiye karşı olan tutumu güvensizlikle neticelenmiştir (Mucuk & Gerçekler, 2021, s. 55-57).

İlk nükleer reaksiyon 1942'de Chicago Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre bu kaynaktan enerji üretimi olasılığı sonsuz görünmüştür. İlk ticari reaktör 1956'da Calder Hall İngiltere'de inşa edilmiştir. Bugün faaliyet gösteren santrallerin küresel toplamı 25 ülkede 444'tür. Nükleer enerji, yenilenebilir enerjiye kıyasla dünya enerjisinin %6'sı ve elektriğin %17'sini sağlasa da şebekeye nükleer güç reaktörleri ekleme oranı yıllık %1 oranında gerçekleşmiştir. Nükleer enerjide yavaş büyüme, güvenlik ve çevresel riskler nedeniyle nükleer enerji kullanımına karşı agresif bir tutum sergilenmesinden kaynaklanmaktadır. 1979'da bu endişeler, Pennsylvania'daki Three Mile Island tesisinde bir nükleer reaktör erimesi meydana geldiği için haklı çıkmıştır. Meydana gelen kazadan 7 yıl sonra, Rusya'daki Çernobil nükleer santralinde tehlikeli radyasyonun salınmasına yol açan nükleer patlama ile dünya ülkeleri dehşete düşmüştür. Bu kazalara rağmen, nükleer enerjinin gelişimi, artan dünya enerji ihtiyacını karşılamak için ihtiyatlı da olsa küresel olarak gerçekleşmeye devam etmektedir (Smith & Taylor, 2008).



Şekil 1.7. Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği (INES) (Günalp, 2017)

Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği (INES)'ne göre kazalar ve olaylar önem derecelerine göre seviyelere ayrılmıştır. Her bir seviye yaşanan olayların bir seviye öncekinden 10 kat daha fazla öneme sahip olduğunu ifade etmektedir (Günel, 2017, s. 185).



Şekil 1.8. Dünyadaki En Riskli Nükleer Kazalar¹⁴ (Günel, 2017)

Dünyada meydana gelen nükleer kazaların INES'e göre önem arz eden ilk 4 örneğinin neden ve sonuçları aşağıda verilmektedir.

Çernobil Ukrayna (Eski Sovyetler Birliği) Nükleer Santral Kazası, Bir reaktörün sistem testi sırasında ani güç dalgası sonucu 4. Ünitesinin yıkılmasına ve yangına sebep olan kazadır. Çevreye ciddi miktarlarda radyasyon salınımı gerçekleşmiştir. Aşırı radyasyon Sovyetler Birliğinin Batısı ve Avrupa'ya yayılmış ve dolayısıyla 220.000 insanın yaşadığı alandan tahliyesi gerçekleşmiştir (Günel, 2017).

¹⁴ Şekil 1.8. Dünyada ve Ülkemizde Nükleer ve Radyolojik Kazaların Tarihçesi makalesindeki başlıklardan esinlenerek yazar tarafından hazırlanmıştır.

Fukuşima Daiichi Nükleer Santral Kazası, Japonya'nın Doğu kıyısında 9 şiddetinde meydana gelen deprem tsunamiye sebep olmuş ve bu doğal afetler Japonya'nın Kuzeydoğu kıyısında olan Fukuşima Daiichi nükleer santraline ciddi hasar vermiştir. Deprem reaktörün dış güç kaynaklarını kesmiş ve tsunami sonucu da jeneratörler çalışmadığı için soğutma sistemi devreye girememiştir. Bu yüzden de çekirdekte aşırı ısınan yakıt 12, 14 ve 15 Mart'ta olmak üzere reaktör binalarında patlamalar meydana gelmiştir. Fukuşima kazası Çernobil kazasından sonra meydana gelen en büyük nükleer kazadır. Kazadan sonra yarım milyondan fazla insan tahliye edilmiştir. Radyasyon nedeni ile ölen olmamıştır (Günalp, 2017).

Three Mile Island Nükleer Santral Kazası, Pensilvanya'daki Nükleer Enerji Santralinin ikinci reaktöründe meydana gelen arıza sonucu birinci reaktörün soğutma vanasının sıkışması ve açık kalan vanadan soğutma suyunun, soğutma sisteminin dışına çıkmasıyla reaktör çekirdeğinin ısınmasına neden olmuştur. Isınan reaktör çekirdeğinin bir kısmının erimesiyle meydana gelen kaza, ABD tarihinde en ciddi ticari nükleer kazadır. Kaza sonucu çevreye yayılan radyasyon çok düşük miktarda olup insan sağlığı üzerinde herhangi bir tehdit unsuru oluşturmamıştır (Günalp, 2017).

Mayak Kyshtym Nükleer Santral kazası, nükleer atıkların depolandığı bir tesiste sıvı radyoaktif atıkların soğutulamaması sonucu meydana gelmiştir. Mayak Production Association radyo kimyasal tesisten gelen yüksek seviyeli radyoaktif atıkların beton kasalara yerleştirilerek metal tanklarda muhafaza edilmiştir. Tanklar su ile soğutulularak sıcaklık ve sıvı dengesini ölçüm cihazlarıyla donatılarak kontrol altında tutulmaya çalışılmıştır. 14 numaralı tankın arızalanması sonucu, soğutma suyu dağıtımı yetersiz kalmıştır. Radyoaktif bozulma, sıcaklık artışı ve suyun tamamen buharlaşması üzerine nitrat tuz birikintileri 330-350 °C'ye kadar ısınmış ve tankın termal patlaması gerçekleşmiştir. Kazanın sonucunda, patlamadan kaynaklı oluşan radyoaktif bulut rüzgâr yönünde dağılmış ve o yönde biriken radyoaktif maddeler araziye kirletmiştir. Yerleşim yerleri, ormanlar, meralar, tarım alanları, su kütleleri, korunmayan evler, insanlar ve hayvanlar radyoaktif olarak kirlenmiştir. Kaza gerçekleştikten 20 yıl sonra ortaya çıkmıştır. Kazanın nedenleri ve sonuçları hakkında 30 yıl kadar süre boyunca kimse vakıf

olmamış ve aynı zamanda bilim topluluğunun da bilgisi dahilinde olmamıştır (Akleyev, Krestinina, Degteva, & Tolstykh, 2017, s. R20, R38).

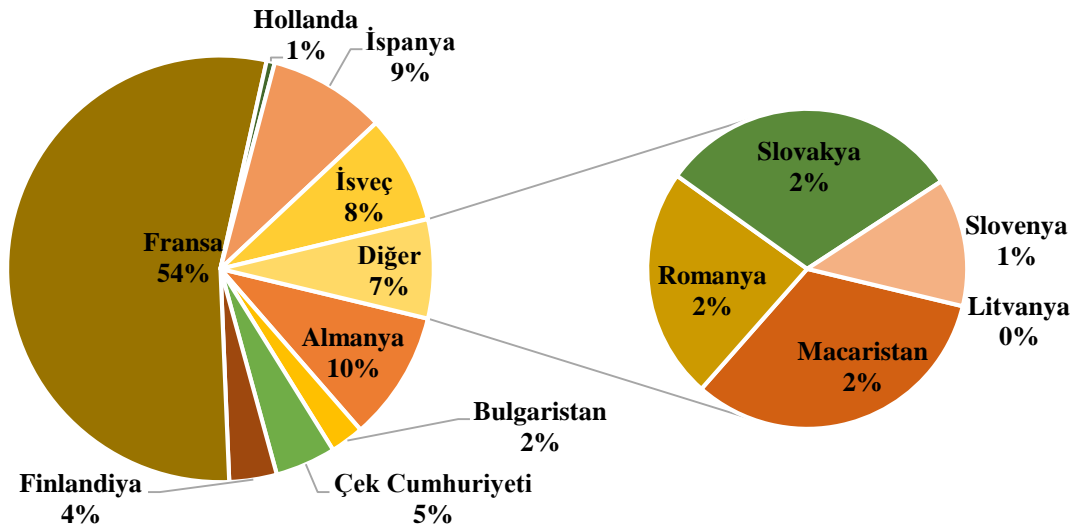
*Tablo 1.7. AB Ülkelerinde nükleer enerji üretimi (1990-2020, Terawatt Hours)¹⁵
(Statistical Review of World Energy , 2022)*

	1990	1999	2009	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	152.50	170.00	134.93	75.07	64.37	-57.79%	-14.25%
Bulgaristan	14.67	15.81	15.26	16.56	16.63	13.43%	0.48%
Çek Cumhuriyeti	12.59	13.36	27.21	30.25	30.04	138.72%	-0.67%
Finlandiya	19.08	23.22	23.79	24.12	23.53	23.33%	-2.43%
Fransa	314.08	394.24	409.74	399.01	353.83	12.66%	-11.32%
Hollanda	3.50	3.83	4.25	3.91	4.08	16.62%	4.46%
İspanya	54.27	58.85	52.76	58.28	58.21	7.26%	-0.12%
İsveç	68.19	73.19	52.17	66.13	53.83	-21.05%	-18.60%
Litvanya	17.03	9.86	10.85	0.00	0.00	-100.00%	0.00%
Macaristan	13.73	14.10	15.43	16.29	16.06	16.93%	-1.42%
Romanya	1.39	5.20	11.75	11.28	11.47	727.27%	1.65%
Slovakya	12.04	13.12	14.08	15.28	15.16	25.94%	-0.81%
Slovenya	4.62	4.70	5.74	5.82	6.35	37.45%	9.13%
Dünyanın Geri Kalanı	1271.45	1675.87	1873.81	2031.09	2012.18	58.26%	-0.93%

Tablo 1.7.'de AB Ülkelerinin nükleer enerji üretimi 1990 yılı baz alındığında, en çok üretim yapan ülkeler arasında Fransa 314.08 TW/h, Almanya 152.50 TW/h ve İsveç 68.19 TW/h ilk üç sırada yer almaktadır. En az üretim yapan 3 ülke ise Slovenya 4.62 TW/h, Hollanda 3.50 TW/h ve Romanya 1.39 TW/h ile listede yer almaktadır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 1271.45 TW/h'lık bir üretim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok üretim yapan ülkeler sırasıyla Fransa 353.83 TW/h, Almanya 64.37 TW/h ve 1990 yılında dördüncü sırada olan İspanya 58.21 TW/h'la 2020 yılında üçüncü sırada yer almaktadır. 1990 yılında üçüncü sırada olan İsveç 2020 yılında 53.83 ile dördüncü sırada yer almıştır. En az üretim yapan ülkeler ise Slovenya 6.35 TW/h, Hollanda 4.08 TW/h ve Litvanya 0.00 TW/h olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan

¹⁵ Tablo1.7, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

ülkelerine bakıldığında 2012.18 TW/h nükleer enerji üretimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 1990-2020 yıllarının değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri Romanya (%727.27), Çek Cumhuriyeti (%138.72) ve Slovenya (%37.45)'dir. En çok azalış gösteren AB ülkeleri ise Litvanya (%-100.00), Almanya (%-57.79) ve İsveç (%-21.05) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerik değişimi ise %58.26'lık bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerik değişim değerleri gözlemlendiğinde en çok artış olan AB ülkeleri sırasıyla 1990-2020 yılları yüzdelerik değişimde üçüncü sırada olan Slovenya (%9.13) birinci sırada, Hollanda (%4.46) ikinci ve 1990-2020 yılları yüzdelerik değişimde birinci sırada olan Romanya (%1.65) 2019-2020 yüzdelerik değişimde üçüncü sırada yer almıştır. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Belçika (%-21.06), 1990-2020 yılları yüzdelerik değişimde üçüncü sırada yer alan İsveç (%-18.60) 2019-2020 yılları yüzdelerik değişimde ikinci sırada yer almış ve Almanya (%-14.25) yüzde değişim azalış sergilemiştir. AB ülkelerinin yanı sıra dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise nükleer enerji üretiminde %-0.93'lük bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 1.9. AB Ülkelerinde nükleer enerji üretimi (2020, TW/h)¹⁶ (Statistical Review of World Energy , 2022)

¹⁶ Şekil 1.9. Yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Şekil 1.9.'da AB ülkeleri nükleer enerji üretiminde 2020 yılında %25'lik bir tüketim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %75'lik bir üretim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkelerinin %25'lik tüketiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Fransa %52, İspanya ve Almanya %9 ve İsveç %8 olduğu gözlemlenmektedir. En az yüzdeliğe sahip ülkeler arasında ise Litvanya, Slovenya, Romanya, Slovakya ve Macaristan'ın yer aldığı gözlemlenmektedir.

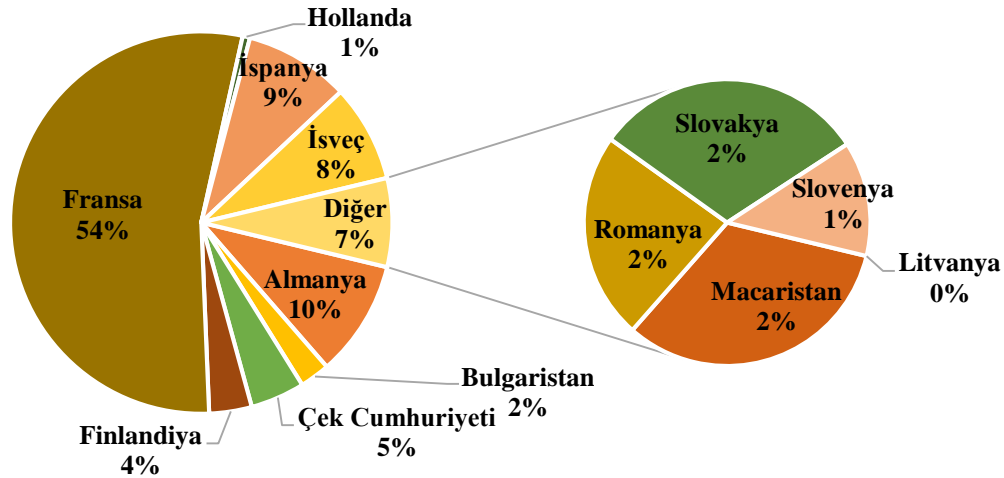
Tablo 1.8. AB Ülkelerinde nükleer enerji tüketimi (1990-2020, TW/h)¹⁷ (Statistical Review of World Energy , 2022)

	1990	1999	2009	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	1.525	1.700	1.274	0.669	0.572	-62.510	-14.567
Bulgaristan	0.147	0.158	0.144	0.148	0.148	0.742	0.107
Çek Cumhuriyeti	0.126	0.134	0.257	0.270	0.267	112.025	-1.036
Finlandiya	0.191	0.232	0.225	0.215	0.209	9.541	-2.789
Fransa	3.141	3.942	3.870	3.557	3.143	0.057	-11.648
Hollanda	0.035	0.038	0.040	0.035	0.036	3.579	4.076
İspanya	0.543	0.589	0.498	0.520	0.517	-4.737	-0.488
İsveç	0.682	0.732	0.493	0.590	0.478	-29.881	-18.898
Litvanya	0.170	0.099	0.102	-	-	-100.000	0.000
Macaristan	0.137	0.141	0.146	0.145	0.143	3.855	-1.786
Romanya	0.014	0.052	0.111	0.101	0.102	634.753	1.276
Slovakya	0.120	0.131	0.133	0.136	0.135	11.853	-1.177
Slovenya	0.046	0.047	0.054	0.052	0.056	22.075	8.730
Dünyanın Geri Kalanı	12.714	16.759	17.697	18.106	17.871	40.562	-1.298

Tablo 1.8.'de AB Ülkelerinin nükleer enerji tüketimi 1990 yılı baz alındığında, en çok üretim yapan ülkeler arasında Fransa 3.14 TW/h, Almanya 1.52 TW/h ve İsveç 0.68 TW/h ilk üç sırada yer almaktadır. En az tüketim yapan 3 ülke ise Romanya 0.01 TW/h, Hollanda 0.03 TW/h ve Slovenya 0.04 TW/h ile listede yer almaktadır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 12.71 TW/h'lık bir tüketim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok tüketim yapan ülkeler sırasıyla Fransa 3.14 TW/h, Almanya 0.57 TW/h ve 1990 yılında dördüncü sırada olan İspanya 0.51 TW/h'la 2020 yılında üçüncü sırada yer almaktadır. 1990 yılında üçüncü sırada olan İsveç 2020 yılında 0.47 ile dördüncü sırada

¹⁷ Tablo1.8, yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

yer almıştır. En az tüketim yapan ülkeler ise Litvanya 0.00 TW/h, Hollanda 0.03 TW/h ve Slovenya 0.05 TW/h olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelere bakıldığında 17.87 TW/h nükleer enerji tüketimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 1990-2020 yıllarının nükleer enerji tüketimi değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri Romanya (%634.75), Çek Cumhuriyeti (%112.02) ve Slovenya (%22.07)'dir. En çok azalış gösteren AB ülkeleri ise Litvanya (%-100.00), Almanya (%-62.51) ve İsveç (%-29.88) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerdeki değişimi ise %40.56'lık bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerdeki değişim değerleri gözlemlendiğinde en çok artış olan AB ülkeleri sırasıyla 1990-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde üçüncü sırada olan Slovenya (%8.73) birinci sırada, Hollanda (%4.07) ikinci sırada ve 1990-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde birinci sırada olan Romanya (%1.27) 2019-2020 yüzdelerdeki değişimde üçüncü sırada yer almıştır. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Belçika (%-21.35), 1990-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde üçüncü sırada yer alan İsveç (%-18.89) 2019-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde ikinci sırada yer almış ve Almanya (%-14.56) yüzde değişim azalış sergilemiştir. AB ülkelerinin yanı sıra dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise nükleer enerji tüketiminde %-1.29'luk bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 1.10. AB Ülkelerinde nükleer enerji tüketimi (1990-2020, EJ)¹⁸ (Statistical Review of World Energy , 2022)

¹⁸ Şekil 1.10. Yazar tarafından bp.com sitesinin yayımlanan Statistical Review of World Energy 2022 raporunda kullanılan veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Şekil 1.10.'da AB ülkeleri nükleer enerji tüketiminde 2020 yılında %24'lük bir tüketim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %76'lık bir tüketim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkelerinin %24'lük tüketiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Fransa %52, İspanya ve Almanya %9 ve İsveç %8 olduğu gözlemlenmektedir. En az yüzdeliğe sahip ülkeler arasında ise Litvanya, Slovenya, Romanya, Slovakya ve Macaristan'ın yer aldığı gözlemlenmektedir.

1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, tükenmeyen ve yerine yenisi kolayca gelen bir enerji türüdür. Bu tür kaynaklar arasında; güneş, rüzgâr, jeotermal, biyogaz, hidroelektrik, dalgalar ve gelgit enerjisi bulunmaktadır. Güneş enerjisi, doğrudan güneş tarafından gelen termal enerjiden elde edilmektedir. Rüzgâr, hidroelektrik dalgalar ve gelgit gibi kaynaklar ise dolaylı olarak güneş enerjisinin sonucudur. Rüzgâr dünya yüzeyinin güneş tarafından diferansiyel ısınmasından ortaya çıkarılır. Rüzgâr dalgaları oluşturur ve gelgitler, ay ve güneşin yerçekimsel çekiminin sonucudur. Biyokütle, aslında fotosentez işlemi yoluyla güneş enerjisinden dönüştürülen bitkilerde depolanan kimyasal enerjidir (Smith & Taylor, 2008).

Çok uzun zamandır bilinen yenilenebilir enerji kaynakları 1970'lerde ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1973 yılında Arap-İsrail savaşı sürecinde Suudi Arabistan Batıya petrol arzını kesmiş ve Mısır'a destek vermiştir. Bunun üzerine petrol fiyatları artış göstermiştir. Batılı ülkeler ise enerji arz güvenliğini kurarak ekonomik büyüme ve gelişme performanslarını koruyabilmek için yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki çalışmalarını ilerletmişlerdir. 1983'te yaşanan Çernobil nükleer kazası ile o dönemlerde yaşanan iklim krizi tartışmaları, fosil yakıtların ekonomik anlamda dışa bağımlılığa sebep olması, nükleer enerjinin kullanımının yeniden gözden geçirilmesi gerektiğinin ispatı olmuştur. Söz konusu bu problemler yenilenebilir enerjiye yönelimi arttırmıştır. 2000'li yılların başından itibaren ise artık küresel anlamda yenilenebilir enerji yatırım, kapasite ve kullanım alanlarında ciddi anlamda gelişmeler meydana gelmiştir. ABD, Almanya, Danimarka ve İspanya gibi öncü ülkeler teknik çalışmaları ve geliştirdikleri ölçek ekonomilerini devreye sokarak maliyetleri düşürmüş, yenilenebilir enerji alanındaki

üretimin farklı gelişmişlik düzeyindeki ülkelerin de kullanımını kolaylaştırmıştır (Mucuk & Gerçekler, 2021, s. 62, 63).

Birçok türde enerji vardır. Kinetik ve potansiyel enerji söz konusu enerjinin türlerindedir. Kinetik enerji, parçacıkların hareketinde halihazırda mevcut olan enerjidir. Rüzgâr enerjisi bu enerjinin bir örneğidir. Potansiyel enerji, parçacıklar arasındaki konum nedeniyle mevcut olan enerjidir. Dünyada birçok enerji örneği vardır: mekanik, elektriksel, termal, kimyasal, manyetik, nükleer, biyolojik, gelgit, jeotermal vb. gibi yenilenebilir enerji, tüketilemeyen temiz enerji kaynağını ifade etmektedir. Birincil yenilenebilir enerji kaynakları Güneş, rüzgâr, biyokütle, gelgitler, dalgalar ve jeotermal şeklinde sıralandırabilir (Foster, Ghassemi, & Cota, 2009). Bu enerjilerden rüzgar ve güneş kaynakları, teknolojik olgunlukları ve ticari kabulleri nedeniyle başı çekmiştir. Bu kaynakların küresel dağıtımını ve yatırımı yıldan yıla artmaktadır (Rehman, Al-Hadhrami, & Alam, 2015).

1.3.1. Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik enerjisi, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle meydana gelen bir enerji türüdür. Deniz, göl ve akarsular güneşin etkisiyle buharlaşır, buharlaşan su yoğunlaşarak dağ yamaçlarına yağmur veya kar şeklinde düşerek nehirleri beslemektedir. Bu döngü ile hidrolik enerji sürekli olarak kendini yenilemektedir (Özdemir, 2020, s. 118).

Hidroelektrik, genellikle nehirlerden yakalanan, düşen veya akan sulardan elde edilen enerjidir. Hidroelektrik teknolojisi büyük veya küçük ölçekte geliştirilebilir. Büyük ölçekli hidroelektrik genellikle büyük barajları ifade eder. Küçük ölçekli hidro, daha küçük barajlar ve nehir türbinleri kullanarak enerji yakalar. 50 megawatt'tan daha az elektrik üretiyorsa genellikle küçük ölçekli olarak kabul edilir. Tarihsel olarak, hidroelektrik değirmenleri çalıştırmak ve endüstriyel kullanımlar için mekanik enerji üretmek için kullanılmıştır. İlk olarak 1881'de Surrey, İngiltere'de elektrik üretmek için kullanıldı. Şu anda, 140'tan fazla ülkede 45.000'ten fazla büyük baraj bulunmaktadır, ancak bunların hepsi elektrik üretmemektedir. Barajlar için alternatif kullanımlar, suyun sulama ve diğer su ihtiyaçları için rezervuarlarda depolanmasının yanı sıra su odaklı

rekreasyonu içerir. Hidroelektrik kullanımının en yaygın olarak benimsenen süreci, bir nehir üzerinde bir depolama barajının inşasını içeren büyük ölçekli hidro projelerdir. Baraj suyu bir rezervuarda tutar ve su akışını baraja monte edilen türbinlere taşıyan bir cebri boruya yönlendirir. Türbinler, elektrik jeneratörlerine bağlanır ve su türbinleri döndürdükçe jeneratörler elektrik üretir. Elektrik üretilmesi gerekmediğinde ise su gerektiğinde kullanılmak üzere rezervuarda depoda tutulur. Küçük ölçekli projeler genellikle mikro hidroelektrik olarak adlandırılır. Bunlar, türbinleri veya su çarklarını döndürmek için suyun doğal akışını kullanan "nehirin çalışması" olarak bilinen projeleri içerir. Nehrin akışına müdahale etmezler ve rezervuarlarda su depolayan barajlar gibi yapıları içermezler (Smith & Taylor, 2008).

Hidroelektrik, enerji üretmek için yağış ve yükseklik değişikliği gerektirdiğinden, Islak ve dağlık alanlar hidroelektrik için en uygun alanlardır. Hidroelektrikten elde edilebilecek toplam enerji, mevcut suyun hacmine (akış) ve dikey düşüşüne (kafa) bağlıdır. Yani hem yüksek kafa hem de yüksek akışa sahip hidro elektrik tesisi, düşük akışlı ve yüksek kafalı ve /veya yüksek akışlı ve düşük kafalı hidroelektrik tesisine nispeten çok daha yüksek güç üretimi elde etmektedir. Bu duruma örnek olarak Niagara Şelalesi gösterilebilir. Hidroelektrik barajlarının iki işlevi vardır: biri kısa bir yatay mesafe üzerinde dikey damla veya kafa oluşturmak diğeri ise yüksek elektrik talebi zamanlarında daha fazla akışa izin vermek için su depolamak yönünde bilinmektedir. Yatay mesafede kurulan hidroelektrik tesislerinde, su birikintileri değerli arazileri işgal eder ve doğal nehir ekosistemlerini kökten değiştirir, habitatları değiştirir ve diğer ekosistem hizmetlerinin sağlanmasını sağlar (Timmons, Harris, & Roach, 2014).

Tablo 1.9. AB Ülkeleri ve Türkiye’de hidroelektrik üretimi (1990-2020, TW/h)¹⁹ (Statistical Review of World Energy , 2022)

	1990	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	17.335	20.192	18.633	7%	-8%
Bulgaristan	1.878	2.966	2.951	57%	0%
Çek Cumhuriyeti	1.161	2.008	2.142	85%	7%
Danimarka	0.028	0.017	0.017	-41%	-4%
Estonya	0.001	0.019	0.038	3742%	102%

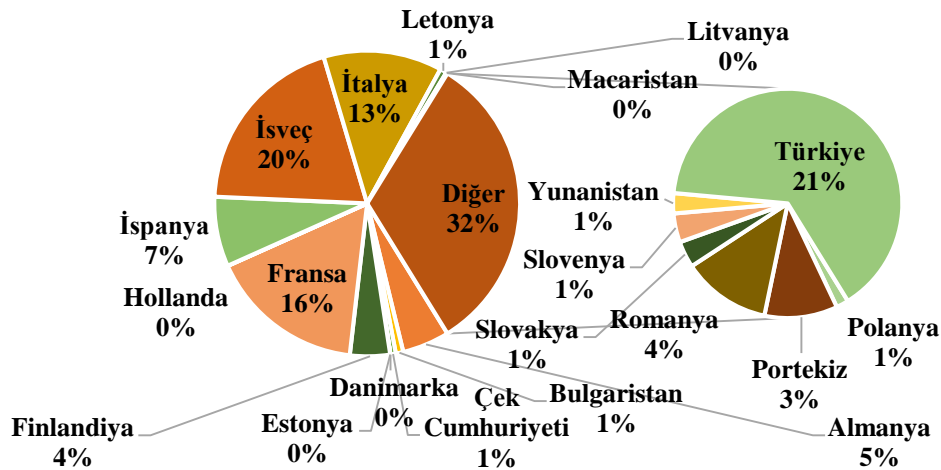
¹⁹ Tablo1.9. yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Tablo 1.9. (Devamı)

	1990	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Finlandiya	10.861	12.363	15.766	45%	28%
Fransa	53.866	56.028	61.303	14%	9%
Hollanda	0.085	0.074	0.046	-45%	-37%
İspanya	25.414	22.486	27.496	8%	22%
İsveç	72.509	65.207	73.343	1%	12%
İtalya	31.626	46.357	46.697	48%	1%
Letonya	4.496	2.108	2.604	-42%	24%
Litvanya	0.414	0.345	0.300	-28%	-13%
Macaristan	0.178	0.219	0.244	37%	11%
Polonya	1.417	1.954	2.115	49%	8%
Portekiz	9.157	8.818	12.439	36%	41%
Romanya	11.411	15.581	15.087	32%	-3%
Slovakya	1.880	4.356	4.499	139%	3%
Slovenya	2.974	4.479	4.920	65%	10%
Yunanistan	1.769	3.978	3.440	94%	-14%
Türkiye	23.148	88.823	78.063	237%	-12%
DGK	1850.953	3821.929	3876.728	109%	1%

Tablo 1.9.'da AB Ülkelerinin Hidroelektrik enerji üretimi 1990 yılı baz alındığında, en çok üretim yapan ülkeler arasında İsveç 72.50 TW/h, Fransa 53.86 TW/h ve İtalya 31.62 TW/h ilk üç sırada yer almaktadır. En az üretim yapan 3 ülke ise Estonya 0.001 TW/h, Danimarka 0.028 TW/h ve Hollanda 0.085 TW/h ile listede yer almaktadır. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye 23.14 TW/h ile altıncı sırada yer almıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 1850.95 TW/h'lık bir üretim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok üretim yapan ülkeler sırasıyla 1990 yılında altıncı sırada yer alan Türkiye 78.06 TW/h ile 2020 yılında birinci sırada yer almış, İsveç 73.34 TW/h ikinci sırada yer almış ve Fransa 61.30 TW/h ile üçüncü sırada yer almıştır. 1990 yılında üçüncü sırada olan İtalya, 46.69 TW/h ile 2020 yılında dördüncü sırada yer almaktadır. En az üretim yapan ülkeler ise Danimarka 0.01 TW/h, Estonya 0.03 TW/h ve Hollanda 0.04 TW/h olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelere bakıldığında 3876.72 TW/h hidroelektrik enerji üretimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 1990-2020 yıllarının hidroelektrik enerji üretimi değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Estonya (%3742), Türkiye (%237) ve Slovakya (%139) olarak sıralandırılmıştır. En çok azalış gösteren AB ülkeleri ise Hollanda (%-45), Letonya (%-42) ve Danimarka (%-41) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerik değişimi ise %109'lık bir artış göstermiştir. 2019-

2020 yıllarının yüzdelerdeki değişim değerleri gözlemlendiğinde en çok artış olan AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Estonya (%102), 1990-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde on üçüncü sırada olan Portekiz (%41) 2019-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde ikinci sırada yer almış ve 1990-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde on birinci sırada olan Finlandiya (%28) 2019-2020 yüzdelerdeki değişimde üçüncü sırada yer almıştır. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Hollanda (%-37), Yunanistan (%-14) ve Litvanya (%-13) olarak sıralandırılmıştır. 1990-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde ikinci sırada yer alan Letonya (%24) artış göstererek 2019-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde dördüncü sıraya yükselmiştir. 1990-2020 yılları yüzdelerdeki değişimde üçüncü sırada yer alan Danimarka (%-4) azalış göstermiştir. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye ise (%-12) azalış göstermiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise hidroelektrik enerji üretiminde %1'lik bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 1.11. AB Ülkeleri ve Türkiye'de hidroelektrik üretimi (2020, Yüzde)²⁰ (Statistical Review of World Energy , 2022)

Şekil 1.11.'de AB ülkeleri ve Türkiye'de hidroelektrik enerji üretiminde 2020 yılında %9'luk bir üretim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %91'lik bir üretim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkeleri ve Türkiye'nin %9'luk üretiminin kendi içinde

²⁰ Şekil 1.11. Yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Türkiye %19, İsveç %17 ve Fransa %15 olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 1.10. AB Ülkeleri ve Türkiye 'de hidroelektrik tüketimi (1990-2020, EJ)²¹ (Statistical Review of World Energy , 2022)

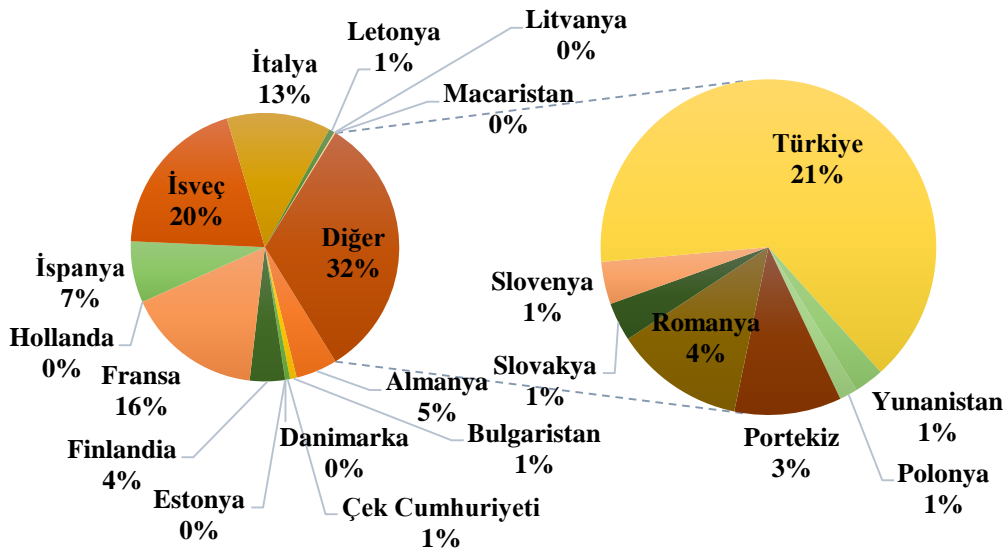
	1990	2019	2020	1990-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	0.173	0.180	0.165	-5%	-8%
Bulgaristan	0.019	0.026	0.026	40%	-1%
Çek Cumhuriyeti	0.012	0.018	0.019	64%	6%
Danimarka	0.000	0.000	0.000	-47%	-4%
Estonya	0.000	0.000	0.000	14%	101%
Finlandiya	0.109	0.110	0.140	29%	27%
Fransa	0.539	0.499	0.544	1%	9%
Hollanda	0.001	0.001	0.000	-52%	-38%
İspanya	0.254	0.200	0.244	-4%	22%
İsveç	0.725	0.581	0.651	-10%	12%
İtalya	0.316	0.413	0.415	31%	0%
Letonya	0.045	0.019	0.023	-49%	23%
Litvanya	0.004	0.003	0.003	-36%	-13%
Macaristan	0.002	0.002	0.002	22%	11%
Polonya	0.014	0.017	0.019	33%	8%
Portekiz	0.092	0.079	0.110	21%	41%
Romanya	0.114	0.139	0.134	17%	-4%
Slovakya	0.019	0.039	0.040	113%	3%
Slovenya	0.030	0.040	0.044	47%	9%
Türkiye	0.231	0.792	0.693	200%	-12%
Yunanistan	0.018	0.035	0.031	73%	-14%
Dünyanın Geri Kalanı	18.510	34.070	34.432	86%	1%

Tablo 1.10.'da AB Ülkelerinin Hidroelektrik enerji tüketimi 1990 yılı baz alındığında, en çok tüketim yapan ülkeler arasında İsveç 0.72 EJ, Fransa 0.53 EJ ve İtalya 0.31 EJ ilk üç sırada yer almaktadır. En az tüketim yapan 3 ülke ise Danimarka ve Estonya 0.000 EJ, Lüksemburg 0.001 EJ ve Macaristan 0.002 EJ ile listede yer almaktadır. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye 0.23 EJ ile altıncı sırada yer almıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 18.51 EJ'lik bir tüketim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok tüketim yapan ülkeler sırasıyla 1990 yılında altıncı sırada yer alan Türkiye 0.69 EJ ile 2020 yılında birinci sırada yer almış, İsveç 0.65 EJ ikinci sırada yer almış ve Fransa 0.54

²¹ Tablo1.10. yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

EJ ile üçüncü sırada yer almıştır. 1990 yılında üçüncü sırada olan İtalya, 0.41 EJ ile 2020 yılında dördüncü sırada yer almaktadır. En az tüketim yapan ülkeler ise Hollanda, Estonya ve Danimarka 0.000 EJ, Lüksemburg 0.001 EJ ve Macaristan 0.002 EJ olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelere bakıldığında 34.43 EJ hidroelektrik enerji tüketimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 1990-2020 yıllarının hidroelektrik enerji tüketimi değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Türkiye (%200), Slovakya (%113) ve Yunanistan (%73) olarak sıralandırılmıştır. En çok azalış gösteren AB ülkeleri ise Hollanda (%-52), Letonya (%-49) ve Danimarka (%-47) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerinde değişimi ise %73'lik bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerinde değişim değerleri gözlemlendiğinde en çok artış olan AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Estonya (%101), Portekiz (%41) ve Finlandiya (%27) olarak sıralandırılmıştır. 1990-2020 yılları yüzdelerinde değişimde %-49 azalış gösteren Letonya 2019-2020 yılları yüzdelerinde değişimde hidroelektrik tüketimini %23 arttırmıştır. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Hollanda (%-38), Yunanistan (%-14) ve Litvanya (%-13) olarak sıralandırılmıştır. 1990-2020 yılları yüzdelerinde değişimde ikinci sırada yer alan Letonya (%23) artış göstererek 2019-2020 yılları yüzdelerinde değişimde dördüncü sıraya yükselmiştir. 1990-2020 yılları yüzdelerinde değişimde üçüncü sırada yer alan Danimarka (%-4) azalış göstermiştir. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye ise (%-12) azalış göstermiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise hidroelektrik enerji üretiminde %1'lik bir artış meydana gelmiştir.

Şekil 1.12.'de AB ülkeleri ve Türkiye'de hidroelektrik enerji tüketiminde 2020 yılında %9'luk bir tüketim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %91'lik bir tüketim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkeleri ve Türkiye'nin %9'luk tüketiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Türkiye %19, İsveç %17 ve Fransa %15 olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 1.12. AB Ülkeleri ve Türkiye'de hidroelektrik tüketimi (2020, EJ)²² (Statistical Review of World Energy, 2022)

1.3.2. Jeotermal Enerji

Özdemir (2020)'e göre Jeotermal enerji, yer kabuğunun ulaşılabilir derinliklerinde oluşan ısı sonucu yer altındaki suların yeryüzüne sondaj yardımıyla, doğal sıcak su, sıcak su-buhar ve buhar şeklinde çıkarılarak doğrudan ya da başka bir enerjiye dönüştürülerek kullanılmasıdır. Çekirdekteki yüksek ısı ve yer altındaki meteorolojik suların sürekli olarak yenilenmesi sebebiyle jeotermal enerji sürekli yenilenebilen ve tükenmeyen bir enerji türü olarak tanımlanmaktadır.

Jeotermal enerjinin bir diğer tanımı ise Dünya'nın iç kısmında ısı olarak bulunan enerjidir. Bu ısının kökeni, dünyanın iç yapısı ve orada meydana gelen fiziksel süreçlerle bağlantılıdır. Jeotermal kaynaklar genellikle, çevre alanlardan daha yüksek ısı akışımının, geçirgen kayalarda (rezervuarlarda) bulunan suyu derinlikte ısıttığı yer kabuğunun alanlarıyla sınırlıdır. Jeotermal aktivite ile kaplıcalar, fümeroller, buhar delikleri ve gayzerler tanımlanmaktadır. Aktif volkanlar aynı zamanda özellikle ve daha muhteşem büyük ölçekte bir tür jeotermal aktivitedir. Bununla birlikte, üretken bir jeotermal kaynağa sahip olmak için termal bir anomaliden daha fazlasına yani sondaj ile erişilebilen bir

²² Şekil 1.11. Yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

derinlikte ısıyı yüzeye taşıyan büyük miktarda sıvı, su veya buhar içeren yeterince büyük bir geçirgen kaya gövdesi olan bir rezervuara ihtiyaç duyulmaktadır. Termal sular veya buhar, esas olarak, yüzeydeki şarj alanlarına sızan ve derinliğe doğru ilerleyen, rezervuarın sıcak kayalarına nüfuz ederken sıcaklığın arttığı yağmur suyudur (Enrico, 2002, s. 8,14).

İnsanlar, uygarlığın başlangıcından beridir yeryüzünün birçok yerinde jeotermal kaynakları kaplıca alanları olarak kullanmış ve bu kaplıcaları banyo yapmak ya da çamaşır yıkamak için kullanmışlardır. M.Ö. 11.000'den önceki çanak çömlekçilik döneminden kalma Yuda kaplıcasının (Iwate Vilayeti) yakınında ve Jomon döneminden (M.Ö. 11.000-300) kalma Kawazu kaplıcasında (Nagazaki Vilayeti) Japon kültürünün kalıntıları gün yüzüne çıkarılmıştır. Çin'de jeotermal kullanımın iki bin yıldan daha eski yazılı kayıtları olmakla birlikte, halk hamamları, yaklaşık iki bin yıl önce Roma İmparatorluğu'nda İngiltere'den Tunus ve Suriye'ye kadar uzanan kaplıca bölgelerinde yaygınlaşmıştır. Çin ve Avrupa'daki eski banyo tesislerinde sıcak ve soğuk su için borular kullanılmıştır. Sıcak hava ile uzay ısıtması Roma dönemine ait olduğu bilinmektedir. Mineraller, İtalya'daki Etrüsk zamanlarından beri jeotermal sudan çıkarılmıştır (Fridleifsson, 2009, s. 93).

Jeotermal enerji 20. Yüzyılda ilk olarak büyük ölçekte alan ısıtması, sanayi ve elektrik üretimi için kullanılmıştır. Jeotermal enerjinin doğrudan uygulanması, alan ısıtma ve soğutma, endüstri, seralar, balık yetiştiriciliği ve sağlık kaplıcaları gibi çok çeşitli son kullanımları içermektedir. Başlıca doğrudan kullanım türleri banyo/yüzme/balneoloji²³ (%42), alan ısıtması (%35), jeotermal ısı pompaları ile alan ısıtması (%12), seralar (%9), balık yetiştiriciliği (%6) ve sanayi (%6) olarak bilinmektedir. Prens Piero Ginori Conti, 1904 yılında Toskana'nın Larderello kentinde jeotermal buharla elektrik enerjisi üretimini başlatmıştır. İlk büyük ölçekli belediye bölgesel ısıtma hizmeti, 1930 yılında İzlanda'da başlamıştır. Jeotermal enerji, 80 yılı aşkın bir süredir ticari olarak kullanılmış ve kırk yıldır hem elektrik üretimi hem de doğrudan kullanım için yüzlerce MW ölçeğinde üretilmiştir. Dolayısıyla jeotermal enerji Kullanımı son otuz yılda hızla artmıştır. 2000 yılında, 80'den fazla ülkede jeotermal kaynaklar tespit edilmiştir. Dünyadaki 58 ülkede jeotermal kullanımın sayısal veri kayıtları mevcuttur (Fridleifsson, 2009, s. 94).

²³ Balneoloji: Mineralli su vasıtasıyla hastalıkların tedavi edilmesi olarak bilinen bir tıp terimidir.

Jeotermal Kullanım genellikle elektrik üretimi ve doğrudan uygulama olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Geleneksel elektrik enerjisi üretimi, genellikle 180 °C'nin üzerindeki sıvı sıcaklıklarıyla sınırlıdır, ancak ikili akışkanların uygulanmasıyla çıkış sıcaklıkları genellikle yaklaşık olarak 70°C düşük sıcaklıklar kullanılabilir. Alan ısıtması için binalara ideal giriş sıcaklıkları yaklaşık 80°C'dir, ancak evlerde daha büyük radyatörlerin uygulanması / veya ısı pompalarının veya yardımcı kazanların uygulanmasıyla, ortam sıcaklığının sadece birkaç derece üzerindeki sıcaklıklara sahip termal su faydalı bir şekilde kullanılabilir. Jeotermal enerjinin doğrudan uygulamaları ise ana hatlarıyla, alan ısıtması %52 (ısı pompaları kullanarak %32), banyo ve yüzme (Balneoloji dahil) %30, bahçecilik (seralar ve toprak ısıtma) %8, endüstri %4 ve su ürünleri yetiştiriciliği (özellikle balık yetiştiriciliği) %4'tür. Doğrudan kullanım sektöründeki ana büyüme, son on yılda jeotermal (yer kaynaklı) ısı pompalarının kullanımı olmuştur. Bu, kısmen, jeotermal ısı pompalarının dünyanın herhangi bir yerindeki yeraltı suyunu veya yer bağlantılı sıcaklıkların kullanılmasından kaynaklanmaktadır. %80'inden fazlası bölgesel ısıtma olan alan ısıtması, jeotermal enerjinin en önemli doğrudan kullanımları arasındadır. Alan ısıtması için tercih edilen su dağıtım sıcaklığı 60-90°C arasındadır ve genellikle dönüş suyu sıcaklığı 2540°C'dir (Bertani, ve diğerleri, 2008, s. 64, 66).

1.3.3. Biyogaz Enerjisi

Biyogaz enerjisi, 100 yıldan daha kısa sürede kendini yenileyebilen fosil olmayan hayvansal atıklar, karada ve suda yetişen bitkiler, gıda endüstrisi, orman yan ürünleri ve kentsel atıklardan oluşan biyolojik kökenli organik kitleden oluşmaktadır. Bu kitlelerden elde edilen enerjiye biyokütle enerjisi denilmektedir. Biyokütle enerjisi aynı zamanda organik kitlelerin, güneşin kimyasal enerji halinde depolandığı enerji olarak ifade edilmektedir (Kete, 2020, s. 44).

Timmons ve arkadaşları (2014)'na göre Biyokütle, yakın geçmişte bitki maddesinden elde edilen herhangi bir yakıttır ve odun, mahsuller, mahsul artıkları ve hayvansal atıkları içerir. Fosil yakıt da antik geçmişte biyokütle idi. Biyokütle, insanlığın orijinal enerji kaynağıdır ve ateşin keşfinden beri kullanılmaktadır. Hala dünya birincil enerji arzının %10'unu oluşturuyor. Dünya nüfusunun çoğu pişirme yakıtı olarak odun,

odun kömürü, saman veya hayvan gübresi kullanmaktadır. Biyokütle ekonomisinin iki önemli özelliği vardır. Birincisi, biyokütle oluşturan güneş enerjili bitki fotosentezi, güneş enerjisini toplamak için nispeten verimsiz bir yoldur, bitkilere düşen mevcut güneş enerjisinin çoğu kaybolur. İkinci özelliği ise, mevcut toplam biyokütle enerjisi miktarının sonlu ve mevcut enerji tüketimine göre küçük olmasıdır.

Biyogaz, biyokütlenin anaerobik sindirim yoluyla üretilen yenilenebilir enerji kaynağıdır. Biyokütlenin kullanılabilmesi en az beş ana biyokütle kaynağı alanı vardır. Bunlar kanalizasyon, çöplük, hayvan gübresi, organik atıklar ve enerji mahsulleridir. Kökenine bakıldığında biyogaz, metan (%40-75), karbondioksit (%20-45) ve genellikle eser miktarlarda diğer bazı bileşiklerden oluşmaktadır (Budzianowski, 2012, s. 343).

Biyogaz, güç ve ısı / soğuk üretimi için kullanılabilen çok yönlü yenilenebilir yakıttır veya araç yakıtı olarak kullanılmak üzere biyometan'a yükseltilebilmektedir. Biyogaz bir üretim sahasında kullanılmakta veya gaz şebekesi aracılığıyla dağıtılmakta ve ayrıca sıvılaştırılabilmektedir. Isı ve elektrik üretimi için, geleneksel gaz kazanı, içten yanmalı motor, gaz türbini ve yakıt hücresi gibi biyogaz kullanımı için çok çeşitli teknolojiler mevcuttur. Su yıkama, basınç salımlı adsorpsiyon²⁴ ve membran²⁵ teknolojileri gibi çeşitli teknolojiler, şu anda biyogazı, araç yakıtı olarak kullanılmak üzere veya bir doğal gaz şebekesine enjekte edilmek üzere biyometan'a yükseltmek için uygulanmaktadır. Biyogaz, mikroorganizmalar tarafından anaerobik koşullarda farklı organik malzemelerden ve farklı ortamlarda, örneğin atık su arıtma tesislerindeki çamur çürütücülerde, biyoatıklarda, gübre ve enerji mahsulleri çürütücülerinde ve çöp sahalarında üretilir. Bu nedenle, biyogazın gerçek bileşimi, farklı üretim sahaları arasında ve ayrıca proses koşullarındaki ve hammaddelerdeki değişiklikler nedeniyle bireysel sahalarda farklılık gösterir (Rasi, Läntelä, & Rintala, 2011, s. 3370).

Enerji ve yakıt üretiminden elde edilen ekonomik faydalara ek olarak, anaerobik sindirim tesisleri su, toprak ve hava kirliliğinde azalmalar vb. gibi ek çevresel faydalar sağlar. Geleneksel olarak, gübre tarımda işlem görmeden doğrudan gübre olarak kullanılır. Bu da çevre sorunlarına, su kirliliğine neden olabilir. Gübrenin doğal yollarla

²⁴ Adsorpsiyon: Gaz veya sıvı maddelerin atomlarının kimyasal ve fiziksel bir kuvvetle yüzeye tutunmasıdır.

²⁵ Membran: Su ile devamlı temas halinde bulunan yüzeylerin alt ya da üst yüzeylerine engel amaçlı kullanılan bir tür yalıtım materyalidir.

bozulması, depolama sırasında metan ve karbondioksit emisyonlarına yol açar. Anaerobik sindirim, gübre depolanması ve ayrışmasıyla ilişkili kokuların azaltılmasına katkıda bulunur. Dolayısıyla insan ve hayvan sağlığı için risk oluşturabilecek patojenleri ortadan kaldırır. Biyogaz üretiminden elde edilen sindirim, gübre ile aynı besin içeriğine sahip olan gübre olarak kullanılabilir. Bu, çiftliklerde kimyasal gübre kullanımını azaltarak ekonomik faydalar sağlar ve besin akışını azaltarak metan emisyonlarını önler (Scarlat, Dallemand, & Fahl, 2018).

1.3.4. Diğer Enerji Kaynakları

Diğer enerjiler kısmında deniz kökenli yenilenebilir enerjiler yer almaktadır. Okyanus enerjisi, ikincil enerji ilkeleri ile birleştiğinde dünya çapında elektrik, su ve yakıt talebini karşılama potansiyeline sahip gelişmekte olan bir endüstridir. Okyanus enerjisinin bir dizi dönüşümü söz konusudur: Dalga enerjisi, dalgaların yüzey ve yüzey altı hareketi ile temsil edilir; hidrokinetik enerji, Okyanus akıntılarının ve gelgitlerin enerjisini toplar; Okyanus termal enerji dönüşümü, derin okyanustan gelen soğuk su ile ılık yüzey suyu arasındaki sıcaklık farkını kullanır ve Ozmotik enerji, tuz ve tatlı su arasındaki basınç farkıdır (Soerensen & Weinstein, 2008, s. 94).

Dalgalar rüzgâr ve yer çekiminin deniz yüzeyine kuvvet uygulaması sonucu meydana gelen salınım etkisidir. Dalgaların yapmış olduğu ileri-geri ve aşağı-yukarı salınımlarından faydalanan Dalga Enerjisi Dönüştürücü araçları ile elektrik üretimi sağlanmaktadır (Kükner & Erselcan, 2012, s. 61). Dalga enerjisi, Dünya yüzeyinin farklı düzeylerde ısınması sonucu oluşan rüzgâr aracılığıyla denizde oluşan dalgaların kullanımından enerji elde edilmesidir. Gel-git enerjisi ise, Ay ve Güneşin konumsal olarak dünyaya yakınlığı veya uzaklığı sonucu okyanuslardaki su seviyesinin yükselmesi veya alçalması ile meydana gelmektedir (Özdemir , 2020, s. 130).

Okyanus enerjisi üretim tesisinin birincil örneği, Fransa'nın La Rance kentinde, 240 MW kurulu kapasite derecesine sahip olan ve 1966'dan beri iklim değişikliği üzerinde herhangi bir etkisi olmadan ortalama 600 GWh / yıl üretim yapan gelgit baraj sistemidir. Diğer operasyonel sistemler çok daha küçüktür (5 MW Çin, 20 MW Kanada). OE sektörünün son teknoloji ürünü son 5 yılda önemli ölçüde ilerlemiştir (Soerensen &

Weinstein, 2008, s. 94). Dalga enerjisi için yapılan araştırma ve çalışmalar 1970 yıllarına kadar ulaşılmaktadır. Bu araştırmaların hız kazanması ve sonuç elde edilmesi 1980'li yılların sonu ve 1990'lı yılların başına denk gelmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, yenilenebilir enerji türleri arasında dalga enerjisinin önemli yere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dalga enerjisi geliştirmekte olan birçok ülkenin ilginçliğini çekmiştir. Avustralya, Çin, Danimarka, Hindistan, Japonya, Norveç, Portekiz, İsveç, İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri ve benzeri ülkelerde kurulu pilot tesisler çalışmaktadır (Alpdoğan, 2009, s. 26).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çoğu gibi, dalga enerjisi de dünya üzerinde eşit olmayan bir şekilde dağılmıştır. Her iki yarımkürede 30° ve 60° enlemleri arasında, bu bölgelerde esen hâkim batı rüzgarlarının neden olduğu artan dalga aktivitesi bulunur. Özellikle yüksek kaynaklar Batı Avrupa kıyıları boyunca, Kanada ve ABD kıyılarında ve Avustralya, Yeni Zelanda, Güney Amerika ve Güney Afrika'nın güneybatı kıyılarında yer almaktadır. Atlantik'in uzun sürmesinin sonunda yer alan Avrupa'nın batı kıyısındaki dalga iklimi oldukça enerjiktir. Daha yüksek dalga gücü seviyeleri sadece Güney Amerika'nın güney bölgelerinde ve Antipodlarda bulunur. Kaynak çalışmaları, kuzeydoğu Atlantik (Kuzey Denizi dahil) alanı için yaklaşık 290 GW ve Akdeniz için 30 GW mevcut dalga gücü kaynağı tahsis eder. Amerika Birleşik Devletleri'nin batı kıyısı için benzer rakam 150 GW'dır (Soerensen & Weinstein, 2008, s. 95).

Tablo 1.11. AB Ülkeleri ve Türkiye'de jeotermal, biyogaz ve diğer enerjiler üretim (1990-2020, TWh)²⁶ (Statistical Review of World Energy, 2022)

	2009	2019	2020	2009-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	33.95	50.42	50.82	49.67%	0.79%
Bulgaristan	0.04	1.83	1.96	5511.82%	7.27%
Çek Cumhuriyeti	2.15	5.03	5.09	137.24%	1.21%
Danimarka	4.59	6.16	5.28	14.89%	-14.37%
Estonya	0.74	1.30	1.34	81.14%	3.71%
Finlandiya	10.98	13.20	11.23	2.31%	-14.91%
Fransa	4.92	10.74	10.60	115.48%	-1.38%
Hollanda	7.06	5.81	8.68	23.01%	49.32%
İspanya	3.82	5.64	6.49	70.11%	15.21%
İsveç	12.19	13.04	10.99	-9.85%	-15.68%

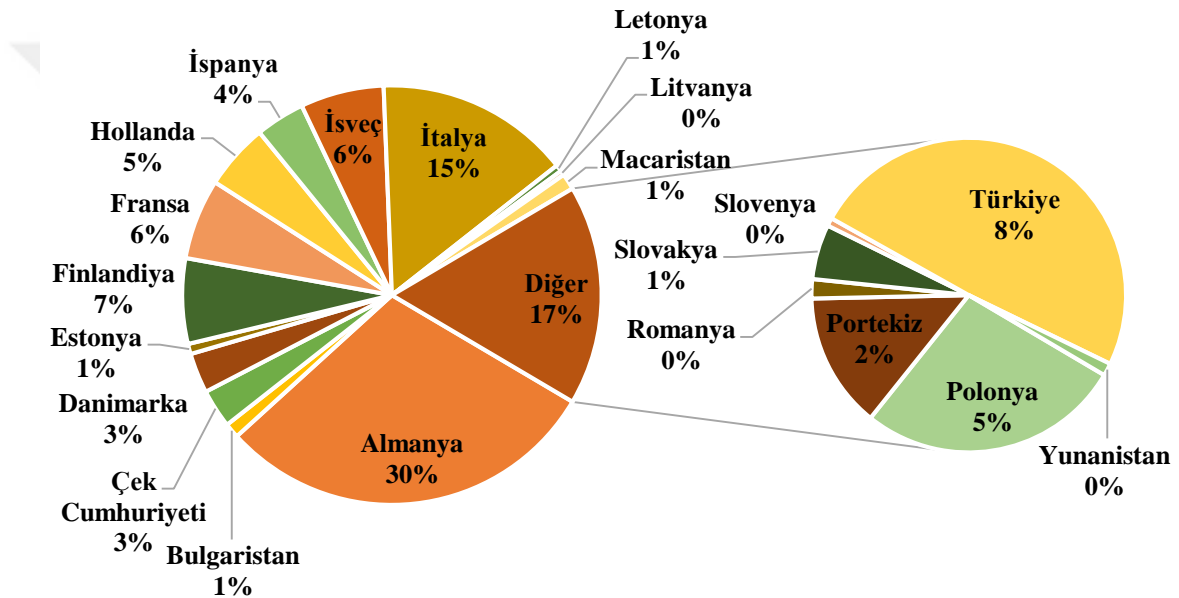
²⁶ Tablo1.11. yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Tablo 1.11. (Devamı)

İtalya	14.82	25.64	25.65	73.16%	0.07%
Letonya	0.07	0.93	0.89	1247.06%	-4.14%
Litvanya	0.15	0.53	0.61	315.98%	14.68%
Macaristan	2.30	2.24	2.12	-7.84%	-5.58%
Polonya	6.30	7.68	7.90	25.28%	2.80%
Portekiz	2.81	3.58	4.03	43.51%	12.78%
Romanya	0.11	0.50	0.58	418.08%	14.07%
Slovakya	0.66	1.69	1.64	147.52%	-3.21%
Slovenya	0.22	0.26	0.24	9.04%	-5.95%
Türkiye	1.00	12.35	14.22	1320.77%	15.17%
Yunanistan	0.19	0.40	0.37	96.28%	-7.24%
Dünyanın Geri Kalanı	262.74	482.07	516.35	96.52%	7.11%

Tablo 1.11.'de AB Ülkeleri ve Türkiye'de Jeotermal, Biyogaz ve Diğer Enerjiler Üretimi 2009 yılı baz alındığında, en çok üretim yapan ülkeler arasında; Almanya 33.95 TWh, İtalya 14.82 TWh ve İsveç 12.19 TWh ilk üç sırada yer almaktadır. En az üretim yapan 3 ülke ise Hırvatistan 0.03 TWh, Bulgaristan 0.04 TWh ve Letonya 0.07 TWh ile listede yer almaktadır. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye 1.00 TWh ile on beşinci sırada yer almıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 262.74 TWh'lık bir üretim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok üretim yapan ülkeler sırasıyla Almanya 50.82 TWh, İtalya 25.625 TWh ve 2009 yılında on beşinci sırada yer alan Türkiye 2020 yılında 14.22 TWh ile üçüncü sırada yer almıştır. 2009 yılında üçüncü sırada yer alan İsveç 10.99 TWh ile 2020 yılında dördüncü sırada yer almıştır. En az üretim yapan ülkeler ise Slovenya 0.24 TWh, Yunanistan 0.37 TWh ve Lüksemburg 0.39 TWh olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelere bakıldığında 516.35 TWh Biyogaz, Jeotermal ve Diğer enerji türlerinde enerji üretimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 2009-2020 yıllarının Biyogaz, Jeotermal ve diğer enerji türlerinde enerji üretimi değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Bulgaristan (%5511.82), Hırvatistan (%3138.13) ve Türkiye (%1320.77) olarak sıralandırılmıştır. En çok azalış gösteren AB ülkeleri ise İsveç (%-9.85) ve Macaristan (%-7.84) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerik değişimi ise %96.52'lik bir artış göstermiştir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında 2019-2020 yıllarının yüzdelerik değişim değerleri gözlemlendiğinde Biyogaz, Jeotermal ve diğer enerji türleri üretimde en çok artış olan AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Hollanda (%49.32), Lüksemburg (%38.70) ve İspanya (%15.21) olarak sıralandırılmıştır.

2009-2020 yılları yüzdelerik değişimde üçüncü sırada olan Türkiye (%15.17) 2019-2020 yılları yüzdelerik değişimde dördüncü sırada yer almıştır. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla İsveç (%-15.68), Finlandiya (%-14.91) ve Danimarka (%-14.37) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise Biyogaz, Jeotermal ve diğer enerji türleri enerji üretiminde %7.11’lik bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 1.13. AB Ülkeleri ve Türkiye’de jeotermal, biyogaz ve diğer enerjiler üretim (2020, Yüzde)²⁷ (Statistical Review of World Energy , 2022)

Şekil 1.13.’de AB ülkeleri ve Türkiye’de Biyogaz, Jeotermal ve diğer enerji üretiminde 2020 yılında %26’lık bir tüketim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %74’lük bir üretim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkeleri ve Türkiye’nin %26’lık üretiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Almanya %28, İtalya %14 ve Türkiye %8 olduğu gözlemlenmektedir.

²⁷ Şekil 1.13. Yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

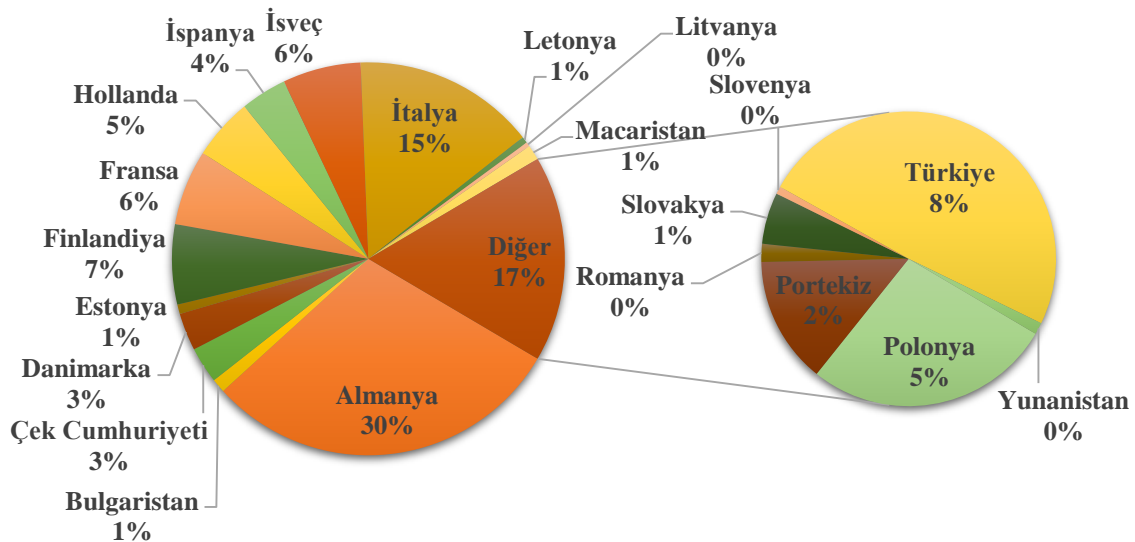
Tablo 1.12. AB Ülkeleri ve Türkiye’de jeotermal, biyogaz ve diğer enerjiler tüketim (1990-2020, EJ)²⁸ (Statistical Review of World Energy , 2022)

	2009	2019	2020	2009-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	0.319	0.449	0.451	41.62%	0.42%
Bulgaristan	0.000	0.016	0.017	5209.98%	6.87%
Çek Cumhuriyeti	0.020	0.045	0.045	124.48%	0.84%
Danimarka	0.043	0.055	0.047	8.71%	-14.69%
Estonya	0.007	0.012	0.012	71.40%	3.33%
Finlandiya	0.103	0.118	0.100	-3.19%	-15.22%
Fransa	0.046	0.096	0.094	103.89%	-1.75%
Hollanda	0.066	0.052	0.077	16.39%	48.78%
İspanya	0.036	0.050	0.058	60.96%	14.79%
İsveç	0.114	0.116	0.098	-14.70%	-15.99%
İtalya	0.139	0.229	0.228	63.84%	-0.30%
Letonya	0.001	0.008	0.008	1174.61%	-4.49%
Litvanya	0.001	0.005	0.005	293.61%	14.26%
Macaristan	0.022	0.020	0.019	-12.79%	-5.92%
Polonya	0.059	0.068	0.070	18.54%	2.42%
Portekiz	0.026	0.032	0.036	35.79%	12.36%
Romanya	0.001	0.004	0.005	390.21%	13.65%
Slovakya	0.006	0.015	0.015	134.21%	-3.57%
Slovenya	0.002	0.002	0.002	3.17%	-6.29%
Türkiye	0.009	0.110	0.126	1244.35%	14.75%
Yunanistan	0.002	0.004	0.003	85.72%	-7.58%
Dünyanın Geri Kalanı	2.466	4.297	4.586	85.97%	6.73%

Tablo 1.12.’de AB Ülkeleri ve Türkiye’de Jeotermal, Biyogaz ve Diğer Enerjiler Tüketimi 2009 yılı baz alındığında, en çok tüketimi yapan ülkeler arasında; Almanya 0.31 EJ, İtalya 0.13 EJ ve İsveç 0.11 EJ ilk üç sırada yer almaktadır. En az tüketim yapan 3 ülke ise Hırvatistan ve Bulgaristan 0.00 EJ, Letonya, Lüksemburg, Romanya ve Litvanya 0.001 EJ ile ikinci sırada yer almıştır. Slovenya ve Yunanistan 0.002 EJ ile listede üçüncü sırada yer almaktadır. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye 0.009 EJ ile on beşinci sırada yer almıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 2.46 EJ’lık bir tüketim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok tüketim yapan ülkeler sırasıyla Almanya 0.45 EJ, İtalya 0.22 EJ ve 2009 yılında on beşinci sırada yer alan Türkiye 2020 yılında 0.12 EJ ile üçüncü sırada yer almıştır. 2009 yılında üçüncü sırada yer alan İsveç 0.09 EJ ile 2020 yılında dördüncü sırada yer almıştır. En az tüketim yapan ülkeler ise Litvanya ve Romanya 0.005 EJ, Lüksemburg ve Yunanistan 0.003 EJ ve Slovenya 0.002 EJ olarak sıralandırılmıştır.

²⁸ Tablo1.12. yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Dünyanın geri kalan ülkelerine bakıldığında 4.58 EJ Biyogaz, Jeotermal ve diğer enerji türlerinde enerji tüketimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 2009-2020 yıllarının Biyogaz, Jeotermal ve diğer enerji türlerinde enerji tüketimi değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Bulgaristan (%5209.98), Hırvatistan (%2963.96) ve Türkiye (%1244.35) olarak sıralandırılmıştır. En çok azalış gösteren AB ülkeleri ise İsveç (%-14.74), Macaristan (%-12.79) ve Finlandiya (%-3.19) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerik değişimi ise %85.97'lik bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerik değişim değerleri gözlemlendiğinde Biyogaz, Jeotermal ve diğer enerji türleri tüketiminde en çok artış olan AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Hollanda (%48.78), Lüksemburg (%38.20) ve İspanya (%14.79) olarak sıralandırılmıştır. 2009-2020 yılları yüzdelerik değişimde üçüncü sırada olan Türkiye (%14.75) 2019-2020 yılları yüzdelerik değişimde dördüncü sırada yer almıştır. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla İsveç (%-15.99), Finlandiya (%-15.22) ve Danimarka (%-14.69) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise Biyogaz, Jeotermal ve diğer enerji türleri enerji tüketiminde %6.73'lük bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 1.14. AB Ülkeleri ve Türkiye'de jeotermal, biyogaz ve diğer enerjiler tüketim (2020, Yüzde)²⁹ (Statistical Review of World Energy , 2022)

²⁹ Şekil 1.14. Yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Şekil 1.14.'de AB ülkeleri ve Türkiye'de Biyogaz, Jeotermal ve diğer enerji tüketiminde 2020 yılında %26'lık bir tüketim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %74'lük bir tüketim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkeleri ve Türkiye'nin %26'lık tüketimi kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla ilk üç ülke Almanya %28, İtalya %14 ve Türkiye %8 olduğu gözlemlenmektedir.

1.3.5. Rüzgâr Enerjisi

Güneş'in yeryüzünün her yerini eşit düzeyde ısıtmaması sonucu oluşan sıcaklık ve basınç farkları rüzgârı oluşturmaktadır. Rüzgâr yüksek basınç alanından düşük basınç alanına doğru yer değiştirirken, yeryüzü ve hava hareketleri arasındaki sürtünme kuvvetinden etkilenir. Denizler, karalar, dağlar veya vadiler arasındaki hava akımlarına dayalı yerel rüzgârlardan elektrik enerjisi üretilir(Özdemir, 2020).

Rüzgâr enerjisi, dünya yüzeyinin diferansiyel ısınmasının sonucu meydana gelmektedir. Diferansiyel ısı, toprak tarafından ne kadar ısının emildiği ile su yüzeyleri tarafından ne kadar emildiği arasındaki farktır. Rüzgâr enerjisi, rüzgâr eserken dönen bir türbin aracılığıyla tutulur. Türbin, daha sonra çeşitli uygulamalar için kullanılabilir mekanik veya elektrik enerjisi üretir. Rüzgâr, yüzyıllar boyunca gemi yelkenlerine güç sağlamak için kullanılmıştır. Yel değirmenlerinin en eski belgeleri, MS 9'da İran'da dikey eksenli yel değirmenlerinin kullanımını kaydeden İslamcı bir coğrafyacının yazılarında yer almaktadır. Yel değirmenleri Avrupa'da 12. yüzyıldan beri kullanılmakta ve kullanımları 13. yüzyıldan beri Çin'de belgelenmiştir. Elektrik üreten ilk ticari rüzgâr türbini 1939'da Vermont'ta inşa edilmiştir. Şu anda, rüzgâr enerjisi elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisi üretiminde büyük ölçekli türbinler kullanılmaktadır. Bu türbinler destek kulesi tarafından tutulan bir naselin³⁰ tutturulmuş iki veya üç pervane benzeri kanattan oluşan iki rotordan oluşur. Rotor³¹ elektrik jeneratörüne doğrudan dişli kutusu olmadan güç verir ve sadece 25 ila 30 fit yüksekliğinde olma eğilimindedir. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri, dikey eksenli rüzgâr türbinlerinden çok daha yaygındır. Yatay eksenli türbinler pervanelere benzerken, Yatay eksenli türbinler tam olarak yumurta

³⁰ Nasel: Elektrik jeneratörünü, dişli kutusunu ve freni içeren mahfaza.

³¹ Rotor: Makinelerin düzenli bir döngü içerisinde dönen parça birimine denir.

çarpıcılarına benzer. Ayrıca, yatay eksenli tribünler dikey eksenli tribün üniteleri kadar verimli olma eğiliminde değildir. Dolayısıyla şebekeye bağlı tüm ticari rüzgâr türbinleri yataydır. Rüzgâr türbinleri genellikle aynı arazi alanı içinde birlikte gruplandırılır. Rüzgâr çiftlikleri olarak adlandırılan bu gruplamalar, geleneksel enerji biçimleri gibi şebekeye beslenecek toplu elektrik enerjisi üretir (Smith & Taylor, 2008).

Rüzgâr enerjisi, hareketli havadaki enerji ile üretilir ve mevcut enerji, rüzgar hızı küpüne göre değişir. Rüzgâr hızının iki katına çıkması $2^3 = 8$ kat daha fazla potansiyel enerji ile sonuçlanır; üç katına çıkan rüzgâr hızı $3^3 = 27$ kat daha fazla enerji ile sonuçlanır. Daha fazla potansiyel enerji genellikle belirli bir enerji miktarı için daha düşük maliyet anlamına gelir. Genellikle bu sistemler kıyı ve açık denizde, dağ sırtları boyunca ve ABD Büyük Ovaları gibi geniş açık alanlardadır. Rüzgârlı günlerde sakin günlerden çok daha fazla enerji mevcuttur. Bu kesintili özellik, çoğu yenilenebilir enerji kaynağında ortaktır, ancak potansiyel enerjinin rüzgâr hızına göre ne ölçüde değiştiği göz önüne alındığında, rüzgarla özellikle daha da zordur. Bir enerji santralının kapasite faktörü, üretilen gerçek enerjinin maksimum enerji üretim potansiyeline oranı olarak tanımlanır. İyi bir sahada rüzgâr enerjisi için kapasite faktörü %30 olmakla birlikte, zayıf rüzgâr sahalarında çok daha düşük faktörler olabilir. Bugüne kadar çoğu rüzgâr enerjisi gelişimi kara tabanlı olmuştur, ancak açık deniz rüzgâr enerjisinin birtakım avantajları vardır. Açık deniz rüzgarları karadan hem daha güçlü hem de daha tutarlıdır. Daha fazla rüzgâr tutarlılığı, rüzgâr enerjisi kapasite faktörünü artırır ve enerji depolama ihtiyacını azaltır (Timmons, Harris, & Roach, 2014).

Tablo 1.13. AB Ülkeleri ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi üretim (2009-2020, TW/h)³² (Statistical Review of World Energy , 2022)

	2009	2019	2020	2009-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	38.648	125.894	130.965	338.87%	4.03%
Bulgaristan	0.237	1.317	1.477	623.31%	12.17%
Çek Cumhuriyeti	0.288	0.700	0.699	242.69%	-0.13%
Danimarka	6.721	16.150	16.353	243.34%	1.26%
Estonya	0.195	0.687	0.823	422.20%	19.84%
Finlandiya	0.277	6.086	8.051	2910.52%	32.28%
Fransa	7.912	34.615	40.604	513.19%	17.30%

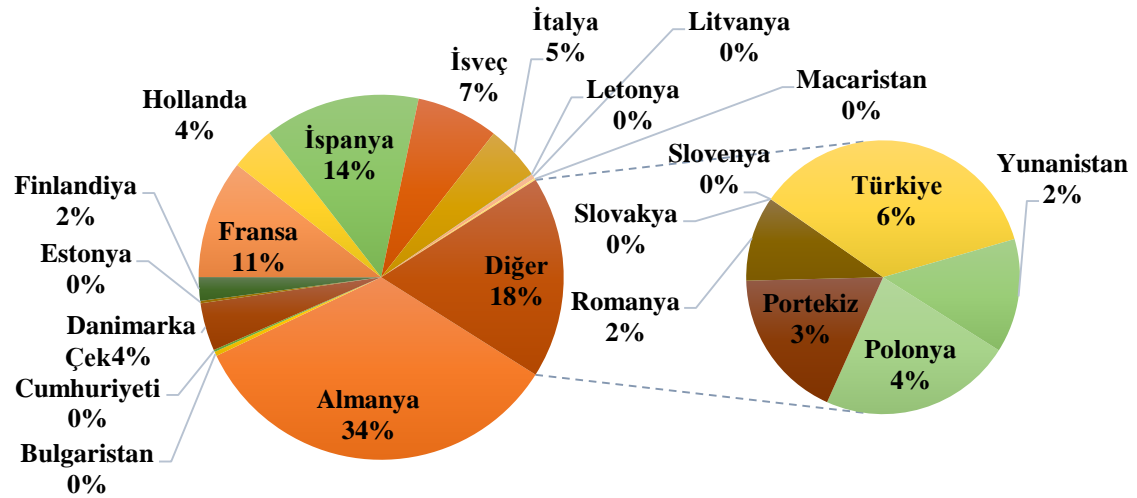
³² Tablo1.13. yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Tablo 1.13. (Devamı)

Hollanda	4.583	11.508	15.268	333.13%	32.68%
İspanya	37.887	53.089	53.221	140.47%	0.25%
İsveç	2.485	19.847	28.071	1129.63%	41.44%
İtalya	6.543	20.202	18.703	285.84%	-7.42%
Letonya	0.048	0.154	0.178	370.83%	15.59%
Litvanya	0.158	1.499	1.562	990.55%	4.18%
Macaristan	0.331	0.729	0.643	194.26%	-11.80%
Polonya	1.077	15.107	15.726	1460.17%	4.10%
Portekiz	7.577	13.667	12.364	163.18%	-9.53%
Romanya	0.009	6.773	6.955	77277.78%	2.69%
Slovakya	0.006	0.006	0.006	100.00%	0.00%
Slovenya	-	0.006	0.006	-	0.93%
Türkiye	1.495	21.731	24.762	1655.89%	13.95%
Yunanistan	2.543	7.266	9.305	365.92%	28.06%
Dünyanın Geri Kalanı	150.978	1,032.166	1,172.010	776.28%	13.55%

Tablo 1.13.'de AB Ülkeleri ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Üretimi 2009 yılı baz alındığında, en çok üretimi yapan ülkeler arasında; Almanya 38.64 TWh, İspanya 37.88 TWh ve Fransa 7.91 TWh ilk üç sırada yer almaktadır. En az üretim yapan 3 ülke ise Slovenya 0.00 TWh, Slovakya 0.006 TWh ile ikinci sırada yer almıştır. Romanya 0.009 TWh ile listede üçüncü sırada yer almaktadır. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye 1.49 TWh ile on ikinci sırada yer almıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 150.97 TWh'lık bir üretim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok üretim yapan ülkeler sırasıyla Almanya 130.96 TWh, İspanya 53.22 TWh ve Fransa 40.60 TWh ile il üç sırada yer almışlardır. 2009 yılında on ikinci sırada yer alan Türkiye 24.76 ile 2020 yılında beşinci sırada yer almaktadır. En az üretim yapan ülkeler ise Slovenya ve Slovakya 0.006 TWh, Letonya 0.17 TWh ve Lüksemburg 0.34 TWh olarak sıralandırılmıştır. 2009 yılında en az üretim yapan ve üçüncü sırada olan Romanya 6.95 TWh ile en çok üretim yapanlar listesinde on beşinci sıraya yükselmiştir. Dünyanın geri kalan ülkelere bakıldığında ise 1.172,01 TWh Rüzgâr Enerjisi üretimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 2009-2020 yıllarının Rüzgâr Enerjisi üretimi değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Romanya (%77277.78), Hırvatistan (%3207.95), Finlandiya (%2910.52) ve dördüncü sırada Türkiye (%1244.35) olarak sıralandırılmıştır. En çok azalış gösteren AB ülkeleri ise Portekiz (%163.18), İspanya (%140.47) ve Slovakya (%100.00) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerdeki değişimi ise %776.28'lik bir artış

göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerik değışim değeri gözlemlendiğinde Rüzgar Enerjisi üretiminde en çok artış olan AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla İsveç (%41.44), Belçika (%33.99) ve Hollanda (%32.68) olarak sıralandırılmıştır. 2009-2020 yılları yüzdelerik değışimde dördüncü sırada olan Türkiye (%13.95) 2019-2020 yılları yüzdelerik değışimde on birinci sırada yer almıştır. Rüzgâr Enerjisi üretiminde yüzdelerik değışimde en çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Macaristan (%-11.80), Portekiz (%-9.53) ve Avusturya (%-9.14) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise %13.55’lük bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 1.15. AB Ülkeleri ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi üretim (2020, Yüzde)³³ (Statistical Review of World Energy , 2022)

Şekil 1.15.’te AB ülkeleri ve Türkiye’de Rüzgâr enerjisi üretiminde 2020 yılında %25’lik bir üretim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %75’lük bir üretim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkeleri ve Türkiye’nin %26’lık üretiminin kendi içinde yüzdelerikleri hesaplandığında ise sırasıyla en çok yüzdeleriklere sahip ülkeler Almanya %31, İspanya %13, Fransa %10, İsveç %7 ve Türkiye %6 olduğu gözlemlenmektedir.

³³Şekil 1.15. Yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

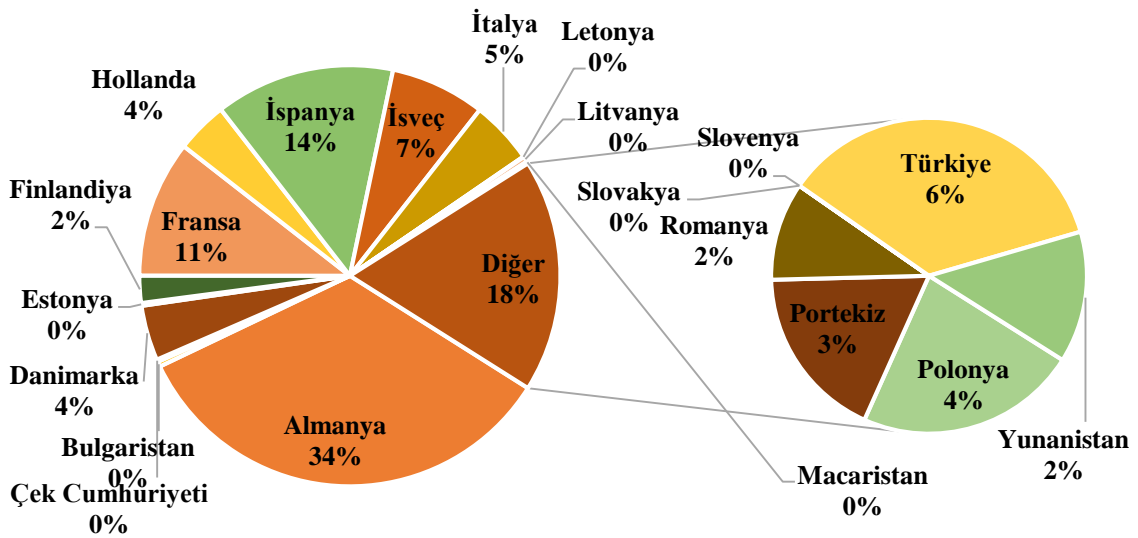
Tablo 1.14. AB Ülkeleri ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi tüketim (2009-2020, EJ)³⁴
(Statistical Review of World Energy , 2022)

	2009	2019	2020	2009-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	0.365	1.122	1.163	218.67%	3.65%
Bulgaristan	0.002	0.012	0.013	486.16%	11.75%
Çek Cumhuriyeti	0.003	0.006	0.006	128.22%	-0.50%
Danimarka	0.063	0.144	0.145	128.83%	0.89%
Estonya	0.002	0.006	0.007	297.04%	19.40%
Finlandiya	0.003	0.054	0.072	2637.08%	31.80%
Fransa	0.075	0.309	0.361	382.61%	16.87%
Hollanda	0.043	0.103	0.136	213.28%	32.19%
İspanya	0.358	0.473	0.473	32.10%	-0.12%
İsveç	0.023	0.177	0.249	962.32%	40.92%
İtalya	0.062	0.180	0.166	168.81%	-7.76%
Letonya	0.000	0.001	0.002	248.73%	15.16%
Litvanya	0.001	0.013	0.014	831.52%	3.80%
Macaristan	0.003	0.006	0.006	82.68%	-12.12%
Polonya	0.010	0.135	0.140	1273.15%	3.72%
Portekiz	0.072	0.122	0.110	53.45%	-9.87%
Romanya	0.000	0.060	0.062	72572.65%	2.31%
Slovakya	0.000	0.000	0.000	-5.96%	-0.37%
Slovenya	-	0.000	0.000	-	0.56%
Türkiye	0.014	0.194	0.220	1457.21%	13.53%
Yunanistan	0.024	0.065	0.083	244.12%	27.59%
Dünyanın Geri Kalanı	1.426	9.201	10.41	630.01%	13.14%

Tablo 1.14.’de AB Ülkeleri ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi tüketimi 2009 yılı baz alındığında, en çok tüketimi yapan ülkeler arasında; Almanya 0.36 EJ, İspanya 0.35 EJ ve Fransa 0.07 EJ ilk üç sırada yer almaktadır. En az tüketim yapan ülkeler ise Slovenya, Slovakya, Romanya ve Letonya 0.00 EJ, Hırvatistan ve Lüksemburg 0.001 EJ ile ikinci sırada yer almıştır. Estonya ve Bulgaristan 0.002 EJ ile listede üçüncü sırada yer almaktadır. AB ülkelerinin yanı sıra Rüzgar enerjisi üretiminde Türkiye 0.01 EJ ile on ikinci sırada yer almıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 1.42 EJ’lık bir tüketim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok tüketim yapan ülkeler sırasıyla Almanya 1.16 EJ, İspanya 0.43 EJ ve Fransa 0.36 EJ ile il üç sırada yer almışlardır. 2009 yılında on ikinci sırada yer alan Türkiye 0.22 ile 2020 yılında beşinci sırada yer almaktadır. En az tüketim gerçekleştiren ülkeler ise Slovenya ve Slovakya 0.000 EJ, Letonya 0.002 EJ ve Lüksemburg 0.003 EJ olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan

³⁴ Tablo1.14. yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

ülkelerine bakıldığında ise 10.41 EJ Rüzgar Enerjisi tüketimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 2009-2020 yıllarının Rüzgâr Enerjisi tüketimi değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Romanya (%72573.65), Hırvatistan (%2916.77), Finlandiya (%2637.07) ve dördüncü sırada Türkiye (%1457.20) olarak sıralandırılmıştır. En çok azalış gösteren sadece tek bir ülke olarak Slovakya (%-6) olarak gerçekleşmiştir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerik değişimi ise %630.01'lik bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerik değişim değerleri gözlemlendiğinde Rüzgar Enerjisi tüketiminde en çok artış olan AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla İsveç (%40.91), Belçika (%33.49) ve Hollanda (%32.19) olarak sıralandırılmıştır. 2009-2020 yılları yüzdelerik değişimde dördüncü sırada olan Türkiye (%13.13) 2019-2020 yılları yüzdelerik değişimde on ikinci sırada yer almıştır. Rüzgâr Enerjisi tüketiminde yüzdelerik değişimde en çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Macaristan (%-12.12), Portekiz (%-10.86) ve Avusturya (%-9.47) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise %13.13'lük bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 1.16. AB Ülkeleri ve Türkiye'de rüzgâr enerjisi tüketim (2020, Yüzde)³⁵ (Statistical Review of World Energy , 2022)

³⁵Şekil 1.16. Yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Şekil 1.16.'da AB ülkeleri ve Türkiye'de Rüzgâr enerjisi tüketiminde 2020 yılında %25'lik bir üretim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %75'lik bir tüketim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkeleri ve Türkiye'nin %25'lik tüketiminde kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla en çok yüzdelerle sahip ülkeler Almanya %31, İspanya %13, Fransa %10, İsveç %7 ve Türkiye %6 olduğu gözlemlenmektedir.

1.3.6. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğindeki yüksek basınç ve sıcaklıkta hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile meydana gelen nükleer füzyon işlemi sonucunda ortaya çıkan çok güçlü bir ışın enerjisidir (Kaya, Şenel, & Koç, 2018). Güneşin bir başka tanımı ise enerjinin hidrojenin helyuma dönüştürülmesinden geldiği Güneş'in çekirdeğindeki nükleer etkileşimler olarak tanımlanmaktadır (Foster, Ghassemi, & Cota, 2009). Güneş'in bir saniyede ürettiği enerji miktarı, insanlığı şimdiye kadar kullandığı enerjiden çok daha fazladır. Güneş'ten çıkan ışın uzayda yayılarak çeşitli dalgalar halinde dünyaya ulaşır. Güneş ışınımının tamamı yeryüzüne ulaşmaz, sadece %50'si yeryüzüne ulaşır. %30'u atmosfer tarafından geri çevrilerek uzay boşluğuna yansır. %20'si ise atmosfer ve bulutlarda tutulur. Dünya, Güneşten gelen ışının sadece milyarda birini alır. Atmosferin dışında güneş enerjisinin şiddeti 1370 W/m^2 değerindedir. Ancak yeryüzünde yatay düzlem için toplam güneş ışınımı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değeri arasında değişim göstermektedir (Özdemir, 2020). Güneş enerjisinin yılda yaklaşık dört milyon eksajoules ($1 \text{ EJ} = 10^{18} \text{ J}$) yeryüzüne ulaştığı ve bunun yaklaşık $5 \times 10^4 \text{ EJ}$ 'sinin kolayca elektriğe dönüştürülebilir olduğu iddia edilmektedir (Kabir, Kumar, Kumar, Adelodun, & Kim, 2018).

Geçmişten bu yana insanoğlunun yararlandığı tüm enerjilerin ana kaynağı güneştir. Evrimsel süreçte karbon atomunun oluşmasıyla birlikte başlayan organik yapılanmalar, güneş ışınından aldığı enerjiyi fotosentez yaparak gövdelerinde, dallarında ve yapraklarında depolamışlardır. Jeolojik devirlerde ise bitkiler de dahil olmak üzere söz konusu bütün canlılar, çeşitli kimyasal, fiziksel ve jeolojik değişimlerle yerkürenin oluşumu sürecinde katmanların altında kalarak fosil yakıtları meydana getirmiştir (Özdemir, 2020). Güneş enerjisi PV olarak doğrudan kullanılabilir; dolaylı olarak rüzgâr, biyokütle ve hidroelektrikte veya kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil

biyokütle yakıtları olarak kullanılabilir. Dolayısıyla güneş ışığı, gezegendeki en büyük karbonsuz enerji kaynağıdır (Foster, Ghassemi, & Cota, 2009). Güneş enerjisi hem doğrudan güneş radyasyonu hem de dolaylı olarak rüzgâr, biyokütle, okyanus, hidrolik ve diğer türlerde kullanılan en bol enerji kaynağıdır (Akbaş Akdoğan , 2021).

Güneş ışınları aracılığı ile dünyaya gelen bu enerjiden faydalanabilmek için güneş kolektörleri, güneş panelleri ve güneş pilleri vb. teknolojiler geliştirilmiş ve bu teknolojilerle ısı enerjisi olarak doğrudan veya elektrik enerjisine dönüştürerek dolaylı enerji üretimi gerçekleştirilmiştir (Kaya, Şenel, & Koç, 2018). Paneller güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Kolektörlerden güneş enerjisinden sıcak su (termal) amacı ile yararlanılmaktadır. Fotovoltaik (PV) güneş pilleri, Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi (CSP) ve Odaklayıcı Aynalar (CST) gibi uygulamalarla ise öncelikle güneş enerjisinden yüksek ısı ve buhar elde edilmekte olup daha sonrasında da elektrik üretimi sağlanmaktadır (Oral , 2020).

Güneş enerjisi, insan uygarlığının başlangıcından beri ısıtma ve pişirme işlemlerinde kullanılmıştır. Eski toplumlar, konutları ısıtmak için pasif güneş yakalama yöntemlerini kullanmışlardır. Bu nedenle, ilk kez ne zaman kullanıldığı tam olarak bilinmemektedir. İlk modern güneş enerjisi teknolojisi, 1700'lerin sonlarında bir Fransız olan Antoine Lavoisier ilk güneş fırını geliştirmiştir. Güneş enerjisi, 1880'lerde Hindistan'da yemek pişirmek için kullanılmıştır. Basit buhar motorları 1878'den beri güneş enerjisiyle çalışmaktadır. 1913'te Mısır, sulama için güneş enerjisiyle çalışan bir su pompası geliştirmiştir. Güneş enerjili sıcak su ısıtıcıları 1930'larda Amerika Birleşik Devletleri'nde popüler olmuştur. Elektrik üretmek için kullanılan ilk fotovoltaik (PV) hücreler, 1950'lerin sonlarında geliştirilmiş ve Dünya'nın etrafında dönen uydulara elektrik gücü sağlamak için kullanılmıştır. 1970'lerdeki enerji krizinden sonra, şebekeye bağlı uygulamalara sahip PV güç sistemleri dünya çapında ortaya çıkmış ve güneş enerjisi uygulanabilir bir enerji kaynağı olarak görülmeye başlanmıştır (Smith & Taylor, 2008).

Güneş her zaman insanlığın dikkatini çekmiş ve binlerce yıldır Mısırlılar, İnanlar, Yunanlılar ve Mayalar gibi birçok kültür tarafından ibadet konusu olmuştur. Ancak güneş enerjisinin, modern ekonomilerimiz için de çeşitli üretken faaliyetlerde sağlanacak ısı ve elektrik üretme potansiyeli, nispeten daha ucuz olan fosil yakıtlar nedeniyle dünya çapında

yaygın olarak gösterilmiş, fakat henüz yaygın olarak benimsenmemiştir (Foster, Ghassemi, & Cota, 2009). Güneş enerjisinden elektrik üretimi ile ilgili enerji güvenliği odaklı politik kararlar petrol krizlerinden sonraki dönemde alınmaya başlanmıştır. Ayrıca 1980 ve 90'lı yıllarda artan çevresel bilinç tutumu ve bununla birlikte küresel iklim değişiminin olası etkileri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmıştır. Bu kaynakların içinde güneş enerjisi önemli bir aktör haline gelmeye başlamıştır. Bu bağlamda tüm dünya küresel iklim değişikliğinin beraberinde getirdiği enerji politikalarını uygulamaya çalışmış ve bu durum gerek ulusal enerji politikalarında gerekse de küresel enerji politikalarında alınan kararlar ve aksiyonlarda gözlemlenmektedir. Küresel iklim değişikliğine ve çevresel sorunlara fosil yakıt kullanımına bağlı sera gazı yayılımının önemli bir etkisi olduğu aşikardır. Bu nedenle yenilenebilir enerji türlerine olan talep gün geçtikçe artış göstermiştir. Bu enerji türlerinin içinde ise en fazla yatırım alması beklenen güneş ve rüzgâr enerji kaynaklarıdır (Oral , 2020).

Foster ve arkadaşları (2009)'na göre, Güneş enerjisi yenilenebilir ve / veya sürdürülebilir bir enerji türüdür. Güneş'in ömrü için tahminler 4 ila 5 milyar yıldan daha fazladır. Foster ve arkadaşları güneş enerjisinin diğer yenilenebilir enerji türlerinin temeli olduğunu belirtmektedir. Rüzgâr enerjisi, ekvatorda daha fazla ısı girişi nedeniyle dünya yüzeyinin düzensiz ısınmasından ve beraberinde buharlaşma ve yağmur yoluyla suyun transferinden elde edilir. Bu sava bağlı olarak, hidro enerji için nehirler ve barajlar güneş enerjisi olarak depolanır. Güneş ışığının fotosentez yoluyla biyokütleyle dönüştürülmesi de yine güneş enerjisinden gelmektedir. Gübreden elde edilen biyogaz gibi hayvansal ürünler söz konusu güneş enerjisinden elde edilir. Bir başka yenilenebilir enerji, güneş sisteminin oluştuğu zamandan itibaren radyoaktif parçacıkların çürümesiyle dünyadan gelen ısı nedeniyle jeotermaldir. Volkanlar, sıcak ve erimiş iç kısımlardan dünya yüzeyine ulaşan jeotermal enerjinin önemli örnekleridir.

Güneş enerjisi, herkese enerji güvenliği ve enerji bağımsızlığı sağlayabilecek sabit bir güç kaynağıdır. Böyle bir enerji türü sadece bireysel olarak insanlık için değil, aynı zamanda şirketlerin, toplumların, devletlerin ve ulusların sosyoekonomik refahı için de büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, güneş enerjisi artık birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede enerji ihtiyaçlarını karşılamak için elektrik üretiminin doğal ve önemli bir

parçası olarak benimsenmektedir. Bununla birlikte dünya, her yıl güneş ışığından, bilinen tüm fosil yakıt rezervlerinin toplamından yaklaşık 10 kat daha fazla enerji üretmesine rağmen, yenilenebilir enerjiye, çoğu siyasi ve iş dünyası lideri tarafından çok düşük bir öncelik verilmiştir (Kabir, Kumar, Kumar, Adelodun, & Kim, 2018).

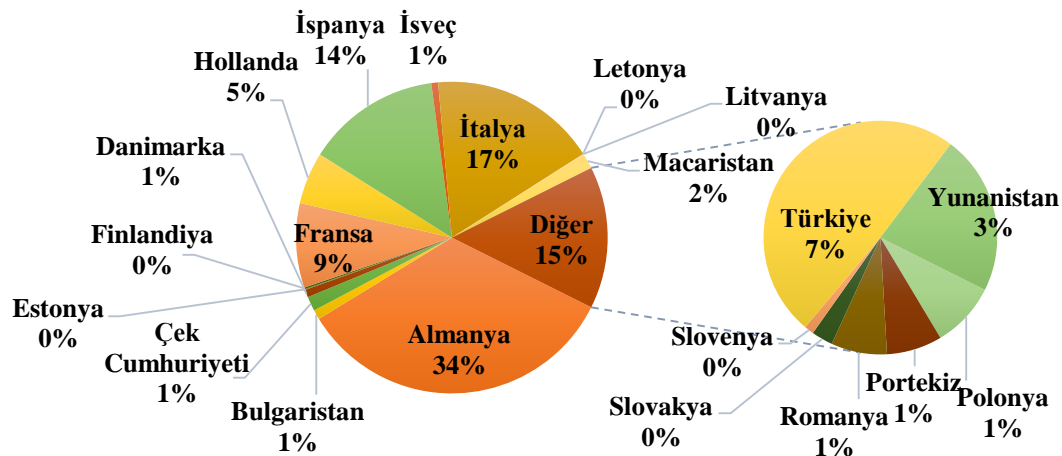
*Tablo 1.15. AB Ülkeleri ve Türkiye’de güneş enerjisi üretim (2009-2020, TWh)³⁶
(Statistical Review of World Energy , 2022)*

	2009	2019	2020	2009-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	6.583	46.392	50.600	668.65%	9.07%
Bulgaristan	0.003	1.443	1.497	49810.64%	3.80%
Çek Cumhuriyeti	0.089	2.286	2.233	2414.55%	-2.31%
Danimarka	0.004	0.963	1.181	31401.70%	22.64%
Estonya	0.000	0.116	0.126	125715.07%	8.04%
Finlandiya	0.004	0.148	0.259	5913.62%	74.15%
Fransa	0.174	11.747	13.075	7414.24%	11.30%
Hollanda	0.044	5.336	8.056	18026.37%	50.97%
İspanya	6.067	15.108	20.805	242.93%	37.71%
İsveç	0.007	0.663	1.056	14991.84%	59.34%
İtalya	0.677	23.689	25.953	3733.55%	9.56%
Letonya	-	0.003	0.003	-	0.00%
Litvanya	-	0.091	0.090	-	-1.45%
Macaristan	0.001	1.497	2.371	237000.00%	58.38%
Polonya	-	0.711	1.990	-	180.02%
Portekiz	0.160	1.343	1.695	959.38%	26.21%
Romanya	0.001	1.778	1.703	168497.00%	-4.22%
Slovakya	-	0.589	0.656	-	11.38%
Slovenya	0.004	0.303	0.288	7096.78%	-5.01%
Türkiye	-	9.250	10.835	-	17.13%
Yunanistan	0.050	4.429	4.872	9644.45%	10.02%
Dünyanın Geri Kalanı	6.837	573.849	699.340	10128.76%	21.87%

Tablo 1.15.’de AB Ülkeleri ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Üretimi 2009 yılı baz alındığında, en çok üretimi yapan ülkeler arasında; Almanya 6.58 TWh, İspanya 6.07 TWh ve İtalya 0.68 TWh ilk üç sırada yer almaktadır. En az üretim yapan Hırvatistan, Estonya ve İrlanda 0.000 TWh ile ikinci sırada yer almıştır. Macaristan ve Romanya 0.001 TWh ve Bulgaristan 0.003 TWh ile listede üçüncü sırada yer almaktadır. Ayrıca 2009 yılında henüz üretim yapmayan ülkeler ise Türkiye, Slovakya, Polonya, Litvanya ve Letonya olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 6.84 TWh’lık bir üretim

³⁶ Tablo1.15. yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok üretim yapan ülkeler sırasıyla Almanya 50.60 TWh, İtalya 25.95 TWh ve İspanya 20.80 TWh ile il üç sırada yer almışlardır. 2009 yılında üretim yapmayan Türkiye 10.83 TWh ile 2020 yılında beşinci sırada yer almaktadır. En az üretim yapan ülkeler ise Letonya 0.003 TWh, İrlanda 0.02 TWh ve Hırvatistan 0.08 TWh olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelere bakıldığında ise 699.34 TWh Güneş Enerjisi üretimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 2009-2020 yıllarının Güneş Enerjisi üretimi değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Hırvatistan (%510460.14), Macaristan (%237000.00) ve Romanya (%168497.00) olarak sıralandırılmıştır. AB ülkeleri ve Türkiye'ye bakıldığında azalış görünmemektedir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerinde ise %10128.76'lık bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerinde Güneş Enerjisi üretiminde en çok artış olan AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Polonya (%180.02), Finlandiya (%74.15) ve İsveç (%59.34) olarak sıralandırılmıştır. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye (%17.13) ile yüzdelerinde en çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Avusturya (%-6.55), Slovenya (%-5.01) ve Romanya (%-4.22) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise %21.87'lük bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 1.17. AB Ülkeleri ve Türkiye'de güneş enerjisi üretim (2020, Yüzde)³⁷ (Statistical Review of World Energy , 2022)

³⁷Şekil 1.17. Yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Şekil 1.17.'de AB ülkeleri ve Türkiye'de Güneş enerjisi üretiminde 2020 yılında %18'lik bir üretim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %82'lik bir üretim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkeleri ve Türkiye'nin %18'lik üretiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla en çok yüzdelerle sahip ülkeler Almanya %32, İtalya %17, İspanya %13, Fransa %8 ve Türkiye %7 olduğu gözlemlenmektedir.

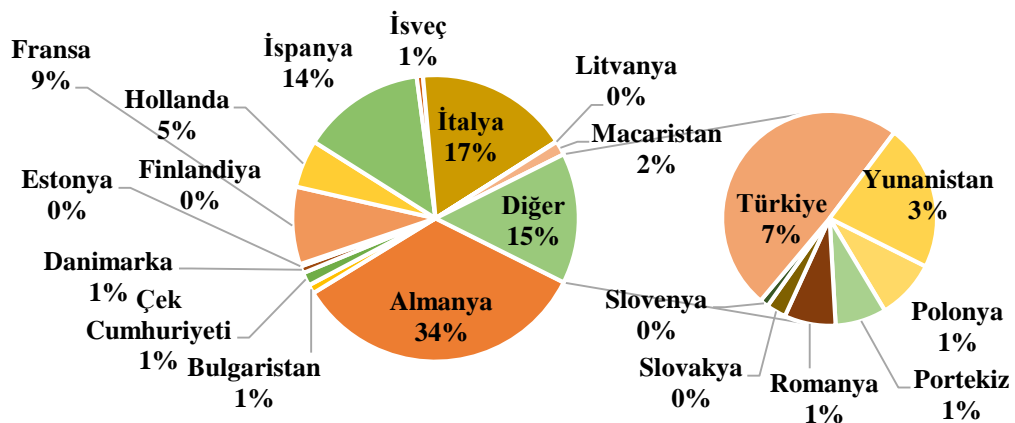
*Tablo 1.16. AB Ülkeleri ve Türkiye'de güneş enerjisi tüketim (2009-2020, EJ)³⁸
(Statistical Review of World Energy , 2022)*

	2009	2019	2020	2009-2020 Değişim%	2019-2020 Değişim%
Almanya	0.062	0.414	0.449	622.84%	8.67%
Bulgaristan	0.000	0.013	0.013	46836.37%	3.42%
Çek Cumhuriyeti	0.001	0.020	0.020	2264.71%	-2.67%
Danimarka	0.000	0.009	0.010	29524.46%	22.19%
Estonya	0.000	0.001	0.001	118217.52%	7.65%
Finlandiya	0.000	0.001	0.002	5555.26%	73.51%
Fransa	0.002	0.105	0.116	6966.46%	10.89%
Hollanda	0.000	0.048	0.072	16946.18%	50.42%
İspanya	0.057	0.135	0.185	222.49%	37.20%
İsveç	0.000	0.006	0.009	14092.49%	58.76%
İtalya	0.006	0.211	0.231	3505.11%	9.16%
Letonya	-	0.000	0.000	-	-0.37%
Litvanya	-	0.001	0.001	-	-1.82%
Macaristan	0.000	0.013	0.021	222870.78%	57.80%
Polonya	-	0.006	0.018	-	178.99%
Portekiz	0.002	0.012	0.015	896.24%	25.75%
Romanya	0.000	0.016	0.015	158450.00%	-4.57%
Slovakya	-	0.005	0.006	-	10.97%
Slovenya	0.000	0.003	0.003	6667.91%	-5.35%
Türkiye	-	0.082	0.096	-	16.70%
Yunanistan	0.000	0.039	0.043	9063.76%	9.62%
Dünyanın Geri Kalanı	0.065	5.116	6.211	9455.38%	21.40%

Tablo 1.16.'de AB Ülkeleri ve Türkiye'de Güneş Enerjisi Tüketimi 2009 yılı baz alındığında, en çok tüketim yapan ülkeler arasında; Almanya 0.06 EJ, İspanya 0.05 EJ ve İtalya 0.006 EJ ilk üç sırada yer almaktadır. 2009 yılında henüz üretim yapmayan ülkelerin doğal olarak tüketimi de söz konusu olmamaktadır. Bu ülkeler ise Türkiye, Slovakya, Polonya, Litvanya ve Letonya olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkeleri ise 0.06 EJ'lük bir tüketim gerçekleştirmiştir. 2020 yılına bakıldığında ise en çok tüketim

³⁸ Tablo1.16. yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

yapan ülkeler sırasıyla Almanya 0.44 EJ, İtalya 0.23 EJ ve İspanya 0.18 EJ ile ilk üç sırada yer almışlardır. 2009 yılında tüketim yapmayan Türkiye 0.09 EJ ile 2020 yılında beşinci sırada yer almaktadır. En az tüketim yapan ülkeler ise İrlanda ve Letonya 0.000 EJ ile ilk sırada yer alırken, Hırvatistan, Litvanya ve Estonya 0.001 EJ ile ikinci sırada yer almakta ve Finlandiya ve Lüksemburg 0.002 EJ ile üçüncü sırada yer almıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerine bakıldığında ise 6.21 EJ Güneş Enerjisi tüketimi yaptığı görülmektedir. Değişim yüzdelerinin sıralamasına bakıldığında ise 2009-2020 yıllarının Güneş Enerjisi tüketimi değişim yüzdelerinde en çok artış gösteren AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Hırvatistan (%480037.74), Macaristan (%222870.78) ve Romanya (%158450.00) olarak sıralandırılmıştır. Genel olarak AB ülkeleri ve Türkiye'ye bakıldığında azalış görünmemektedir. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamının yüzdelerdeki değişimi ise %9455.38'lik bir artış göstermiştir. 2019-2020 yıllarının yüzdelerdeki değişim değerleri gözlemlendiğinde Güneş Enerjisi tüketiminde en çok artış olan AB ülkeleri ve Türkiye sırasıyla Polonya (%178.99), Finlandiya (%73.51) ve İsveç (%58.76) olarak sıralandırılmıştır. AB ülkelerinin yanı sıra Türkiye (%16.70) ile yüzdelerdeki değişimde on birinci sırada yer almıştır. En çok azalış sergileyen ülkeler ise sırasıyla Avusturya (%-6.90), Slovenya (%-5.35) ve Romanya (%-4.57) olarak sıralandırılmıştır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin toplamında ise %21.40'lık bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 1.18. AB Ülkeleri ve Türkiye'de güneş enerjisi tüketim (2020, Yüzde)³⁹ (Statistical Review of World Energy , 2022)

³⁹ Şekil 1.18. Yazar tarafından BP, Statistical Review of World Energy sitesinden veriler toplanarak hazırlanmıştır.

Şekil 1.18.'de AB ülkeleri ve Türkiye'de Güneş enerjisi tüketiminde 2020 yılında %18'lik bir üretim yaparken, Dünyanın geri kalan ülkeleri %82'lik bir tüketim gerçekleştirmişlerdir. AB ülkeleri ve Türkiye'nin %18'lik tüketiminin kendi içinde yüzdeleri hesaplandığında ise sırasıyla en çok yüzdelerle sahip ülkeler Almanya %32, İtalya %17, İspanya %13, Fransa %8 ve Türkiye %7 olduğu gözlemlenmektedir.



BÖLÜM II

AB ÜLKELERİ VE TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARI VE HEDEFLERİ

2.1. AB Temel Enerji Politikası Amaç ve Hedefleri

Dünyadaki son yüzyılı baz alan dönemde yenilenebilir enerjinin dünya gündeminin başında gelmesinin sebebi; yenilenebilir enerji kaynaklarının, enerjide dışa bağımlılığı azaltmaya yetecek yerli bir kaynak olması ve diğer enerji kaynaklarıyla mukayese edildiğinde, çevreye karşı olumsuz etkilerinin en düşük seviyede gerçekleşmesidir (Gülay, 2008).

AB, 1972 yılından 2000'li yıllara kadar olan süreçte daha çok sürdürülebilir kalkınma politikaları geliştirilmiştir. 2010 yılından itibaren çevre ve enerji politikaları kapsamında yeşil ekonomi modelini benimsemeye başlamıştır. 2015 yılında Paris İklim Anlaşmasını kabul etmiş ve iki hedef belirlemiştir. Bu hedeflerden birisi küresel sıcaklık artışını 1,5° C'nin altında tutmak, diğeri ise iklim değişikliğinin yarattığı etkilere uyum sağlamaktır. 2019 yılına gelindiğinde ise iklim krizi ile mücadele için AB, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı duyurmuş ve yeşil ekonomiye geçiş için kapsamlı bir değişim süreci başlatmıştır. Bu süreçte 2010 yılına kadar dünyanın ilk iklim nötr kıtası olmayı, döngüsel ekonomiye geçişin sağlanmasını, sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir finansın sağlanmasını, ekonomik büyümenin kaynak kullanımından ayrılmasını ve tüm bu süreçlerde hiçbir topluluğun ve bölgenin geride kalmamasını hedeflemiştir (Küçük & Dural , 2022).

Enerji sektörü, AB'nin sera gazı emisyonlarının %75'ini oluşturmaktadır. Binalarda, endüstride, ulaşımda ve/veya diğer sektörlerde enerji verimliliği önlemleri yoluyla enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerjinin büyük ölçekte artırılması, ekonomiyi karbonsuzlaştırmanın anahtarıdır. Bahsedilen her iki yöntem de emisyonları, hava kirliliğini ve fosil yakıtlara bağımlılığı doğrudan azaltır (European Commission, 2021).

AB, yenilenebilir kaynakların kullanımını geliştirmeye yönelik olarak, 2020, 2030 ve 2050 hedefleri adı altında üç aşamalı stratejiler belirlemiştir. 2020 hedefleri, sera gazı salınım miktarını 1990 yılı düzeyine oranla %20 daha düşük seviyeye indirmek (koşullar uygun ise %30 oranında azaltmak), birlik üyelerinin nihai enerji tüketiminin %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması ve enerji verimliliğinde %20 daha verimli bir şekilde kullanılması olarak belirlenmiştir. Bu stratejileri sağlamak için, AB emisyon ticaret sistemi, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi ve düşük karbonlu teknolojileri teşvik edici Ar-Ge ve İnovasyon politikaları devreye alınmıştır (European Commission, 2010).

2030 İklim ve Enerji Çerçevesinde; AB ekonomileri genelindeki sera gazı emisyonlarında en az %40 azalma, enerji verimliliğinde en az %27'lik bir iyileştirme, AB üyelerinde tüketilen yenilenebilir enerji payı en az %27 ve elektrik ara bağlantısı en az %10 yenilenebilir enerji olması yönündeki hedefler, 2023 yılında yeniden düzenlenen raporda; AB'nin enerji ve iklim için 2030 stratejileri; sera gazı emisyonlarında 1990 yılı düzeyine oranla en az %40 azaltmak ve AB ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin payı için %32'lik bir oran baz alınmıştır. Enerji verimliliğini iyileştirmek için %32,5 düzeyinde bir artış benimsenmiştir. Ek olarak elektrik ara bağlantısını %15 olarak hedeflemektedir. 2025 yılına kadar yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin payındaki toplam artışın en az %43'ü oranında bir referans noktasına ulaşacaktır. 2017'ye kadar olan bu oran 2027 de yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin payındaki toplam artışın en az %65'i oranında bir referans noktasına ulaşacaktır. Bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için enerji iç piyasasında gereken değişikliklerin yapılması, alt yapı düzenlenmesi, enerji güvenliği ve AB emisyon ticaret sisteminin etkinleştirilmesi hedeflenmiştir (EUR-Lex, 2023).

2050 İklim ve enerji çerçevesinde, Paris Anlaşması'nın hedefleri doğrultusunda 2050 yılına kadar iklim açısından nötr bir Avrupa Birliği'ne ulaşma hedefi 12 Aralık 2019'da Avrupa Konseyi tarafından onaylamıştır. AB üye ülkeler karbon emisyonlarında net sıfır emisyon hedefini yakalayacak ve negatif emisyonlara ulaşmayı hedefleyecektir. 2050 Stratejisinde öncelikle iklim nötr ve enerji verimliliği ilkeleri hedeflenmektedir. Bu

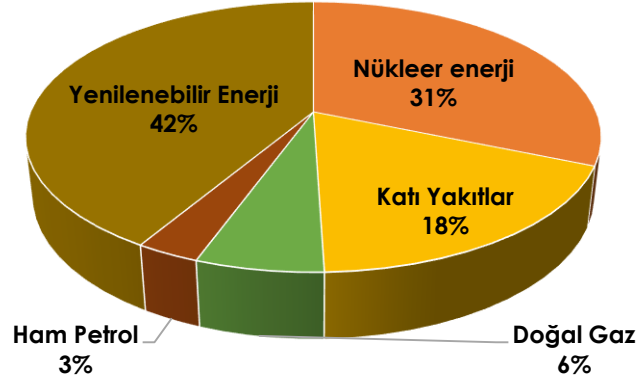
hedeflerin sağlanması için Trans-Avrupa Enerji Ağları Politikası⁴⁰ devreye alınacaktır. Doğal gaz tüketiminin önemli ölçüde azaltılması beklenmektedir. Biyogaz, yenilenebilir ve düşük karbonlu hidrojen ve sentetik gaz yakıtlarının tüketiminin 2050 yılına doğru önemli ölçüde artması hedeflenmektedir. Üye devletler kendi bölgeleri ile ilgili ortak çıkar projelerini ve ilgili maliyetleri onaylamaktan sorumlu olmaya devam etmelidir. Ayrıca Hidrojen Stratejisi, yenilenebilir hidrojen üretimini artırmak ve endüstri veya ulaşım gibi fosil yakıtla bağımlı sektörlerin karbonsuzlaştırılmasını kolaylaştırmak için kurulu elektrolizör kapasitesini 2030 yılına kadar 40 GW'a çıkarmak için stratejik bir hedef belirlemiştir (EUR-Lex, 2021).

Avrupa Komisyonu, AB'nin 2030 emisyon azaltma hedefini karşılamak ve 2050'ye kadar iklim nötrlüğüne ulaşmak için tüm yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç olduğunu belirtmektedir. Yenilenebilir hedefleri artırmak için nakliyyede %13 sera gazı yoğunluğunun azaltılması, ısıtma ve soğutma için ulusal düzeyde yıllık 1,1 puanlık bağlayıcı artış, endüstri için yenilenebilir enerji kullanımında %1,1 artış, binalar için en az %49 yenilenebilir enerji düzeyi, ulaşımda biyolojik kökenli olmayan yenilenebilir yakıtlar için %2,6 ve sanayide hidrojen tüketiminde %50 yenilenebilir payı hedeflenmiştir (European Commission, 2021).

Binalar, AB'de kullanılan enerjinin %40'ını tüketmekte ve enerjiyle ilgili emisyonların yaklaşık %36'sını üretmektedir. Binalardaki enerji tüketiminin yaklaşık %80'i ısıtma ve soğutma için kullanılırken; geri kalanı aydınlatma ve çamaşır makinesi, buzdolabı veya bulaşık makinesi gibi elektrikli aletlere aktarılmaktadır. Binalarda tüketilen enerjinin çoğunluğu, (%76'sı ısıtma ve soğutma için olmak üzere) hala fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Ulaşımında, uluslararası havacılık ve deniz taşımacılığı yakıtları da dahil olmak üzere, taşımacılığın emisyon yoğunluğunun azaltılması için

⁴⁰ Trans-Avrupa Enerji Ağları Politikası; İç enerji piyasasının geliştirilmesinde merkezi bir araçtır. AB enerji alt yapısı gelişiminin nihai kullanımında emisyon azaltma potansiyelini göz önünde bulundururken, enerji verimliliği ve teknolojik tarafsızlık doğrultusunda iklim nötrlüğüne gerekli enerji geçişini desteklemesini sağlamaktadır. Ayrıca, birlik üyelerin yararına olan ara bağlantılar, enerji güvenliği, Pazar ve sistem entegrasyonu ve rekabetin yanı sıra hane halkı ve işletmeler için uygun fiyatlı enerji sağlamaktadır.

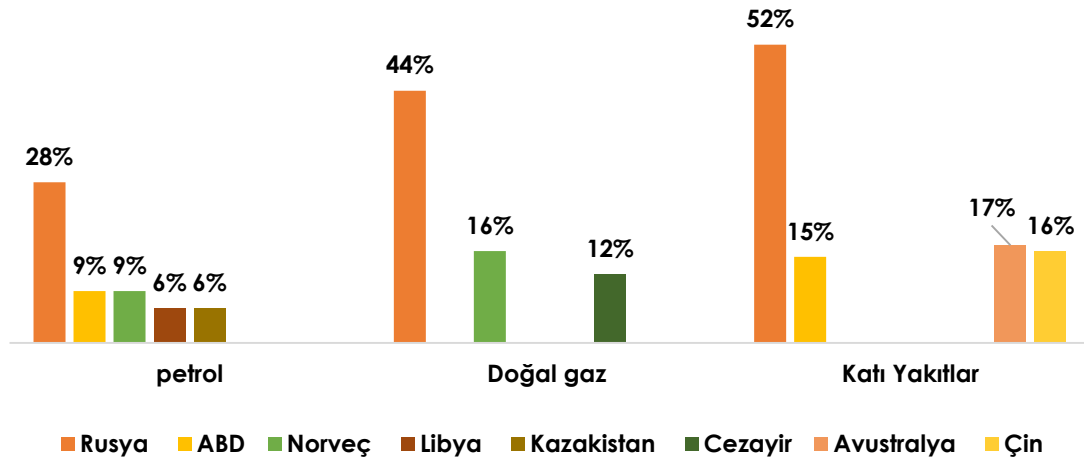
%13'lük bir hedef belirleyerek, özellikle en yüksek sera gazı emisyonu tasarrufunu sağlayan yenilenebilir yakıtları teşvik etmektedir. Gelişmiş biyoyakıtlar için iddia düzeyini ulaşım sektörünün enerji tüketiminin %2,2'sine çıkarmış ve sektöre hidrojen ve hidrojen bazlı sentetik yakıtlar için %2,6'lık bir hedef getirmiştir. Ek olarak elektrikli araçların ihtiyaç duyduğu altyapının konuşlandırılması için yeni teşvikler getirmiştir. Kamu sektöründe Avrupa Komisyonu'nun tahmini, eğitim, sağlık ve sosyal hizmetler, toplu taşıma, su temini ve arıtma ve sokak aydınlatması yılda yaklaşık 50 Mt kullandığını gösteriyor, bu da AB nihai enerji tüketiminin %5'i demektir. Bu nedenlerden dolayı kamu sektörü için yıllık %1,7'lik bir enerji tüketimi azaltımı elde etme konusunda özel bir yükümlülük hedeflenmektedir. Bu duruma ek olarak, Üye Devletlerin her yıl kamu idaresinin her kademesine ait binaların toplam taban alanlarının en az %3'ünü yenilemeleri gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca kamu kuruluşlarının ürün, hizmet, bina ve işlerin kamu tarafından satın alınmasında enerji verimliliği gerekliliklerini sistematik olarak dikkate almaları gerektiği de belirtilmektedir. Kamu makamları, özellikle yenileme nedeniyle büyük konut dışı binalar (1.000 m²'nin üzerinde) için enerji performansı sözleşmesinin kullanımını teşvik etmelidir. Enerji performansı sözleşmesinin önündeki engelleri kaldırmak için, Üye Devletlerin enerji hizmeti şirketlerini ve müşterilerini projeleri hazırlamaları ve finansman için en iyi çözümleri belirlemeleri konusunda destekleyerek tek duraklı mağazalar ve danışmanlık hizmetleri oluşturmaları gerekmektedir. Avrupa Komisyonu'na göre, hedeflenen enerji verimliliği önlemleri, genel enerji kullanımını ve faturaları azalttığı için enerji yoksulluğunu azaltmanın etkili bir yoludur. Pencere ve yalıtımlı duvarların değiştirilmesi, vatandaşların yaşam kalitesinde önemli ölçüde tasarruf ve iyileştirmeler sağlayabilir. Her Üye Devlet, enerji tasarrufunun belirli bir payının korunmasız tüketicilere, enerji yoksulluğundan etkilenen insanlara ve sosyal konutlarda yaşayan insanlara odaklanmasını sağlamak zorunda olacaktır. En dezavantajlı topluluklara odaklanma çabalarının payı, her üye devlette bu kategoriye giren nüfusun payını yansıtacaktır. Emisyon Ticaret Sisteminin binalara uygulanmasından kaynaklanan olası dağıtım etkilerini ele almak için de erken ve etkili enerji verimliliği iyileştirme önlemleri gerektirecektir (European Commission, 2021).



Şekil 2.1. AB Ülkeleri enerji üretimi (2021, Yüzde)⁴¹ (Eurostat, 2023)

2021 yılında AB kendi enerjisini %44 üretirken %56'sını ithal etmiştir. Enerji üretiminde en çok pay yenilenebilir enerjiden gelmektedir. 2021'de AB'de birincil enerji üretimine en fazla katkıda bulunan kaynak Yenilenebilir enerji (toplam AB enerji üretiminin %41'i) olmuştur. Nükleer enerji (%31) ikinci en büyük kaynak, katı yakıtlar (%18), doğal gaz (%6) ve ham petrol (%3) olarak gerçekleşmiştir. Enerji üretimi üye ülkeler arasında değerlendirildiğinde ise kendi içlerinde farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerjide üye ülkelerin üretiminin sıralaması; Malta birincil ve tek üretim kaynağı yenilenebilir enerjidir. Letonya %95 üretim düzeyindedir. Devamında ise Portekiz ve Kıbrıs gelmektedir. Nükleer enerjide üretim düzeyi ise Fransa'da toplam ulusal enerji üretiminin %76'sı, Belçika'da %70 ve Slovakya'da %60 düzeyinde gerçekleşmiştir. Katı yakıtlarda ise Polonya %72, Estonya %56 ve Çekya %45 düzeyinde üretilen ana enerji kaynağıdır. Doğal gazda ise en büyük paya Hollanda %58 ve İrlanda %42 oranında sahiplerdir. Ham petrolün en büyük payı ise Danimarka %35 oranında gerçekleşmiştir (Eurostat, 2023).

⁴¹ Şekil 2.1. Yazar tarafından Eurostat sitesinden veriler alınarak hazırlanmıştır.



Şekil 2.2. AB Ülkeleri enerji ithalatı (2021, Yüzde)⁴² (Eurostat, 2023)

AB ‘deki enerji ithalatı ve bağımlılığına bakıldığında ise 2021 yılında ham petrol ithalatının yarısından fazlası beş ülkeden gelmiştir. Bu ülkelerden ithalat, Rusya %28, ABD %9, Norveç %9, Libya %6 ve Kazakistan %6 oranında gerçekleşmiştir. Doğal gaz ithalatının gerçekleştirildiği ülkeler, Rusya %44, Norveç %16 ve Cezayir %12; Katı fosil yakıt ithalatı, (kömürün yarısından fazlası Çin’den gelmektedir.) Rusya %52, Avustralya %17 ve ABD %15 oranında gerçekleşmiştir (Eurostat, 2023).

2.2. Türkiye’nin Enerji Politikaları

Türkiye enerji politikalarında, petrol, doğal gaz ve kömür kullanımının doğaya saldığı sera gazları ve bu gazların sebep olduğu insan ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden ziyade sanayileşmenin ve ekonomik kalkınmanın gerçekleştirilmesi hedefi önemslenmiş ve çevresel faktörler göz ardı edilmiştir. 1980’li yılların başına gelindiğinde başta hidroelektrik enerji olmak üzere hayvan ve bitkisel atık gibi klasik yenilenebilir enerji kaynakları ile jeotermal enerji kullanıldığı gözlemlenmiştir. 1980’li yılların ortalarına doğru çağdaş yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik Ar-Ge çalışmalarının başlatılmasına ilişkin kararlar alınmıştır (Gülay, 2008).

⁴² Şekil 2.2. Yazar tarafından Eurostat sitesinden veriler alınarak hazırlanmıştır.

Yenilenebilir enerji alanında ilk defa Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda değinilmiştir. Bu planda, Dışarıdan enerji alımından ziyade kaynağa yönelme ilkesinin benimseneceğini bildirerek, bilinen enerji kaynaklarının ülke kalkınmasını destekleyecek biçimde rezervleri ile orantılı ekonomik işletme koşullarına ulaşılmalarının sağlanacağını belirtmişlerdir. 21. yy'ın enerji kaynağını oluşturacak klasik olmayan teknolojilere ve öncelik olarak nükleer enerjiye geçiş çalışmalarının yoğunlaştırılacağına, köy elektrifikasyonuna hızla devam edileceğine, küçük hidroelektrik santrallerinden yararlanma biçimine önem verileceğine ve ek olarak alternatif ve güneş enerjisinin kullanımı için Ar-Ge çalışmalarının büyük önem kazandığına, uygun yörelerde güneş enerjisinden yararlanma olanakları üzerine araştırma yapılacağına değinilmiştir (SBB, 1979).

Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, Enerji üretiminin artırılmasında güvenilir ve ucuz kaynaklara öncelik verilirken, yenilenebilir enerji kaynaklarından; güneş, jeotermal ve biyogaz olmak üzere kısa sürede yararlanmak üzere gerekli girişimlerin destekleneceğinden bahsedilmiştir (SBB, 1984).

Altıncı Beş yıllık Kalkınma Planı'nda, başta hidroelektrik enerjisi olmak üzere jeotermal ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından olabildiğince büyük oranda yararlanılması için gerekli tedbirlerin alınmasına, nükleer enerjinin uzun dönemde sektördeki önemi göz önünde bulundurularak nükleer enerjisi teknolojisine geçiş için söz konusu plan döneminde çalışmaların başlatılacağına, enerji tasarrufuna yönelik projelerin destekleneceği, elektrik üretimi, iletilmesi, dönüştürülmesi ve kullanımında çevre faktörünü göz önünde bulunduran ekonomik değerlendirme yapılacağı belirtilmiştir. Çevre kirliliğini azaltmak için ise mevcut ve yeni yapılacak tesislerin özelliklerine uygun teknoloji transferi ve Ar-Ge çalışmalarına ağırlık verileceğine ilişkin açıklamada bulunulmuştur (SBB, 1989).

Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, enerji sektöründe; özel ve kamu kesim faaliyetlerinin düzenlenmesine, rekabetçi bir ortamın oluşturularak tüketici haklarının korunmasına ve gerekli yatırımların yapılmasına yönelik olarak; kaynak, fiyat, tasarruf, çevre, dağıtım ve yatırım politikaları konusunda bir karar mekanizması ve kurumsal yapının oluşturulmasına karar verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımın

yaygınlaştırılması ve nükleer teknolojinin kısa sürede ülkeye transferi ve adaptasyonu üzerinde önemle durulacağı belirtilmiştir (SBB, 1995).

Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, enerji kaynaklarının üretim ve temin maliyetlerinin yüksekliğinden, enerji projelerinin planlama, gelişim ve yatırım süreçlerinin uzunluğundan, gelişmiş teknoloji ve yüksek finansman gerektirdiğinden bahsedilmiştir. Fosil yakıt kullanımından dolayı rezervlerinin azalması durumunda öneminin artacağından ve dolayısıyla da fiyatlarının yükseleceğinden bahsedilmiş bu duruma önlem olarak da alternatif kaynaklara gereken önemin verilmesinin gerekliliğinden bahsedilmiştir. Türkiye'nin fosil yakıttan dolayı dışa bağımlılığının %62 düzeyinde olduğundan ve tüketim arttıkça bu bağımlılık düzeyinin de artacağı belirtilmiştir. Türkiye'de planlananın aksine uzun yıllardır sektörün sağlıklı bir şekilde yapılandırılması sağlanamadığı, yatırımların istikrarlı bir şekilde yürütülemediğinden bahsedilmiştir. Bu istikrarsızlıklara bağlı olarak bazı dönemlerin atıl üretim kapasitesi bazı dönemlerin ise ciddi oranda enerji açıklarının yaşanması durumunda kalınmıştır. 7. Plan döneminin sonu ve 8. Plan döneminin başını kapsayan enerji yetersizliği söz konusu olmuş ve bu yetersizliğin nedeni geçmiş 10 yıllık yatırım uygulamalarından kaynaklanmaktadır. Projelerin tipine göre ortalama 3-8 yıl gibi inşaat süreleri gelişmekte ve bu süreler planlama proje karar ve geliştirme süreleri ile birlikte uzayabilmektedir. Türkiye ekonomisinin ve sanayisinin gelişmiş ülkelere göre aşırı yüksek enerji yoğunluğu, enerji tasarruf potansiyelinin büyüdüğünü göstermekle birlikte bu potansiyelin kullanımına yönelik politika, tedbir ve yöntemler yeterince uygulanamamıştır. Çevresel alanda; çevre politikalarının ekonomik ve sosyal politikalarla entegrasyonu sağlanamamış ve bu konuda ekonomik araçlardan yeterince faydalanılamamıştır. Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) yönetmeliğinin uygulama sürecinde istenen başarı elde edilememiştir (SBB, 2000).

Söz konusu planda alınan karar ve belirlenen hedefler ise elektrik sektörünün optimal bir sistem anlayışıyla geliştirilmesini esas almıştır. Yeni projeler, tip (hidrolik, gaz, kömür, nükleer ve rüzgar gibi), kapasite ve yer itibari ile detaylı çalışmalarla belirlenmesi gerektiği; İthalatta ülke ve kaynak cinsinden çeşitlendirmeye gidilerek güvenli bir yapı oluşturulmasının hedeflenmesi; Nükleer enerjinin uzun dönem gelişim planlarının üzerinde önemle durulacağı; Sürdürülebilir bir kalkınma yaklaşımı içinde,

ekonomik ve sosyal gelişimi destekleyecek, çevreyi en az düzeyde tahrip edecek, asgari miktar ve maliyette enerji tüketimi ve dolayısıyla arzı hedef almayı hedeflenmektedir. Ulaştırma, sanayi ve konutlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını kontrol etmek ve azaltmak amacıyla enerji verimliliğinin artırılması ve enerji tasarrufunun sağlanması yönünde düzenlemeler yapılmasına karar verilmiştir. Çevre sorunlarının çözümü için uygulanan politikalar ve alınan kararların AB normları ve uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmesi çalışmalarına devam edildiği bildirilmekte olup, elektrik enerjisi maliyetlerinin AB ülkelerinin ortalama düzeyinde tutulması üzerinde durulacağı belirtilmiştir. Enerji alt sektörlerinde, değişen ekonomik konjonktür ve artan özelleştirme faaliyetleri paralelinde özel kesimin daha aktif rol oynayabileceği bir yapıya dönüşüm hedeflenmektedir. Özellikle başta elektrik ve doğal gaz alt sektörleri olmak üzere, enerji kaynaklarının üretiminden tüketimine kadar her aşamada özel kesimin en üst düzeyinde yatırım ve işletme faaliyetlerine katılımı için gerekli yasal ve kurumsal değişikliklerin yapılması hedeflenmektedir. Ayrıca Bölge ülkelerinde üretilen ham petrol ve doğal gazı dünyaya ulaştıracak boru hatları Türkiye'nin ihtiyacını karşılamasının yanı sıra Türkiye'yi dünyanın en önemli stratejik enerji dağıtım merkezlerinden biri haline getirmesi hedeflenmektedir (SBB, 2000).

Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içindeki payını yükseltmek amacıyla 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun bu dönemde yasalaştırılmıştır. Hazırlıkları tamamlanan Enerji Verimliliği Kanunu çıkarılmamıştır. 2004 Yılında Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Stratejisi Belgesinin uygulanmasıyla, 4628 Sayılı Kanun'un uygulanmasında görülen eksikliklerin giderilmesi ve serbest piyasaya dönüşüm çalışmalarının koordine edilmesi ve hızlandırılması amaçlanmıştır. Bu belge çerçevesinde elektrik dağıtım ve üretim tesislerinin özelleştirilmesi ve arz güvenliği konusunda alınacak tedbirler başta olmak üzere yapılması gereken çalışmalar için programlar hazırlanmış, sorumlu ve ilgili kurumlar belirlenmiştir. Elektrik arzında sağlıklı bir çeşitlendirme yaratmak için elektrik üretim kaynakları arasına nükleer enerji dahil edilecektir. Nükleer santral yapımına başlamadan önce serbest piyasa ile maksimum uyum gözetilerek, atıkların saklanması, tasfiyesi ve kamuoyunun bilgilendirmesi hususlarına yönelik detaylı plan ve programlar yapılacağı belirtilmiştir.

Türkiye'nin jeostratejik konumunun etkin bir biçimde kullanılabilmesi için enerji üretici ve tüketici ülkeler arasında transit ülke olma amacıyla arz güvenliğinin artırılmasına katkıda bulunacak olan diğer ülkelerle elektrik ticaretinin yapılabilmesi amacıyla gerekli alt yapı oluşturulması hedeflenmektedir. Enerji, çevre, ekonomi, konut, arsa ve arazi politikaları ile tutarlı sürdürülebilir, kamu kesimi bağlayıcı, özel sektörü yönlendirici geniş kapsamlı bir ulusal kent içi ulaşım stratejisi oluşturulacağından söz edilmektedir. Arz güvenliğinin artırılması amacıyla birincil enerji kaynakları bazında dengeli bir kaynak çeşitlendirmesine ve merkez ülke farklılaştırmasına gidilmesine, üretim sistemi içinde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının azami ölçüde yükseltilmesi hedeflenmektedir (SBB, 2006).

Onuncu Kalkınma Planı'na bakıldığında ise, yenilenen Elektrik Piyasası Kanunu ile enerji borsasının kurulması öngörülmüş, yatırımların hızlandırılmasını teminen ön lisans mekanizması getirilmiş, yatırımcılara sağlanan teşviklerin süresi uzatılmıştır. Elektrik ticaretinin sağlanması amacıyla Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşletmecileri Birliği (ENTSO-E) sistemine deneme senkron paralel bağlantısı gerçekleştirilerek, ülkemiz ile Bulgaristan ve Yunanistan arasında elektrik alışverişinin başlatıldığından bahsedilmiştir. İthalata bağımlılığın yüksek olduğu enerji sektöründe, cari açık sorunu ve arz güvenliği gözetilerek yerli ve yenilenebilir kaynaklardan azami derecede faydalanma yoluna gidilmesine, başta enerji ve imalat sanayi olmak üzere tüm sektörlerde, doğal kaynakların etkin kullanımını ve çevresel bozulmaların önlenmesini sağlayacak temiz teknolojiler ile katma değeri yüksek yeşil ürünler geliştirilmesine yönelik Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin desteklenmesine karar verilmiş, Enerji Verimliliği Kanunuyla enerjinin verimli kullanımını teşvik eden ve zorunlu kılan düzenlemeler getirilmiş, 2012 yılında yayımlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesiyle 2023 yılına kadar enerji yoğunluğunun en az yüzde 20 oranında azaltılması hedeflenmiştir. Türkiye'nin enerji arzındaki dış bağımlılığının önemli ölçüde devam ettiği ve bu bağımlılığın azaltılması için, yerli kaynakların enerji üretiminde mümkün olan en yüksek oranda değerlendirilmesi gerekmektedir. Yine aynı şekilde, enerji üretiminden iletime, dağıtımdan kullanımına kadar olan bütün süreçlerde verimliliğin artırılması, israfın önlenmesi ve enerji yoğunluğunun hem sektörel hem de makro düzeyde azaltılması, enerji arzındaki dış bağımlılığın etkilerinin hafifletilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Kamu elektrik

üretim tesislerinin önemli bir bölümü ile dağıtım varlıklarının tümünün özelleştirilmesinin tamamlanacağına ve kamu kesimi, özelleştirmelerin dışında tuttuğu santrallerle elektrik üretimine devam edecek, iletim ve toptan satış faaliyetlerini sürdürüleceğine değinilmiştir. Birincil enerji kaynakları bazında dengeli bir kaynak çeşitlendirmesine ve merkez ülke farklılaştırılmasına gidilerek, üretim sistemi içinde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının azami düzeyde yükseltilmesine karar verilmiştir. Kamu sahipliğinde kalacak elektrik iletiminde, yatırımlar elektrik sistemi güvenliğinin korunabileceği şekilde sürdürülmesine karar verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik üretiminin sistem güvenliğini riske atmadan şebekeye entegrasyonu amacıyla gerekli yatırımların gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Serbest piyasada yatırım ve işletme kararları için bir referans fiyat oluşturması beklenen enerji borsasının oluşumu tamamlanacak ve sağlıklı bir şekilde işlemesi temin edilmesine, kamu elinde kalması öngörülen termik ve HES'lerin rehabilitasyonları tamamlanacak, elektrikte kayıp-kaçak oranları en alt düzeye indirilmesine, petrol ve doğal gazda olağanüstü durum arz stokları yeterli düzeyde oluşturulacak, Tuz Gölü Doğal Gaz Yeraltı Depolama Projesi ile Trakya'da yer alan doğal gaz depolama tevsii projeleri tamamlanacak ve doğal gaz iletim ve dağıtım ağı ülke dışında genişletilmesine ve talep noktalarına doğal gaz ulaştırılmasına karar verilmiştir. Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin Plan dönemi içinde inşası büyük oranda tamamlanması, ayrıca, Sinop'ta ikinci bir NGS'nin ilk ünitesinin inşasına başlanması planlanmaktadır. Plan döneminde 5.000 MW'lık üçüncü bir NGS'nin saha belirleme, ön fizibilite ve yatırım hazırlıklarına başlanması da düşünülmektedir. Yerli kömür kaynakları özel sektör eliyle yüksek verimli ve çevre dostu teknolojiler kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesine, Afşin-Elbistan havzası linyit rezervleri elektrik üretimi için değerlendirilmesine, küçük rezervli kömür yataklarının bölgesel enerji üretim tesislerinde değerlendirilmesinin sağlanması hedeflenmektedir. Radyoaktif atıkların depolanması, yönetimi, tasfiyesi politikaları; kamuoyunun sağlıklı bilgilendirilmesi ve şeffaflık hususlarına önem verilerek oluşturulmasına, nükleer teknoloji alanında Türkiye'de yetkinlik kazanılması ve başta inşaat olmak üzere yerli katkının artırılmasının desteklenmesi hedeflenmektedir. Türkiye'nin mevcut jeostratejik konumunun etkin bir biçimde kullanılmasıyla enerji üreticisi ve tüketicisi ülkeler arasında transit ve terminal ülke olunması sağlanacaktır. Ceyhan'ın uluslararası petrol piyasasında ana dağıtım

noktalarından ve petrol fiyatlarının teşekkülünde önemli merkezlerden biri olması yolundaki çalışmaların sürdürülmesine, Avrupa'ya gaz satışında ve iletiminde aktif bir rol üstlenilmesi ve komşu ülkelerle elektrik ticareti kapasitesinin artırılmasına yönelik altyapının oluşturulmasına karar verilmiştir. TANAP projesi tamamlan, ENTSO-E sistemi ile tam entegrasyonun sağlanmasına, diğer komşu ülkelerle yürütülen yüksek gerilim elektrik iletim hattı projelerinin bitirilmesi hedeflenmiştir (SBB, 2013).

On Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, ekosistemi iyileştirici yatay politika alanı altında uzun vadeli yurt dışı finansman ve yatırımların sürekliliğinin sağlanmasına; mülkiyet hakları, hukukun üstünlüğü, iyi yönetim prensipleri yoluyla oluşturulacak yüksek kurumsal kapasite ile verimliliği artırıcı güçlü bir iş ekosisteminin oluşturulmasına; lojistik ve enerji altyapısının güçlendirilmesiyle iş ekosistemine zamanında ve uygun maliyetle erişim imkânlarının artırılmasına karar verilmiştir. Çevre, imar ve enerji gibi alanlarda ihtisas mahkemelerinin kurulmasına, OSB ve TGB'lerdeki şirketlerin dikey entegrasyonu için hızlı veri iletişimi, endüstriyel bulut, endüstriyel veri merkezi, verimli enerji kullanımı ve siber güvenlik ihtiyaçlarının merkezi olarak planlanması ve yapılandırılması için uygun bir mekanizma geliştirilmesine ve bölgelerin desteklenmesine, imalat sanayiinde enerji verimliliğinin artırılması hedeflenmektedir. Enerji de verimli bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinin ülke genelinde yaygınlaştırılması ve ısı ticaretine imkân sağlanmasına yönelik ısı piyasası mevzuatının oluşturulmasına karar verilmiştir. İhtiyaç duyulan ve rekabet üstünlüğü sağlanabilecek enerji ekipmanlarının üretimine öncelik verilmesine, elektrikli makineler ve beyaz eşya sektöründe enerji verimliliğinde artış sağlayıcı faaliyetler yoluyla sektörde yerli üretimin geliştirilmesine, sanayi tesislerinde kullanılan enerji verimsiz motorların, daha verimli motorlar ile değişiminin desteklenmesine, Türkiye'de yakın mesafe yolcu ve araç taşımacılığında kullanılan gemilerin çevre ve enerji dostu tam elektrikli gemilere dönüştürülmesine yönelik program başlatılmasına ve benzer uygulamaların yaygınlaştırılmasının desteklenmesine karar verilmiştir. OSB'lerin, Enerji Yönetim Birimi ve ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi kuruluşunu tamamlayarak Verimlilik Eylem Planlarını hazırlayıp sunmalarına destek verilmesine karar verilmiştir. Öncelikli sektörlerin yoğunlaştığı ve belirli kriterleri sağlayan OSB'lere doğal gaz altyapısının ulaştırılmasına, enerjinin güvenli tedariki için iletim yatırımlarının yapılmasına, çeşitli

destek mekanizmaları ile enerjiye erişimin kolaylaştırılmasına karar verilmiştir. İl, ilçe ve belde belediyelerinin açık alan aydınlatmasında enerji tasarrufu yapmasına ve yerli üretim teçhizatın kullanılmasına ilişkin düzenleme yapılarak yeni nesil aydınlatma cihazlarının yerli üretiminin desteklenmesine karar verilmiştir. Nükleer güç santrallerine yönelik elektrikli teçhizat üreten firmalara küme geliştirme desteğinin sağlanmasına, test ve sertifikasyon desteğinin verilmesine karar verilmiştir. Sektörde yüksek katma değerli yapıya dönüşümde önemli alanlardan biri olan teknik tekstillerle ilgili olarak firmaların optimum teknoloji seçimine, çevreyi korumaya yönelik mevzuata uyumuna, enerji verimliliğine ve atıkların yeniden kullanımına yönelik faaliyetleri ile değer zincirindeki diğer paydaşlarla (özellikle makine, lif ve teknik son kullanım üreticileri) iş birliği yapmaları için gereken desteğin verilmesine karar verilmiştir. Yenilenebilir enerji alanında; yerli ekipman kullanımı, Ar-Ge, teknoloji transferi, kamu alımları gibi hususları içerecek mekanizmalar ile yeni yatırım modellerinin hayata geçirilmesi hedeflenmektedir (SBB, 2019).

Orta Vadeli Programı (2022-2024)'nda yeşil dönüşüm ve enerji verimliliği hakkında açıklanan politika ve tedbirler ışığında; Sanayi, ticaret, ulaştırma, çevre ve enerji alanlarında yeşil dönüşüm ve dögüsel ekonomiye geçişi destekleyici yeni yaklaşımlar, dış finansman imkânları da dikkate alınarak destek ve kredi teşvik mekanizmaları çerçevesinde hayata geçirilmesine karar verilmiştir. Başta geri dönüşüm teknolojileri olmak üzere verimlilik artıran ve sera gazı emisyon artışını sınırlamayı hedefleyen yatırımlar desteklenerek uluslararası ticaret alanında iklim değişikliği politikalarıyla uyumlu şekilde ihracatın rekabet gücünün artırılmasına; yeşil dönüşümü hızlandırmak amacıyla Ar-Ge çalışmaları desteklenerek yeşil üretim için gerekli teknolojilerin geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına; yeşil OSB ile yeşil endüstri bölgesi sertifikasyon sistemi tamamlanarak, çevreye duyarlı, sürdürülebilir sanayi ve dögüsel ekonomi alanlarının oluşturulmasının hızlandırılmasına; Finansal sektörün düzenleyici çerçevesi sanayinin yeşil dönüşümünü kolaylaştıracak şekilde geliştirilmesine; çevreye duyarlı yatırımların finansmanı amacıyla uluslararası standartlarla uyumlu rehber hazırlanarak yeşil tahvil ve sukuk ihraçlarının teşvik edilmesine; Küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla enerji ve üretim kaynaklarını verimli bir şekilde kullanan, çevre dostu üretime yönelik yatırımların desteklenmesine; Sıfır atık

uygulamaları hane halkını da kapsayacak şekilde yaygınlaştırılacak ve üretimin kritik alanlarındaki ihtiyacın dışında kalan atık ithalatının azaltılmasına yönelik tedbirlerin alınması hedeflenmektedir (SBB, 2021).

2021 yılında Türkiye'nin elektrik üretimi %9 artışla 329 TWh'e ulaştı. Rüzgâr ve güneş santrallerinin elektrik üretiminde payı toplamda %13'e çıkarken, düşük su seviyelerinden dolayı hidroelektrik santrallerin yıllık elektrik üretiminde %29 azalma kaydedilmiş ve meydana gelen bu azalma, doğal gaz santrallerindeki artan üretim ile karşılanmıştır. Güneşe dayalı kurulu güç 2021 sonunda 7,9 GW'a ulaşırken, toplam 117 TWh olarak gerçekleşen yenilenebilir üretimin %64'ü YEKDEM⁴³ kapsamında faaliyet gösteren santrallerden gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki aylık payı ilk defa Nisan 2021'de %50'ye ulaşmış, kömür yakıtlı termik santrallerin üretimi ise %44'ü linyit yakıtlı santrallerden olmak üzere toplam 104 TWh olarak gerçekleşmiş ve ek olarak, 2020'de kaydedilen seviyesini korudu. 2018 başından bu yana devreye giren 17 GW kurulu gücün %88'i yenilenebilir kaynaklı olduğu için yenilenebilir santrallerin kapasite payı ilk defa Ekim 2020'de %50'nin üzerine çıkmış ve 2021 sonunda bu oran %53'e ulaşmıştır. Bu duruma karşı 2021 yılı bütününde üretilen toplam elektrik enerjisinin %65'i fosil yakıtlardan gelmiştir (Enerji Sektörel Bakış 2022, 2022).

Net enerji ithalatı, Türkiye'nin yapısal dış ticaret açığının ana bileşenini oluşturuyor. Ham petrol ihtiyacının %90'ı, doğal gazın ise %99'u ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Petrol ve doğal gaz ticareti süreçlerinde verilen cari açık, Aralık 2021'de 6 milyar USD'nin üzerinde gerçekleşmiştir. Detaylı olarak ithal edilen enerji ithalatı Türkiye'de, 2021 yılı içerisinde 58,70 milyar m³ doğal gazın %44,87'sini Rusya Federasyonu'ndan ithal etmiştir. Boru hatları ile gaz ithal edilen İran'ın payı %16.07 olurken, Azerbaycan'ın payı ise Nisan 2021 döneminde süresi biten 6,6 milyar m³ /yıl kontrat nedeniyle %15,03 oranına gerilemiştir. Sonuç olarak Türkiye'nin toplam elektrik tüketimi, 2021 sonu itibarıyla %9'luk yıllık büyümeyle 327 TWh'e ulaşmıştır. Elektrik tüketiminde sanayi %44 ile başı çekerken, devamını %24'lük eşit pay ile mesken ve ticarethaneler izlemektedir. Aydınlatma ve tarımsal sulama, sırasıyla %2 ve %5 ile elektriğin diğer tüketim alanlarını oluşturmuştur (Enerji Sektörel Bakış 2022, 2022).

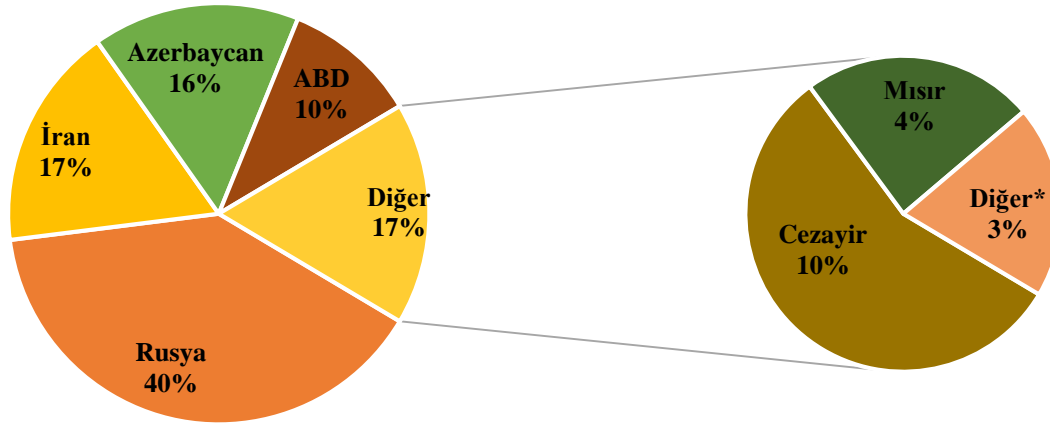
⁴³ YEKDEM: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması.

Tablo 2.1. Türkiye'nin Kaynak Ülkelere Göre Doğal Gaz İthalat Miktarları (milyon Sm³ 2022)⁴⁴ (EPDK, 2022)

	Rusya	İran	Azerbaycan	ABD	Cezayir	Mısır	Diğer*	Toplam
2022	21.575	9.405	8.705	5.642	5.261	2.231	1.843	54.662

Not: (*) 1 milyar Sm³'ten daha az miktarda doğal gaz ithalatı yapılan diğer 8 ülke

Tablo 2.1.'de 2022 yılının Türkiye'nin kaynak ülkelere göre doğal gaz ithalat miktarları verilmektedir. Tablodaki verilere göre 21.575 Sm³'lük ithalat miktarı ile Rusya ile sırada yer almaktadır. Geri kalan sıralamalarda ise sırasıyla 9.405 Sm³ İran, 8.705 Sm³ Azerbaycan, 5.642 Sm³ ABD, 5.261 Sm³ Cezayir, 2.231 Sm³ Mısır ve diğer ülkelerin toplam miktarı ise (1 milyar Sm³'ten daha az miktarda doğal gaz ithalatı yapılan diğer 8 ülke) 54.662 Sm³'tür.



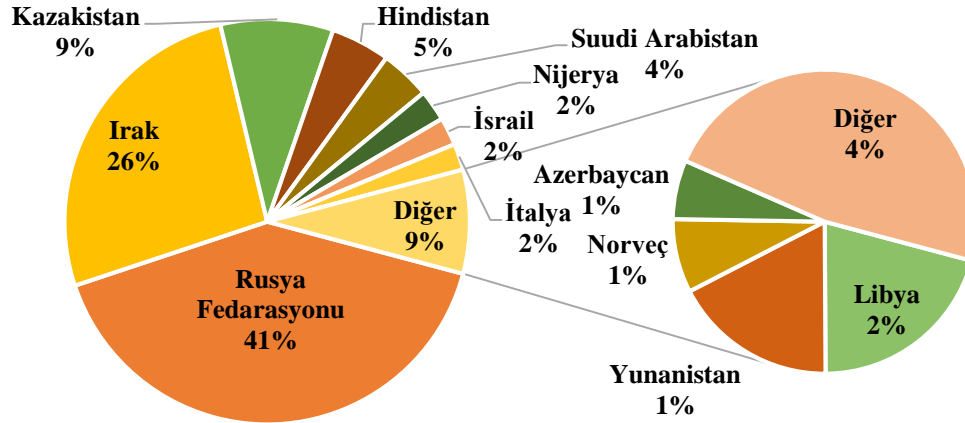
Şekil 2.3. Türkiye'nin Kaynak Ülkelere Göre Doğal Gaz İthalat Miktarları (2022 Yüzde)⁴⁵ (EPDK, 2022)

Şekil 2.3.'de 2022 yılının Türkiye'nin kaynak ülkelere göre doğal gaz ithalat miktarlarının yüzdelikleri verilmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere %40'lık bir pay ile Rusya ile sırada yer almaktadır. Geri kalan paylarda ise sırasıyla %17 İran, %16

⁴⁴ Tablo 2.1. Yazar tarafından T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun sitesinden veriler alınarak hazırlanmıştır.

⁴⁵ Şekil 2.3. Yazar tarafından T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun sitesinden veriler alınarak hazırlanmıştır.

Azerbaycan, %10 ABD ve Cezayir, %4 Mısır ve diğer ülkelerin toplam payı ise 1 milyar Sm^3 'ten daha az miktarda doğal gaz ithalatı yapılan diğer 8 ülke %17'dir. EPDK'dan elde edilen bilgiler ışığında, Türkiye'de 2022 yılında, 54.661,67 milyon Sm^3 doğal gaz ithal edilmiş ve doğal gaz ithalatında 2021 yılına kıyasla %6,89 oranında azalma meydana gelmiştir (EPDK, 2022).



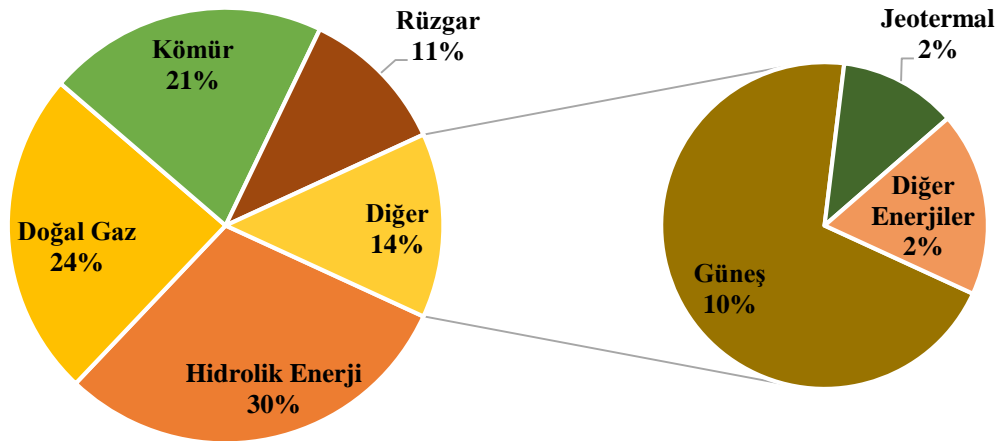
Şekil 2.4. Türkiye'de Ünelere Göre Petrol İthalat Miktarları (2023, Ton, Yüzde)⁴⁶ (EPDK, 2022)

Şekil 2.4.'de 2022 yılının Türkiye'nin kaynak ülkelere göre doğal gaz ithalat miktarlarının yüzdelikleri verilmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere %40'lık bir pay ile Rusya ile sırada yer almaktadır. Geri kalan paylarda ise sırasıyla %17 İran, %16 Azerbaycan, %10 ABD ve Cezayir, %4 Mısır ve diğer ülkelerin toplam payı ise 1 milyar Sm^3 'ten daha az miktarda doğal gaz ithalatı yapılan diğer 8 ülke %17'dir. EPDK'dan elde edilen bilgiler ışığında, Türkiye'de 2022 yılında, 54.661,67 milyon Sm^3 doğal gaz ithal edilmiş ve doğal gaz ithalatında 2021 yılına kıyasla %6,89 oranında azalma meydana gelmiştir (EPDK, 2022).

EPDK'da yayınlanan Petrol Piyasası Sektör Raporu'na göre, ithalatta 2022-2021 yılı karşılaştırması: Toplam ithalat %6,94 artarak 47.418.133,157 ton, ham petrol ithalatı %6,58 artarak 33.486.197,959 ton, motorin türleri ithalatı %7,22 azalarak 9.763.889,717

⁴⁶ Şekil 2.4. Yazar tarafından T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun sitesinden veriler alınarak hazırlanmıştır.

ton, Fuel Oil türleri ithalatı %59,13 artarak 557.264,615 ton, havacılık yakıtları ithalatı %114,95 artarak 448.737,281 ton, denizcilik yakıtları ithalatı %33,35 azalarak 58.286,885 ton, diğer ürünler ithalatı %77,42 artarak 3.103.756,700 ton olarak gerçekleşmiş ve raporlanmıştır (EPDK, 2022).



Şekil 2.5. Türkiye'de enerji üretimi için kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı (2023, Yüzde)⁴⁷ (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023)

Şekil 2.5.'de 2023 yılının Türkiye'de kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı verilmiştir. En yüksek payı %30 ile hidroelektrik, %24 ile doğal gaz, %21 ile kömür, %11 ile rüzgâr, %10 ile güneş, %2 jeotermal ve %2 ile diğer enerjilerin üretimi yer almaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

2.3. Cari Açık ve Enerjinin Rolü

Ülkelerin ihraç ettikleri mal, hizmet ve transferlerden ithalatın çıkarılması sonucu oluşan dengeye cari işlemler dengesi denir. Cari işlemler dengesinin ithalattan çıkarılmasıyla elde edilen değer negatif olması ise cari açık olarak nitelendirilmektedir. Tam tersi durumda yani pozitif olması durumunda ise cari fazla denilmektedir (Orun, 2021). Cari işlemler dengesinin açık vermesi ekonominin gelirinden fazla harcama

⁴⁷ Şekil 2.5. Yazar tarafından T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın sitesinden veriler alınarak hazırlanmıştır.

yapmasına imkân vermekte ve ortaya çıkan cari işlemler açığı ise sermaye girişi veya rezerv azalışı ile finanse edilmektedir. Ekonomide gelirden az harcama yapılması durumunda cari işlemler dengesi fazla vermekte ve bu fazla sermaye ihracı veya rezerv artışında kullanılmaktadır. Dolayısıyla ödemeler dengesinin cari işlemler hesabı ile makro ekonomik büyüklükler arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır (Yükseler , 1998). Ülkeler artan nüfus, gelişen teknoloji ve sanayi ile birlikte doğru orantılı olarak artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için enerji temini yapmaları gerekmektedir. Söz konusu olan bu enerji teminini üretmediklerinde enerji açığı meydana gelmektedir. Mevcut enerji açığını ise enerji ithalatı ile karşıladıklarında da cari açık artmaktadır. Dolayısıyla ülkeler hem fiyat istikrarsızlıkları ile karşı karşıya kalmakta hem enerjide dışa bağımlı hale gelmekte hem de kısır bir döngü halinde cari açık devam etmektedir (Güner , 2016). Enerjide dışa bağımlılığın yüksek olduğu ülkelerde cari açık çok önemli bir sorundur. Enerjinin önemli bir üretim faktörü olması sebebi ile enerji arzındaki olumsuz bir şok büyüme oranlarını etkileyecek ve enerji fiyatlarındaki değişimler üretim maliyetlerini etkileyeceğinden bu durum ihracat, ithalat, cari açık ve enflasyon gibi makroekonomik değişkenleri de etkilemektedir (Altay Topcu, 2022).

Söz konusu çalışmada baz alınan ülkelerin farklı seviyelerde ve yüksek oranda enerji bağımlılığının olması, enerji fiyatlarındaki şoklara ve enerji arzındaki aksamalarla karşı karşıya getirmekte ve savunmaz bir hale getirmektedir. Dolayısıyla bu şoklar, üye ülke ekonomilerinde rekabet ve Gayri Safi Yurtiçi Hasıla kayıpları, enflasyon baskısı ve ticaret dengesinde bozulmalara neden olmaktadır. Bu göstergelerdeki bozulmalar, ülke ekonomisinin istikrarsızlaşmasına neden olabilmektedir. Enerji ticaret dengesindeki açıklar, cari işlemler dengesizliklerine neden olabilmekte ve bu yolla ülkelerin rekabet düzeyi olumsuz etkilenebilmektedir (Gökçe & Demirtaş, 2018).

Bu çalışmada cari işlemler dengesi ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişki ve yönü araştırılmaktadır. Çalışmanın cari açık ile ilgili hipotezleri aşağıdaki gibidir.

- Hipotez 1;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise cari açık yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise cari açık yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki var.

- Hipotez 2;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise cari açık yenilenebilir enerji üretimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise cari açık yenilenebilir enerji üretimi arası ilişki var.

- Hipotez 3;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise cari açık fosil enerji üretimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise cari açık fosil enerji üretimi arası ilişki var.

2.4. Tasarruf ve Enerjinin Rolü

Bir ekonomide, gelirin tüketilmeyen bölümü tasarruf edilmekte ve yatırımların finansmanında kullanılmaktadır. Bu duruma ek olarak kapalı bir ekonomide, özel ve kamu kesimi tasarruflarından oluşan yurtiçi tasarruflar kamu ve özel kesim yatırımları toplamına eşit olmaktadır. Açık bir ekonomide ise dış ülkelerle ilişkiler nedeniyle, yatırımlarla yurtiçi tasarruflar arasındaki eşitlik ortadan kalkmaktadır. Cari işlemler dengesinin açık veya fazla vermesine bağlı olarak yatırımlar yurtiçi tasarrufların üzerinde veya altında olabilmektedir. Dolayısıyla cari işlemler dengesi, karşılıksız sermaye transferlerinin olmaması durumunda dış tasarruflara eşit olmaktadır (Yükseler , 1998).

Elde edilen gelir tasarruf ve yatırım olarak iki şekilde kullanılabilir. Tasarruf gelirin harcanmayan bölümü, yatırım ise tasarrufun ileride gelir getirecek üretim kapasitelerine harcanması anlamına gelmektedir. Bir ülkede tasarruflar yatırımlardan fazla ya da denk ise o ülkede dış borçlanmaya gerek duyulmaz. Eğer tasarruflar yatırımlardan düşükse bu durumda dışarıdan tasarruf ithal etmesi gerekmektedir. Ek olarak bir ülkede tasarruflar yatırımlara eşit ise tasarruf-yatırım dengesinden söz edilebilir. Fakat tasarruflar yatırımlardan azsa tasarruf-yatırım dengesinin açık verdiği anlamına gelir. Tasarruf yatırım dengesindeki söz konusu bu açıktan dolayı ülkeler dışarıdan tasarruf ithal etmekte olup açıklığı kapatmaya çalışmaktadırlar. Bahsedilen tasarruf açıklığı; yabancı sermayeyi çekerek ve dış borçlanma yolu ile olmak üzere iki şekilde kapatılabilir (Eğilmez , 2013).

Günümüzde gelişmiş ülkeler dahil olmak üzere dünyanın diğer gelişmekte olan ülkelerinde de enerji ile ilgili iki yönlü tasarruf eğilimi dikkati çekmektedir. Bunlardan birincisi ABD’de görülen tüketimi minimize edecek teknolojik gelişmeler ile enerji ve enerji maliyetini düşürmek üzere yapılan çalışmalardır. Bir diğer tasarruf eğilimi ise, fosil kaynaklara dayalı ve büyük ölçüde dışa bağımlı olan enerji üretim ve tüketimin mümkün olduğu kadar iç kaynaklara ve yenilenebilir enerji kaynaklarına kaydırılmasına ilişkin yapılan Ar-Ge çalışmaları ile bunun sonucunda ortaya çıkan teknolojik gelişmelerin etkisi ile fosil kaynakların payının nispeten azalması ve yenilenebilir enerji payının giderek artırılmasına dönük stratejiler ve uygulamaların ortaya çıkardığı avantajlar yönündedir (Kamacı, Ceyhan , & Peçe, 2019).

Bu çalışmada tasarruf ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişki ve yönü araştırılmaktadır. Çalışmanın tasarruf ile ilgili hipotezleri aşağıdaki gibidir.

- Hipotez 1;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise tasarruf yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise tasarruf yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki var.

- Hipotez 2;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise tasarruf yenilenebilir enerji üretimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise tasarruf yenilenebilir enerji üretimi arası ilişki var.

- Hipotez 3;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise tasarruf fosil enerji üretimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise tasarruf fosil enerji üretimi arası ilişki var.

BÖLÜM III

LİTERATÜR TARAMASI

Araştırmanın ekonometrik analizinin yapıldığı bu bölümde 1990-2015 yılları arasındaki dönemlere ait 20 AB ülkesi ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimi ve fosil yakıt üretiminin Tasarruf ve Cari Denge Hesabı üzerindeki etkisi ve nedensellik ilişkisinin olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu doğrultuda gerekli literatür taraması gerçekleştirilmiş ve aşağıda belirtildiği gibi literatür taraması özeti ve literatür taraması verilmiştir.

Tablo 3.1. Literatür Taraması Özeti

KAYNAK (YAZAR)	BÖLGE / ÜLKE VE DÖNEMİ	YÖNTEM	SONUÇ
Güney ve Sandalcılar (2022)	Türkiye 1974-2019	Engle-Granger Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik Testleri	Değişkenler (enerji tüketimi, birincil enerji tüketimi, kişi başına gelir ve net tasarruflar.) arasında eşbütünleşme olmamakla birlikte nedensellik izine de rastlanılmamıştır.
Altay Topcu (2022)	Enerji İthalatında Lider 11 Ülke 1995-2015	ECM, AMG ve Dumitrescu-Hurlin	Yenilenebilir enerji tüketiminin cari denge üzerindeki etkileri pozitif olmakla birlikte enerji ithalatının cari dengeyi negatif yönde etkilediği gözlemlenmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ve enerji ithalatı ile cari işlemler dengesi arasında çift yönlü nedensellik olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 3.1. (Devamı)

Apergis ve Pinar (2021)	25 AB Ülkesi 2003-2017	GMM, PCCE ve Dumitrescu-Hurlin	Kutuplaşmanın tüm tanımlarının yenilenebilir enerji tüketimine %1 önem düzeyinde neden olduğu ve tam tersi durumda nedenselliğin söz konusu olmadığı sonucuna varılmıştır.
Bayar, Gavriletea, Sauer ve Paun (2021)	AB Ülkeleri 2004-2017	Westerlund-Edgerton Eşbütünleşme testi ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi	Değişkenler arasında kısa dönemde önemli bir nedensellik bulunamamıştır.
Gökçe ve Erol (2020)	Türkiye 1975-2017	VECM Granger Nedensellik Testi	Enerji açığı ve ekonomik büyüme arasında kısa ve uzun dönemde çift yönlü nedensellik ilişkisi gözlemlenmektedir. Tasarruf açığı ile ekonomik büyüme arasında kısa dönemde tasarruf açığından ekonomik büyümeye doğru, uzun dönemde ise çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu gözlemlenmektedir.
Gökçe ve Demirtaş (2018)	27 AB Ülkesi ve Türkiye 1998-2011	OLS, FE, RE ve Hausman Testleri	FE modelinin uygun bulunduğu çalışmanın sonuçları, AB Ülkeleri ve Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimindeki artışların cari denge üzerinde pozitif etkiye sahiptir.
Sarıtaş, Genç ve Avcı (2018)	Türkiye 1971-2015	VAR ve Granger Nedensellik Testi	Enerji ithalatından cari açığa tek yönlü bir nedensellik gözlemlenmektedir. Yapılan etki-tepki analizi sonuçlarına göre, enerji ithalatındaki bir şokun GSYH’yı iki dönem boyunca pozitif ve anlamlı olarak etkilediği gözlenmektedir. Cari açık değişkeni ile ilgili varyans ayrıştırması testlerinde ise, cari açığı açıklamada enerji ithalatının en yüksek paya sahip olduğu, büyümenin ise enerji ithalatına göre daha düşük bir paya sahip olduğu sonucuna varıldığı görülmektedir.
Ciarreta ve Zarraga (2010)	12 Avrupa ülkesi 1970-2007	Panel Eşbütünleşme ve Panel Nedensellik Testleri	Elektrik tüketiminden GSYH’ye kısa dönemde negatif ve güçlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu gözlemlenmektedir. Enerji fiyatları ile GSYH arasında çift yönlü nedensellik vardır. Ayrıca elektrik tüketimiyle enerji fiyatları arasında daha zayıf nedensellik olduğu görülmektedir.
Apergis ve Payne (2010)	20 tane OECD ülkesi 1985-2005	Heterojen panel eşbütünleşme testi ve Granger Nedensellik	Reel GSYİH, yenilenebilir enerji tüketimi, reel brüt sabit sermaye oluşumu ve işgücü arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi olduğu gözlemlenmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında hem kısa hem de uzun vadede çift yönlü nedenselliği göstermektedir.

Tablo 3.1. (Devamı)

Yanar ve Kerimoğlu (2011)	Türkiye 1975-2009	Johansen Eşbütünleşme ve Hata Düzeltme Modeli	Değişkenler arasında uzun dönemimli bir ilişki olmakla birlikte analizin olumlu ve pozitif çıkması sonucu hata düzeltme modeli uygulanmıştır. Hata düzeltme kat sayısı negatif ve anlamlı bulunmuştur. Cari açık ile büyüme arasında çift yönlü ve zayıf bir nedenselliğin meydana geldiği gözlemlenmiştir.
Bozoklu ve Yılancı (2013)	20 OECD ülkesi 1965-2011	Granger Nedensellik Testi	GSYH'den enerji tüketimine uzanan nedensellik olarak bakıldığında ABD, Avustralya, Avusturya, Kanada, İtalya, Japonya, Meksika, Hollanda, Portekiz, İngiltere için geçici bir ilişki ve Avusturya, Belçika, Danimarka, Almanya, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç ve ABD için kalıcı bir ilişki vardır. Enerji tüketiminden GSYH'ye uzanan nedensellik açısından bakıldığında ise Avusturya, Danimarka, İtalya, Hollanda, Norveç ve Portekiz için geçici bir ilişki ve Belçika, Finlandiya, Yunanistan, İtalya, Japonya ve Portekiz için kalıcı bir ilişki vardır.
Bayar ve Özel (2014)	Gelişmekte Olan Ülkeler 1970-2011	Pedroni, Kao ve Johansen eşbütünleşme testleri ve Granger nedensellik testleri	Elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ve elektriğin Macaristan'daki ekonomik büyüme üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. En küçük etki ise Endonezya olmuştur. Granger nedensellik testine göre ise ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi arasında çift yönlü nedensellik olduğu görülmüştür.
Doğan ve Şeker (2016)	AB Ülkeleri 1980-2012	Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi	Yenilenebilir enerji ve CO ₂ arasında çift yönlü nedensellik vardır. Reel gelirden CO ₂ 'ye, CO ₂ 'den yenilenemeyen enerjiye ve ticaret açığından CO ₂ 'ye kadar uzanan tek yönlü nedensellik vardır.
Başkonuş Direkçi ve Gövdeli (2017)	OECD Dışı Ülkeler 1980-2012	Eşbütünleşme Testi Common Correlated Effect (CCE)	Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ilişki söz konusu olmakla birlikte CCE eşbütünleşme testi ile Yenilenebilir enerji tüketimindeki artış, büyüme ve kalkınmayı olumlu etkilemektedir.
Örgün ve Pala (2017)	28 Avrupa Birliği Ülkesi 1996-2013	Panel Eşbütünleşme, Panel Granger Nedensellik ve Panel VECM	Panel eş-bütünleşme, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, işgücü, sermaye oluşumu ve dışa açıklık değişkenleri arasında uzun dönemli bir denge olduğunu desteklemiş ve Panel vektör hata düzeltme modeline göre, kısa dönemde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı bir nedensellik bulunduğunu göstermiştir. Granger Nedensellik testine göre ise enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir nedensellik bulunmamıştır.

Tablo 3.1. (Devamı)

Ruggiero ve Lehkonen (2017)	66 Büyük Elektrik Kuruluşu 2005-2014	Granger Nedensellik Analizi	Yenilenebilir enerji artışı ile kısa vadeli ve uzun vadeli finansal performans arasında firma düzeyinde negatif bir korelasyon olduğu gözlemlenmektedir. Granger Nedensellik Analizindeki bir artışın uzun vadeli performansın azalmasına neden olduğu görülmektedir. Ek olarak, sonuçlar aynı zamanda bir firmanın karbon yoğunluğunun ilişkiyi artırdığını göstermektedir.
Berk ve Cin (2018)	Türkiye 1970-2014	VECM ve Granger Nedensellik Testi	Enerji tüketimi ile ticaret açığı arasında çift yönlü nedensellik, nüfus ile ticaret açığı arasında ve nüfus ile enerji tüketimi arasında ise tek yönlü ilişki olduğu gözlemlenmiştir.
Ballı, Sigeze ve Manga (2018)	BDT Ülkeleri 1992-2013	Panel Düzeltilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS) ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi	Panel eşbütünleşme testleri reel GSYH, enerji tüketimi, sermaye ve işgücü miktarı arasında uzun dönemli denge ilişkisi olduğu ve Dumitrescu-Hurlin (2012) Panel Nedensellik Testi sonuçlarına göre enerji tüketimiyle ekonomik büyüme, işgücüyle enerji tüketimi, işgücüyle sermaye, ekonomik büyümeyle sermaye ve sermaye ile işgücü arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir.
Aydın (2019)	26 OECD ülkesi 1980-2015	Frekans alanındaki Croux ve Reusens Nedensellik ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi	Her 3 gecikme uzunluğunda da ekonomik büyüme ile yenilenemeyen enerji arasında çift yönlü nedensellik vardır. Yine 3 gecikme uzunluğunda da yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik söz konusu değildir.
Akadiri ve arkadaşları (2019)	28 AB Ülkesi 1995-2015	ARDL ve Dumitrescu-Hurlin	Ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi, karbon emisyonu ve reel brüt sabit sermaye arasında çift yönlü nedensellik vardır.
Bekun, Alola ve Sarkodie (2019)	16 AB Ülkesi 1996-2014	Kao Eşbütünleşme Dumitrescu-Hurlin	Ekonomik büyüme ile yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik vardır. Doğal kaynak, rant ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik vardır.
Kamacı, Ceyhan ve Peçe (2019)	Türkiye 1984-2017	FMOLS-DOLS, Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik Testleri	Elektrik üretiminden Gayri safi yurtiçi tasarruflara doğru ve gayri safi yurtiçi tasarruflardan elektrik üretimine doğru kısa dönemli nedensellik ilişkisi gözlemlenememiş, uzun dönemde ise elektrik üretiminden gayri safi yurtiçi tasarruflara doğru tek yönlü nedensellik gözlemlenmiştir.

Tablo 3.1. (Devamı)

Uçak (2019)	Kırılğan Beşli 1990-2017	VAR, VECM, ARDL Sınır Testi	Analize dahil edilen ülkelerin hepsinde uzun dönemde eşbütünleşme söz konusudur. Ek olarak enerji ithalatından cari dengeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Hindistan ekonomisinde kısa dönemde enerji ithalatındaki artışın, cari dengeyi negatif yönde etkilediği ve Brezilya ekonomisinde yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın cari dengeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye’de ise enerji ithalatı ile cari denge arasında ters yönlü ilişki gözlemlenmiştir.
Smolović, Muhadinović, Radonjić, ve Đurašković (2020)	Yeni ve Geleneksel AB Ülkeleri 2004-2018	PMG-ARDL Dumitrescu-Hurlin	Yeni AB Ülkelerinde Yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik vardır. Geleneksel AB Ülkelerinde ekonomik büyüme den yenilenebilir enerji tüketimine tek yönlü nedensellik vardır.
Kızıldere (2020)	Türkiye 1974-2015	Granger Nedensellik Testi	Çalışmada sadece ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden cari açığa doğru tek yönlü nedensellik söz konusudur. Cari açık ve enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru ve ekonomik büyüme ve cari açıktan enerji tüketimine doğru herhangi bir nedensellik söz konusu değildir.
Leitão ve Lorente (2020)	28 AB Ülkesi 1995-2014	FMOLS, DOLS, GMM ve Dumitrescu-Hurlin	GSYİH ile CO ₂ , turizm gelirleri, yenilenebilir enerji ve ticaret açıkları arasında tek yönlü nedensellik bulunmuştur.
Adedoyin, Bekun ve Alola (2020)	16 AB Ülkesi 1997-2015	PMG-ARDL Dumitrescu-Hurlin	Enerji tüketimi araştırma ve geliştirme ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik vardır. GSYİH ve enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik vardır.
Oluoch, Lal ve Susaeta (2021)	Sahra Altı Afrika Ülkeleri 1998-2014	Panel ARDL-PMG	Yenilenebilir enerji tüketimi uzun vadede kişi başına düşen bağımsız değişkenler gayri safi yurtiçi hasıla ve eğitim endeksi ile pozitif korelasyon göstermektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi uzun vadede kişi başına düşen CO ₂ emisyonları ve yaşam beklentisi endeksi ile anlamlı ve negatif korelasyon göstermektedir.
Bekun, Alola, Gyamfi ve Yaw (2021)	AB Ülkeleri 1990-2017	Kao Eşbütünleşme testi ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi	GSYİH ile CO ₂ arasında çift yönlü, enerji yoğunluğu ile CO ₂ arasında çift yönlü nedensellik vardır.

Tablo 3.1. (Devamı)

Azam, Rafiq, Shafique, Zhang ve Yuan (2021)	1990-2014 Dönemi boyunca en yüksek CO ₂ salınımı yapan 10 ülke 1990-2014	Panel Eşbütünleşme, Panel Tamamen Düzeltilmiş Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi	Panel eşbütünleşme testi, değişkenler arasında uzun vadeli bir denge korelasyonunun varlığını doğrulamaktadır. Nedensellik testi, uzun vadede doğal gazın nükleer enerji ve yenilenebilir enerji gibi ekonomik büyümeye ve CO ₂ azaltımına katkıda bulunmadığı gözlemlenmiştir.
Magazzino, Porrini, Fusco ve Schneider (2021)	16 AB Ülkesi 1990-2017	PMG ve Dumitrescu Hurlin Nedensellik testi	İnternet kullanımından elektrik tüketimine, ekonomik büyümeye ve kentleşmeye tek yönlü nedensellik vardır. Ekonomik büyüme internet kullanımına nedensel görünmektedir. Elektrik tüketimi; ekonomik büyümeye, CO ₂ emisyonlarına ve kentleşmeye neden olmaktadır. Hem CO ₂ emisyonları hem de ekonomik büyüme arasında ve CO ₂ emisyonları ile kentsel nüfus arasında çift yönlü bir nedensellik vardır.
Sasmaz, Karamıklı ve Akkucuk (2021)	AB Ülkeleri 2004-2017	Westerlund ve Edgerton LM Bootstrap Eşbütünleşme testi ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi	2000 öncesi ülkelerde yenilenebilir enerji ve sağlık harcamaları arasında tek yönlü nedensellik bulunmakla birlikte 2000 sonrası ülkelerde yenilenebilir enerji ve sağlık harcamaları arasında çift yönlü nedensellik vardır.

Ciarreta ve Zarraga (2010), çalışmasında 1970-2007 dönemi için GSYM, elektrik tüketimi ve enerji fiyatı değişkenlerinin yıllık verileri kullanarak 12 Avrupa ülkesi için elektrik tüketimi ile reel GSYİH arasındaki uzun vadeli ve nedensel ilişkiyi araştırmak için Panel eşbütünleşme, Panel nedensellik ve VECM testleri uygulamıştır. Analiz sonuçlarına göre, Değişkenler arasından, elektrik tüketiminden GSYH'ye kısa dönemde negatif ve güçlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu gözlemlenmektedir. Enerji fiyatları ile GSYH arasında çift yönlü nedensellik vardır. Ayrıca elektrik tüketimiyle enerji fiyatları arasında daha zayıf nedensellik olduğu görülmektedir.

Apergis ve Payne (2010), çalışmada 1985-2005 yıllarını baz alan, yirmi OECD ülkesiyle, ABD doları cinsinden brüt sermaye oluşumu, milyon işgücü ve GSYH değişkenlerini kullanarak Heterojen panel eşbütünleşme testi ve Granger Nedensellik

testlerini uygulamışlardır. Heterojen panel eşbütünleşme testinin sonuçları, reel GSYİH, yenilenebilir enerji tüketimi, reel brüt sabit sermaye oluşumu ve işgücü arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi olduğu gözlemlenmektedir. Bu uzun dönemli ilişki, yenilenebilir enerji tüketimindeki yüzde 1'lik bir artışın reel GSYH'yi yüzde 0,76 oranında artırdığını gösteriyor ek olarak reel brüt sabit sermaye oluşumundaki yüzde 1'lik bir artış, reel GSYH'yi yüzde 0,70 oranında artırır, işgücündeki yüzde 1'lik artış ise reel GSYH'yi yüzde 0,24 oranında artırıyor. Granger Nedensellik sonuçları yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında hem kısa hem de uzun vadede çift yönlü nedenselliği göstermektedir.

Yanar ve Kerimoğlu (2011), çalışmalarında Türkiye'de 1975-2009 yıllarını baz alan dönem ve cari açık, enerji tüketimi ve büyüme verilerini kullanarak Johansen Eşbütünleşme ve Hata Düzeltme Modeli testleri uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olmakla birlikte analizin olumlu ve pozitif çıkması sonucu hata düzeltme modeli uygulanmıştır. Hata düzeltme kat sayısı negatif ve anlamlı bulunmuştur. Cari açık ile büyüme arasında çift yönlü ve zayıf bir nedenselliğin meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Bozoklu ve Yılcı (2013), Çalışmasında ülkeler için tarihsel periyod açısından farklı dönemleri ele almıştır. Avusturya 1965–2010, Danimarka 1966–2011, Fransa 1965–2011, Yunanistan 1965–2011, Hollanda 1969–2011 ve İsveç 1965–2011 ülkeleri dışından diğer ülkelerin tarihsel periyodları 1970-2010-11 şeklinde düzenlenmiştir. Analizde GSYH ve enerji tüketimi değişkenleriyle Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre GSYH'den enerji tüketimine uzanan nedensellik olarak bakıldığında ABD, Avustralya, Avusturya, Kanada, İtalya, Japonya, Meksika, Hollanda, Portekiz, İngiltere için geçici bir ilişki ve Avusturya, Belçika, Danimarka, Almanya, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç ve ABD için kalıcı bir ilişki vardır. Enerji tüketiminden GSYH'ye uzanan nedensellik açısından bakıldığında ise Avusturya, Danimarka, İtalya, Hollanda, Norveç ve Portekiz için geçici bir ilişki ve Belçika, Finlandiya, Yunanistan, İtalya, Japonya ve Portekiz için kalıcı bir ilişki vardır.

Bayar ve Özel (2014), çalışmasında 1991-2011 dönemi baz alınarak elektrik enerjisi tüketimi ve GSYİH büyüme değişkenlerinin yıllık verileri ile gelişmekte olan

lkeler (Brezilya, Őili, Çin, Kolombiya, Çek Cumhuriyeti, Mısır, Yunanistan, Macaristan, Hindistan, Endonezya, Kore, Malezya, Meksika, Peru, Filipinler, Polonya, Rusya, Güney Afrika, Tayvan, Tayland ve Türkiye) üzerine Pedroni, Kao ve Johansen eşbütünleşme testleri ve Granger nedensellik testleri uygulanmıştır. Analiz sonucunda tüm paneldeki elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ve elektriğin Macaristan'daki ekonomik büyüme üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. En küçük etki ise Endonezya olmuştur. Granger nedensellik testine göre ise ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi arasında çift yönlü nedensellik olduğu görülmüş ve tüm gelişmekte olan ülkeler için geri bildirim hipotezini desteklemiştir. Yani ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi birbirini etkilemektedir.

Doğan ve Şeker (2016), Çalışmalarında 1980-2012 dönemini baz alarak AB ülkelerini kapsayan; yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerji, reel gelir, ticaret açıklığı ve CO₂ emisyonları değişkenlerini kullanarak panel veri analizi yöntemi ile Çevresel Kuznets Eğrisi Modeli ve Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre yenilenebilir enerji ve CO₂ emisyonları arasında çift yönlü nedensellik vardır. Reel gelirden CO₂'ye, CO₂'den yenilenemeyen enerjiye ve ticaret açıklarından CO₂'ye kadar uzanan tek yönlü nedensellik gözlemlenmektedir.

Başkonuş Direkçi ve Gövdeli (2017), bu çalışmada 1980-2012 dönemi baz alınarak, OECD üyesi olmayan 49 ülke seçilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi ve GSYH değişkenleri ile Westerlund Durbin-H eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Yapılan analiz sonucunda, Butan, Bulgaristan, Cezayir, Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Hindistan, İran, Kenya, Komorlar, Mozambik, Orta Afrika Cumhuriyeti, Pakistan, Paraguay, Sri Lanka, Svaziland, Venezuela ve Zambiya'daki ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Yenilenebilir enerji tüketiminin esneklik katsayısının 1'den büyük olduğu tespit edildiğinden Kongo Demokratik Cumhuriyeti'nde yenilenebilir enerji tüketiminin esnek olduğu, ancak 0 ile 1 arasında bulunan esnekliği göz önünde bulundurarak diğer ülkelerde esneklik olmadığı belirlenmiştir.

Örgün ve Pala (2017), Çalışmada 28 Avrupa Birliği lkesi için 1996 ile 2013 dönemini kapsayan verilerle, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, işgücü, sermaye

oluşumu ve dışa açıklık değişkenleri ile Panel Granger nedensellik ve Panel VECM kullanmışlardır. Panel Eşbütünleşme test sonuçlarına göre, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge gözlemlenmiştir. VECM sonucunda ise kısa dönemde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik gözlenmiş, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir nedensellik bulunamamıştır.

Ruggiero ve Lehkonen (2017), çalışmada 2005-2014 dönemini baz alarak 66 Büyük Elektrik Kuruluşu için Firmaların yenilenebilir enerji üretimi ve Finansal Performans değişkenlerini kullanarak Granger Nedensellik Analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda yenilenebilir enerji artışı ile kısa vadeli ve uzun vadeli finansal performans arasında firma düzeyinde negatif bir korelasyon olduğunu gözlemlenmektedir. Daha belirgin olarak, yenilenebilir enerji artışında Granger Nedensellik Analizindeki bir artışın uzun vadeli performansın azalmasına neden olduğu görülmektedir. Ek olarak, sonuçlar aynı zamanda bir firmanın karbon yoğunluğunun ilişkiyi artırdığını göstermektedir. Ülke düzeyinde gözlemlendiğinde, yenilenebilir enerji kullanımındaki artışın, gelişmiş ekonomilerde düşük güç talebi ve aşırı kapasitenin uzun vadeli firma performansı ile da negatif ilişkili olduğu gözlemlenmektedir.

Berk ve Cin (2018), çalışmalarında Türkiye'ye ait 1970-2014 yıllarını baz alan dönem, enerji tüketimi, cari açık ve nüfus değişkenlerinin verilerini kullanarak VECM ve Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, enerji tüketimi ile ticaret açığı arasında çift yönlü nedensellik, nüfus ile ticaret açığı arasında ve nüfus ile enerji tüketimi arasında ise tek yönlü ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Sarıtaş, Genç ve Avcı (2018), çalışmalarında Türkiye'ye ait 1971-2015 dönemini baz alan cari açık, büyüme ve enerji ithalatı verilerini kullanarak VAR ve Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, enerji ithalatından cari açığa tek yönlü bir nedensellik gözlemlenmektedir. Yapılan etki-tepki analizi sonuçlarına göre, enerji ithalatındaki bir şokun GSYH'yı iki dönem boyunca pozitif ve anlamlı olarak etkilediği gözlenmektedir. Cari açık değişkeni ile ilgili varyans ayrıştırması testlerinde ise, cari açığı açıklamada enerji ithalatının en yüksek paya sahip olduğu, büyümenin ise enerji ithalatına göre daha düşük bir paya sahip olduğu sonucuna varıldığı görülmektedir.

Ballı, Sigeze ve Manga (2018), çalışmalarında BDT ülkeleri için 1992-2013 yıllarının olduğu dönemi baz alarak, GSYH, enerji tüketimi, sermaye yatırımı ve işgücü sayısı verileri ile Beyaz Rusya, Ermenistan, Kırgızistan, Azerbaycan, Gürcistan, Kazakistan, Moldova, Rusya, Tacikistan, Ukrayna ve Özbekistan ülkelerine Panel eşbütünleşme testleri ve Dumitrescu ve Hurlin panel nedensellik testi uygulanmıştır. Dumitrescu-Hurlin Panel nedensellik testinin sonuçları ise, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, işgücü sayısı ve enerji tüketimi, işgücü ve sermaye yatırımı, sermaye yatırımı ve ekonomik büyüme ek olarak sermaye yatırımı ve işgücü sayısı arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi gözlemlenmektedir.

Gökçe ve Demirtaş (2018), çalışmalarında 1998-2015 dönemini baz almış 27 AB Ülkesi ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi, cari denge, büyüme hızı, reel efektif döviz kuru, tasarruflar ve enerji ithalatı değişkenlerini kullanarak, OLS, FE, RE ve Hausman Testlerini uygulamışlardır. FE modelinin uygun bulunduğu çalışmanın sonuçları, AB Ülkeleri ve Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimindeki artışların cari denge üzerinde pozitif etkiye sahiptir.

Aydın (2019), çalışmada 1980-2015 yılları arasındaki dönemi baz alarak 26 OECD ülkesinin yenilenebilir elektrik tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi ve ekonomik büyüme değişkenleri verileri ile Panel frekans alanındaki Croux ve Reusens nedensellik testi ve Panel Nedensellik testi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, her 3 gecikme uzunluğunda da ekonomik büyüme ve yenilenemeyen enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik vardır. Yine 3 gecikme uzunluğunda da yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik söz konusu değildir.

Akadiri, Alola, Akadiri ve Alola (2019), çalışmada 1995-2015 dönemini baz alan 28 AB Ülkesinin, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi, karbon emisyonları ve reel brüt sabit sermaye değişkenleri ile ARDL ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, Ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi, karbon emisyonları ve reel brüt sabit sermaye arasında çift yönlü nedensellik gözlemlenmektedir.

Bekun, Alola ve Sarkodie (2019), çalışmada 1996-2014 yıllarını baz alan dönemin ve 16 AB Ülkesinin verilerini kullanarak; Kao Eşbütünleşme ve Dumitrescu-Hurlin

Nedensellik Testini uygulamıştır. Analiz sonuçlarına göre, Ekonomik büyüme ile yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik vardır. Doğal kaynak, rant ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik vardır.

Kamacı, Ceyhan ve Peçe (2019), çalışmalarında 1984-2017 dönemini baz alarak Türkiye’de elektrik üretimi ve gayri safi yurtiçi tasarruf değişkenlerinin verilerini kullanarak FMOLS-DOLS, Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonuçları, Elektrik üretiminden Gayri safi yurtiçi tasarruflara doğru ve gayri safi yurtiçi tasarruflardan elektrik üretimine doğru kısa dönemli nedensellik ilişkisi gözlemlenememiş, uzun dönemde ise elektrik üretiminden gayri safi yurtiçi tasarruflara doğru tek yönlü nedensellik gözlemlenmiştir.

Uçak (2019), çalışmasında Kırılgan Beşli ülkelerinin 1990-2017 dönemini baz alan enerji ithalatı ve cari denge değişkenlerinin verilerini kullanarak VAR, VECM, ARDL Sınır Testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, analize dahil edilen ülkelerin hepsinde uzun dönemde eşbütünleşme söz konusudur. Ek olarak enerji ithalatından cari dengeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Hindistan ekonomisinde kısa dönemde enerji ithalatındaki artışın, cari dengeyi negatif yönde etkilediği ve Brezilya ekonomisinde yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın cari dengeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye’de ise enerji ithalatı ile cari denge arasında ters yönlü ilişki gözlemlenmiştir.

Kızıldere (2020), çalışmasında Türkiye’ye ait 1974-2015 zamansal dönemi baz alarak, cari işlemler açığı, kişi başına reel milli gelir ve kişi başına enerji tüketimi değişkenlerinin verilerini kullanarak Granger Nedensellik Testini uygulamıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre sadece ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden cari açığa doğru tek yönlü nedensellik söz konusudur. Cari açık ve enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru ve ekonomik büyüme ve cari açıktan enerji tüketimine doğru herhangi bir nedensellik söz konusu değildir.

Smolović, Muhadinović, Radonjić, ve Đurašković (2020), çalışmalarında 2004-2018 dönemini baz alan, yeni ve geleneksel AB Ülkeleri için brüt sabit sermaye oluşumu, emek ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri kullanılarak PMG-ARDL ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Yeni AB

Ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik vardır. Geleneksel AB ülkelerinde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik vardır.

Gökçe ve Erol (2020), çalışmalarında 1975-2017 dönemlerini baz alarak Türkiye’de enerji açığı, ekonomik büyüme ve tasarruf açığı değişkenlerini kullanarak VECM Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, enerji açığı ve ekonomik büyüme arasında kısa ve uzun dönemde çift yönlü nedensellik ilişkisi gözlemlenmektedir. Tasarruf açığı ile ekonomik büyüme arasında kısa dönemde tasarruf açığından ekonomik büyümeye doğru, uzun dönemde ise çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu gözlemlenmektedir.

Leitão ve Lorente (2020), çalışmada 1995-2014 yıllarını baz alan dönemsel verilerde 28 AB Ülkelerinin, GSYİH, yenilenebilir enerji, CO₂ emisyonları, ticaret açıklığı ve turizm gelirleri değişkenlerini kullanarak FMOLS, DOLS, GMM ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarında ise GSYİH ile CO₂, turizm gelirleri, yenilenebilir enerji ve ticaret açıkları arasında tek yönlü nedensellik bulunmuştur.

Adedoyin, Bekun ve Alola (2020), çalışmada 1997-2015 yılları arasındaki dönemi kapsayan 16 AB ülkesi ve yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, araştırma ve geliştirme harcamaları ve GSYİH değişkenlerini baz alan PMG-ARDL ve Dumitrescu-Hurlin nedensellik testini uygulamıştır. Ampirik sonuçlar, Enerji tüketimi ile araştırma ve geliştirme harcamaları arasında çift yönlü nedensellik vardır. Ayrıca GSYİH ve enerji tüketimleri arasında çift yönlü nedensellik vardır.

Bayar, Gavriletea, Sauer ve Paun (2021), çalışmada 2004-2017 dönemini baz alan, AB Ülkelerinin CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji tüketimi ve kentsel atıkların geri dönüşüm oranı değişkenleri kullanılarak Westerlund ve Edgerton Eşbütünleşme testi ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçları; değişkenler arasında kısa vadeli önemli bir nedensellik olmadığını göstermektedir.

Oluoch, Lal ve Susaeta (2021), çalışmada 1998-2014 yılları arasındaki dönem baz alınarak Sahra Altı Afrika Ülkelerinin; Yenilenebilir enerji tüketimi, Kişi başına düşen GSYİH, CO₂ Emisyonu, Yaşam Beklentisi Endeksi, Eğitim Endeksi ve Ortalama

Yolsuzluk Algı Endeksi değişkenleri kullanılarak, Panel ARDL-PMG analizi uygulanmıştır. Bu çalışma, yenilenebilir enerji tüketimini teşvik edebilecek faktörleri özetlemek için ampirik bir model ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışmanın sonuçları, bağımlı değişken yenilenebilir enerji tüketimi beklendiği gibi uzun vadede kişi başına düşen bağımsız değişkenler gayri safi yurtiçi hasıla ve eğitim endeksi ile pozitif korelasyon göstermektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi uzun vadede bağımsız değişkenler, kişi başına düşen CO₂ emisyonları ve yaşam beklentisi endeksi ile anlamlı ve negatif korelasyon göstermektedir.

Azam, Rafiq, Shafique, Zhang ve Yuan (2021), çalışmada 1990-2014 Dönemi baz alınmış ve bu dönem boyunca en yüksek CO₂ salınımı yapan 10 ülkenin GSYİH, Doğrudan yabancı yatırımlar, Yenilenebilir enerji tüketimi, Nükleer Enerji tüketimi, Doğal gaz tüketimi değişkenlerinin verileri alınarak Panel Eşbütünleşme Testi, Panel Tamamen Düzeltilmiş Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi ve Panel Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi uygulanmıştır. Bu çalışmada, söz konusu ülkelerin doğal gaz, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyüme ve karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak, Panel eşbütünleşme testi, değişkenler arasında uzun vadeli bir denge korelasyonunun varlığını doğrulamaktadır. Nedensellik testi, uzun vadede doğal gazın nükleer enerji ve yenilenebilir enerji gibi ekonomik büyümeye ve CO₂ azaltımına katkıda bulunmadığı gözlemlenmiştir.

Magazzino, Porrini, Fusco ve Schneider (2021), çalışmalarında 1990-2017 dönemini baz alan 16 AB Ülkesi için bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımı, elektrik tüketimi, CO₂ emisyonları ve GSYİH değişkenleri kapsamında PGM ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre İnternet kullanımından elektrik tüketimine, ekonomik büyümeye ve kentleşmeye tek yönlü nedensellik vardır. Ekonomik büyüme internet kullanımına nedensel görünmektedir. Elektrik tüketimi; ekonomik büyümeye, CO₂ emisyonlarına ve kentleşmeye neden olmaktadır. Hem CO₂ emisyonları hem de ekonomik büyüme arasında ve CO₂ emisyonları ile kentsel nüfus arasında çift yönlü bir nedensellik vardır.

Sasmaz, Karamıklı ve Akkucuk (2021), çalışmalarında 2004-2017 yıllarını baz alan AB Ülkelerinin yenilenebilir enerji ve sağlık harcamaları değişkenleri ile Westerlund ve Edgerton LM Bootstrap Eşbütünleşme testi ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, 2000 öncesi ülkelerde yenilenebilir enerji ve sağlık harcamaları arasında tek yönlü nedensellik bulunmakla birlikte 2000 sonrası ülkelerde yenilenebilir enerji ve sağlık harcamaları arasında çift yönlü nedensellik vardır.

Bekun, Alola, Gyamfi ve Yaw (2021), çalışmalarında 1990-2017 yıllarını baz alan AB ülkelerinin GSYİH, enerji yoğunluğu ve CO₂ değişkenleri ile Kao Eşbütünleşme testi ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, GSYİH ile CO₂ arasında çift yönlü, enerji yoğunluğu ile CO₂ arasında çift yönlü nedensellik vardır.

Apergis ve Pinar (2021), çalışmalarında 2003-2017 yıllarını kapsayan dönemi baz alarak 25 AB Ülkelerinin, kutuplaşma, Fraksiyonalizasyon, iktidardaki partiler arasındaki ideoloji farkı, 4 büyük parti arasındaki ideolojik fark değişkenlerini kullanarak GMM, PCCE ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, Kutuplaşmanın tüm tanımlarının yenilenebilir enerji tüketimine %1 önem düzeyinde neden olduğu ve tam tersi durumda nedenselliğin söz konusu olmadığı sonucuna varılmıştır.

Altay Topcu (2022), çalışmasında Enerji İthalatında Lider 11 Ülkelerinin 1995-2015 yıllarını baz alan dönemin verileri ile ECM, AMG ve Dumitrescu-Hurlin testleri uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketiminin cari denge üzerindeki etkileri pozitif olmakla birlikte enerji ithalatının cari dengeyi negatif yönde etkilediği gözlemlenmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ve enerji ithalatı ile cari işlemler dengesi arasında çift yönlü nedensellik olduğu gözlemlenmiştir.

Güney ve Sandalcılar (2022), çalışmalarında 1974-2019 dönemini baz alarak Türkiye’de enerji tüketimi, birincil enerji tüketimi, kişi başına gelir ve net tasarruflar değişkenlerinin verileri ile Engle-Granger Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonucuna göre, değişkenler arasında eşbütünleşme olmamakla birlikte nedensellik izine de rastlanılmamıştır.

3.1. Panel Veri Analizi Teorik Çerçeve

Panel veri kişileri, firmaları, şehirleri ve ülkeleri vb. opsiyonları türdeş olmamalarına rağmen zaman içinde ele alır. Panel veri tahmin teknikleri özneye (kişi, firma, şehir, ülke vb. mikro birimleri içeren genel bir ifade ile) özgü değişkenlere yer vererek aynı türden olmayan değişkenleri açıkça dikkate alır. Ayrıca panel veri kesit verisini zaman serisi ile birleştirmektedir. Bu bilgiye dayanarak panel veriden daha çok bilgi elde edilebilir, daha değişkendir, değişkenler arasında ortak doğrusallık daha azdır, serbestlik derecesi daha yüksek ve daha etkindir. Sadece kesit verisinde ya da sadece zaman serisi hiç gözlenemeyen etkiler, panel veri yöntemi ile ölçülebilir ve daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilir. Söz gelimi panel veri, sadece kesit serisi ya da sadece zaman serisinin kullanımından çıkabilecek sağlıklı sonuçları daha düzgün çözümleme teknikleri ile zenginleştirir (Gujarati & Porter , 2012, s. 593).

3.1.1. Yatay Kesit Bağımlılığı

Panel veri modellerinde yatay kesit birimlerinin birbirinden bağımsız olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım özellikle de büyük kesit (N) boyutuna sahip paneller için geçerlidir. Zellner (1962) tarafından geliştirilen ve N'nin küçük T'nin ise olması gerektiği kadar büyük olduğu panellerde hataların çapraz korelasyonları ilişkisiz regresyon denkleminde (SURE) dayanan çerçevede modellenebilir ve istatistiki olarak test edilebilir.

$N, T \rightarrow \infty$ İken sabitlendiğinde geleneksel zaman serisi teknikleri uygulanabilmektedir. Bu duruma örnek olarak kalıntıların ikili korelasyonlarının karelerinin ortalaması alınarak hesaplanan Breusch- Pagan (1980) gösterilebilir. Ancak N'nin büyük olduğu durumlarda standart tekniklerin dışında diğer yaklaşımlar da dikkate alınmalıdır (Pesaran, 2004, s. 1).

Yatay kesit bağımlılığı için kullanılan testler açıklanırken aşağıdaki veri modeli göz önünde bulundurulmuştur.

$$y_{it} = a_i + \beta'_i x_{it} + u_{it}, i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (3.1.)$$

Şeklindeki genel panel ekonometrik modelde i yatay kesit, t ise zaman boyutu, a_i birimlerin sabit, β_i ise eğitim katsayılarını temsil etmektedir. x_{it} gözlemlenen değişkenlerin $k \times 1$ boyutundaki vektörüdür (Pesaran, 2004, s. 3).

3.1.1.1. Breusch-Pagan (1980) LM testi

SURE modeli bağlamında Breusch-Pagan (1980), N sabit ve T sonsuza giderken modelin sistem tahmini gerektirmeyen ve hesaplanması basit olan yatay kesitlerin hata terimlerinde korelasyon bulunmaması durumunda sıfır hipotezini test etmek üzere Lagrange Çarpanı (LM) testini önermektedir. Bu test aşağıdaki LM istatistiğine dayanmaktadır.

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (3.2.)$$

Bu denklemde tanımlanan $\hat{\rho}_{ij}$ hata terimlerinin i ve j olmak üzere ikili korelasyon katsayılarını ifade etmektedir.

Breusch-Pagan (1980) LM testinin sıfır hipotezi “yatay kesit bağımlılığı yoktur.” Şeklinde olup,

$$H_0, s. cov(u_{it}, u_{jt}) = 0, \text{ tüm } t\text{'ler için } i \neq j \quad (3.3.)$$

$$H_1 s. cov(u_{it}, u_{jt}) \neq 0 \quad (3.4.)$$

Şeklindedir.

3.1.1.2. Sapması uyarlanmış LM testi

Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008), Breusch-Pagan (1980) LM testi panel verilerin N'nin büyük T'nin küçük olduğu durumlardaki muhtemel sapmaları engellemek amacıyla geliştirmişlerdir. Pesaran CD testinin tutarlı olmadığı faktör yüklerinin yatay kesit ortalamasının sıfıra yakın olduğu durumlarda bile sapması uyarlanmış LM (LM_{adj}) testinin tutarlı olduğu kanıtlanmıştır. Test istatistiğine ortalama ve varyansın eklendiği LM_{adj} tanımlaması:

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\hat{p}_{ij} - \mu_{Tij}}{V_{Tij}} \quad (3.5.)$$

En genel hali ise;

$\mu_{Tij} = E[(T-k)\hat{p}_{ij}^2]$ ve $V_{Tij} = var[(T-k)\hat{p}_{ij}^2]$ şeklindedir. Formülde geçen μ_{Tij} ortalamayı, V_{Tij} ise varyansı ifade etmektedir. Sıfır hipotezi altında ($H_0, s.Yatay kesit bağımlılığı yoktur.$) $T \rightarrow \infty$ ve $N \rightarrow \infty$ iken test istatistiği asimptotik olarak standart normal dağılım ($LM_{adj} \sim N(0,1)$) göstermektedir.

3.1.1.3. Pesaran (2004) CD testi

Pesaran (2004), N'nin büyük T'nin ise küçük olduğu durumlarda belli bir uzaysal ağırlık matrisine bağlı olmaksızın küçük örneklem için yatay kesit bağımsızlığı testine ihtiyaç olduğunu ve LM testinde kullanılan ikili korelasyon katsayılarının karelerini almak yerine sadece kendilerini formüle dahil ederek alternatif önermiştir. Dengeli panellerde yatay kesit bağımlılığı hipotezinin test edildiği test istatistiği;

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N - (N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij} \right) \quad (3.6.)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır. Dengesiz paneller için ise

$$CD = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \sqrt{T_{ij}} \hat{p}_{ij} \right) \quad (3.7.)$$

Denklemdaki $T_{ij} = \min(T_i, T_j)$ temsil etmektedir. y_{it} ve x_{it} 'nin tüm ortalamaları zamanla değişmediği ve değişkenler simetrik olarak dağıldığı sürece CD_{LM} test istatistiğinden farklı olarak yukarıdaki istatistik, eğim katsayılarında ve hata varyanslarında birden fazla kırılmanın olduğu heterojen dinamik modellerde dahil olmak

üzere, panel veri modellerinin geniş bir sınıfı altında sabit T ve N değerleri için sıfır ortalamasına sahiptir.

3.1.2. Homojenlik Testi

Pesaran ve Yamagata (2008) testi, Swamy (1970) eğim katsayılarının homojenlik testini temel alarak geliştirdikleri bir homojenlik testidir. Swamy (1970) eğim homojenliği testini, uygun havuzlanmış tahminciden tahmin edilen bireysel eğimlerin dağılımına dayandırmaktadır. F testi gibi Swamy homojenlik testi de N'nin T'ye göre küçük olduğu paneller için geliştirilmiştir. Fakat yatay kesitler için değişen varyansa izin vermektedir (Yüksel, 2022). Eğim katsayılarına uygulanan Swamy istatistiği aşağıdaki gibidir (Pesaran & Yamagata, 2008).

$$\hat{S} = \sum_{i=1}^N (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE})' \frac{X_i' M_\tau X_i}{\hat{\sigma}_i^2} (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE}), \quad (3.8.)$$

Burada,

$$\hat{\sigma}_i^2 = \frac{(y_i - x_i \hat{\beta}_i)' M_\tau (y_i - x_i \hat{\beta}_i)}{T - k - 1}, \quad (3.9.)$$

Ve

$$\hat{\beta}_{WFE} = \left(\sum_{i=1}^N \frac{X_i' M_\tau X_i}{\hat{\sigma}_i^2} \right)^{-1} \sum_{i=1}^N \frac{X_i' M_\tau X_i}{\hat{\sigma}_i^2}, \quad (3.10.)$$

$\hat{\beta}_{WFE}$ tarafından tanımlanan eğim katsayılarının ağırlıklandırılmış Sabit Etkiler Model'inin (Weighted Fixed Effect) havuzlanmış tahmincisidir. N'nin sabit T'nin ise sonsuza gittiği H_0 Swamy istatistiği altında $\hat{S}, k(n-1)$ bağımsızlık derecesi ile asimptotik ki-kare dağılımıdır (Pesaran & Yamagata, 2008).

Pesaran ve Yamagata (2008) testinde kullanılan $\hat{\Delta}$ istatistiği Swamy istatistiğindeki \hat{S} 'nin, $\tilde{\Delta}$ ise bireysel yatay kesit birimlerinin regresyon standart hatalarının hesaplanması için En Küçük Kareler tahmincisi yerine Havuzlanmış Sabit Etkiler kullanılan Swamy testinin değiştirilmiş modeline dayanmaktadır.

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_i' X_{it} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, N \text{ ve } t = 1, 2, \dots, T \quad (3.11.)$$

Şeklindeki genel ekonometrik modelde β_i eğim katsayılarının yatay kesitler arasında farklı olup olmadığını test etmektedir (Yüksel, 2022).

Testin hipotezi;

$H_0, s. \beta_i = \beta$ Eğim katsayıları homojendir.

$H_1, s. \beta_i \neq \beta$ Eğim katsayıları homojen değil veya heterojendir.

Şeklindedir (Pesaran & Yamagata, 2008).

Pesaran ve Yamagata (2008)'nin katsayıların homojenliğini test etmek için ürettikleri $\hat{\Delta}, \tilde{\Delta}, \hat{\Delta}_{adj}$ ve $\tilde{\Delta}_{adj}$ istatistiklerini hesapladıkları çalışmalarında $\tilde{\Delta}$ ve $\tilde{\Delta}_{adj}$ 'ın daha iyi sonuçlar verdikleri sonucunu ortaya koymuştur. Büyük örneklem için H_0 altında $(N, T) \rightarrow \infty$ VE $\sqrt{N/T} \rightarrow 0$ olmak üzere standart dağılım için hesaplanan $\tilde{\Delta}$ formülü:

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (3.12.)$$

Şeklindedir.

$\tilde{\Delta}$ dağılım testi küçük örneklem özellikleri ise ortalama ve varyans sapması için düzenlenip $\tilde{\Delta}_{adj}$ normal dağılımlı hatalar altında geliştirilmiştir (Pesaran & Yamagata, 2008).

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - E(\tilde{z}_{it})}{\sqrt{\text{var}(\tilde{z}_{it})}} \right) \quad (3.13.)$$

$$E(\tilde{z}_{it}) = k, \text{var}(\tilde{z}_{it}) = \frac{2k(T - k - 1)}{(T + 1)} \quad (3.14.)$$

Formüllerde yer alan N yatay kesit sayısını ifade ederken, \tilde{S} Swamy S test istatistiğini, k bağımsız değişken sayısını, $\text{var}(\tilde{z}_{it})$ ise standart hatayı ifade etmektedir.

3.1.3. Modelin Korelasyon Katsayısı

Gujarati ve Porter (2012), ilişkili (korelasyon) katsayısını, r^2 ile çok yakın ilişkili ama aynı zamanda kavramsal olarak da ondan çok farklı bir büyüklük olarak tanımlamaktadır. Bu iki değişken arasındaki ilişkinin ölçüsüdür. Hesaplanması için ise;

$$r = \sqrt{r^2} \quad (3.15.)$$

Eşitliği ya da

$$r = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{(\sum x_i^2)(\sum y_i^2)}} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (3.16.)$$

Yukarıda verilen tanımlamalar, Örneklem ilişki (korelasyon) katsayısı olarak bilinmektedir.

r artı ya da eksi değerli olmakla birlikte $-1 \leq r \leq +1$ arasında yer alır. X ile Y arasındaki korelasyon katsayısı (r_{xy}), Y ile X arasındaki korelasyon katsayısına (r_{yx}) eşittir. $a > 0$, $b > 0$ ve c ile d Sabit iken $X_i^* = aX_i + C$ ve $Y_i^* = bY_i + d$, olarak tanımlansa, X^* ile Y^* arasındaki r , ilk değişkenler X ile Y arasındaki korelasyona eşit, yani sıfır noktasından ve ölçekten bağımsızdır. X ile Y istatistiki anlamda bağımsız ise, aralarındaki korelasyon katsayısı bağımsızdır. Ancak $r = 0$ iken iki değişken de sıfırdır denilemez. Başka bir ifade ile sıfır korelasyon bağımsızlık göstermez. İki değişken arasında doğrusal ilişkinin ölçüsüdür. Doğrusal olmayan ilişkileri belirtmede hiçbir anlamı yoktur. Bu nedenle $Y = X^2$ kesin bir ilişki olmasına karşılık olarak r sıfırdır. İki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin bir ölçüsü olmakla birlikte herhangi bir neden-sonuç ilişkisi olduğu anlamına gelmez. İlişki bağlamında r^2 , r 'den daha anlamlıdır. Çünkü bağımlı değişkendeki oynaklığın açıklayıcı değişkenler tarafından açıklanan oranını verir. Dolayısıyla bir değişkendeki oynaklığın, öteki değişkendeki oynaklığı belirleme gücünün bir ölçüsüdür. Daha önce tanımlanan r^2 , gözlemlenen Y_i ile tahmin edilen \hat{Y}_i arasındaki korelasyon katsayısının karesi:

$$r^2 = \frac{[\sum (Y_i - \bar{Y})(\hat{Y}_i - \bar{Y})]^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2 \sum ((\hat{Y}_i - \bar{Y}))^2} \quad (3.17.)$$

Olarak da hesaplanabilmektedir (Gujarati & Porter , 2012).

3.1.4. Hausman Testi

Hausman (1978) testinden, Panel regresyon tahmininde sabit etki ve rassal etki yaklaşımlarından hangisinin modeller için uygun olup olmadığı tespitinde faydalanılmıştır. Her iki yöntem arasındaki en büyük farklardan biri de birim etkilerin bağımsız değişkenlerle korelasyonlu olup olmadığıdır (Güleç & Bahadır , 2021). Hausman (1978) tarafından önerilen bağımsız değişkenler ve hata terimleri arasında korelasyon bulunması halinde sabit etkiler tahmincileri tutarlı tahmin edilmekte fakat Rassal etkiler modeli ile elde edilen tahminciler tutarsız tahminci olmaktadır (Arslan , 2021).

Hausman testinin hipotezleri aşağıda verilmektedir ve k serbestlik dereceli χ^2 dağılımına uygun istatistik değeri yardımıyla test edilmektedir (k =gözlem sayısı).

$$H_0 : E(ui|Xit) = 0, \text{ Birim ve zaman etkileri tesadüfidir.}$$

$$H_A : E(ui|Xit) \neq 0, \text{ Birim ve zaman etkileri sabittir.}$$

Hausman test istatistiği genelleştirilmiş en küçük kareler tahmincisi ve grup içi tahmincinin varyans-kovaryans matrislerinin farkı yardımıyla elde edilmektedir (Arslan , 2021).

Hipoteze göre Hausman (1978) testi sonuçlarında olasılık değerinin 0,05 önem düzeyinden yüksek olması durumunda H_0 hipotezi kabul edilmeli yani Rassal Etkiler (RE) modeli geçerli olmalı, küçük olması durumunda ise H_1 hipotezi kabul edilmeli yani Sabit Etkiler (FE) modeli geçerli olmalıdır (Güleç & Bahadır , 2021).

3.1.5. Rassal Etkiler GLS Regresyonu

Rassal etkiler modeli, sabit etkiler modelinden farklı olarak varlıklar arasındaki varyasyonun rassal olduğu ve modele dahil edilen tahmin edici veya bağımsız değişkenlerle ilişkisiz olduğu varsayılır: sabit ve rassal etkiler arasındaki en önemli ayırım, bu etkilerin stokastik olup olmadığı değil, gözlemlenmemiş bireysel etkinin modeldeki

açıklayıcı değişkenlerle ilişkili unsurları bünyesinde barındırıp barındırmadığıdır. Rassal etkilerin başka bir avantajı, zamanla değişmeyen değişkenleri (ör. cinsiyet) dahil edilebilmesidir. Sabit etkiler modelinde bu değişkenler kesişme noktası tarafından emilir (Torres-Reyna, 2007).

Rastgele etkiler modeli:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \alpha + u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.18.)$$

Şeklindedir (Torres-Reyna, 2007).

Rassal etkiler, varlığın hata teriminin, zamanla değişmeyen değişkenlerin açıklayıcı değişkenler olarak rol oynamasına izin veren tahmincilerle ilişkili olmadığını varsayar. Rassal etkilerde, öngörücü değişkenleri etkileyebilecek veya etkilemeyecek bireysel özellikleri belirtmeniz gerekir. Bununla ilgili sorun, bazı değişkenlerin mevcut olmaması ve bu nedenle modelde ihmal edilen değişken yanlılığına yol açmasıdır. Rassal etkiler, modelde kullanılan örneğin ötesinde çıkarımların genelleştirilmesine izin verir (Torres-Reyna, 2007).

3.1.6. Panel Birim Kök Testleri

Çalışmada yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testlerinden Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF ve CIPS birim kök testleri kullanılmıştır. Pesaran (2007), tahmin edilen faktör yüklerinden üretilen birim kök testleri yerine bireysel serilere standart DF ve ADF testlerinin gecikmeli düzeyleri ve birinci farklarının yatay kesit ortalamalarını eklemiştir. Yatay kesit genişletilmiş Dickey Fuller (CADF) olarak isimlendirdiği bu yöntemin önemli avantajlarından biri küçük boyutlu N ve T değerleri için de güçlü sonuçlar veriyor olmasıdır. Dinamik heterojen panel veri modeli aşağıda verilmiştir.

$$y_{it} = (1 - \phi_i)\mu_i + \phi_i y_{i,t-1} + u_{it}, \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (3.19.)$$

y_{i0} Başlangıç değeri olarak sonlu bir ortalama ve varyanslı yoğunluk fonksiyonuna sahip ve u_{it} tek faktör yapısına sahip hata terimi olduğunda, f_t gözlemlenemeyen faktörler ve ε_{it} bireysel verilere has hata terimi olmak üzere aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir.

$$u_{it} = \gamma_i f_t + \varepsilon_{it} \quad (3.20.)$$

Bu iki denklem kullanılarak, $\alpha_i = (1 - \phi_i)\mu_i$, $\beta_i = -(1 - \phi_i)$ ve $\Delta y_{it} = y_{it} - y_{i,t-1}$ olmak üzere denklem,

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \gamma_i f_t + \varepsilon_{it} \quad \text{\textit{\textless}}\text{eklinde tekrar yazılabilmektedir.}$$

Birim kök testinin hipotezleri;

$$H_0, s. \beta_i = 0 \quad (\text{tüm } i' \text{ler için}) \quad (3.21.)$$

$$H_1, s. \beta_i < 0 \quad (i = 1, 2, \dots, N_1), \beta_i = 0 \quad (i = N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N) \quad (3.22.)$$

\text{Şeklinde olmakla birlikte bu hipotezler, } H_0: \text{Seriler birim kök içermektedir. ve } H_1: \text{Seriler birim kök içermemektedir. Anlamını ifade etmektedir. } u_{it}'\text{nin otokorelasyonsuz olduğu durumda } \bar{y}_t \text{ ve } \bar{y}_{t-1} \text{ değerleri gözlemlenemeyen ortak faktörlerin yani } f_t'\text{nin etkisini asimptotik olarak filtrelemekte yeterlidir. Bu bağlamda CADF regresyon denklemi, } b_i'\text{nin En Küçük Kareler (EKK) tahmincisinin } \hat{b}_i \text{ t istatistiğine dayanmakta olup denklem aşağıdaki gibidir:}

$$\Delta y_{it} = a_i + b_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{y}_t + e_{it} \quad (3.23.)$$

t istatistiği ise $\hat{\sigma}_i^2 = \frac{\Delta y_i' \mu_{i,w} \Delta y_i}{T-4}$ olmak üzere,

$$t_i(N, T) = \frac{\Delta y_i' \bar{\mu}_{i,w} y_{i,-1}}{\hat{\sigma}_i (y_{i,-1}' \bar{\mu}_{i,w} y_{i,-1})^{1/2}} \quad (3.24)$$

\text{Şeklinde hesaplanır. Kritik değerler Pesaran (2007) tarafından tablolastırılmıştır.}

CADF regresyonunda tanımlanan $y_{i,t-1}$ 'in katsayısının t istatistiği ile elde edilen i. yatay kesit birimi için CADF test istatistiği olan $t_i(N, T)$ ortalaması ve Im, Pesaran, Shin (IPS) testinin yatay kesit genişletilmiş hali olan CIPS testi ile panelin genelinde birim kökün varlığı,

$$CIPS(N, T) = t - bar = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (3.25.)$$

\text{Şeklinde hesaplanmaktadır (Pesaran, 2007).}

3.1.7. Kao Eşbütünleşme Testi

Kao (1999), panel veride iki tür eşbütünleşme testi sunmuştur: DF ve ADF türleri testleri. Kao'nun DF tipi testleri, şu şekilde hesaplanabilir:

$$\hat{e}_{it} = \rho \hat{e}_{it-1} + v_{it}, \quad (3.26.)$$

Burada

$$\hat{e}_{it} = \tilde{y}_{it} - \tilde{x}'_{it} \hat{\beta}. \quad (3.27.)$$

Kao Eşbütünleşme testinde “Eşbütünleşme yok” sıfır hipotezi $H_0: \rho = 1$. Olarak yazılır. OLS tahmini ve t-istatistik şu şekilde verilir:

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it} \hat{e}_{it-1}}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it}^2} \quad (3.28.)$$

Ve

$$t_{\rho} = \frac{(\hat{\rho} - 1) \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2}}{s_e} \quad (3.29.)$$

Burada

$$s_e^2 = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T (\hat{e}_{it} - \hat{\rho} \hat{e}_{it-1})^2 \quad (3.30.)$$

Kao, $z_{it} = \{\mu_i\}$ varsayarak aşağıdaki dört farklı DF tipi testleri önermiştir.

$$DF_{\rho} = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho} - 1) + 3\sqrt{N}}{\sqrt{10.2}}, \quad (3.31.)$$

$$DF_t = \sqrt{1.25t_{\rho} + \sqrt{1.875N}}, \quad (3.32.)$$

$$DF_{\rho}^* = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho} - 1) + \frac{3\sqrt{N}\sigma_U^2}{\hat{\sigma}_{0U}^2}}{\sqrt{3 + \frac{3\hat{\sigma}_U^4}{\hat{\sigma}_{0U}^4}}} \quad (3.33.)$$

ve

$$DF_T^* = \frac{tp \frac{\sqrt{6} N \hat{\sigma}_U}{2 \hat{\rho}_{0U}}}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{0U}^2}{2 \hat{\sigma}_U^2} + \frac{3 \hat{\sigma}_U^2}{10 \hat{\sigma}_{0U}^2}}} \quad (3.34.)$$

Burada $\hat{\sigma}_v^2 = \hat{\Sigma}_u - \hat{\Sigma}_{u\varepsilon} \hat{\Sigma}_\varepsilon^{-1}$ ve $\hat{\sigma}_{0u}^2 = \hat{\Omega}_u - \hat{\Omega}_{u\varepsilon} \hat{\Omega}_\varepsilon^{-1}$ DF_ρ ve DF_t , açıklayıcı değişkenlerin ve hataların güçlü dışsallığına dayanırken, DF_ρ^* ve DF_t^* açıklayıcı değişkenler ve hatalar arasındaki içsel ilişki ile eşbütünleşme içindir. ADF testi için aşağıdaki regresyon çalıştırılabilir.

$$\hat{E}_{it} = \rho \hat{e}_{it-1} + \sum_{j=1}^{\rho} \vartheta_j \Delta \hat{e}_{it-j} + v_{itp*} \quad (3.35.)$$

Eşbütünleşmenin olmadığı sıfır hipotezi ile ADF test istatistikleri şu şekilde oluşturulabilir.

$$ADF = \frac{t_{ADF} + \frac{\sqrt{6} N \hat{\sigma}_U}{2 \hat{\rho}_{0U}}}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{0U}^2}{2 \hat{\sigma}_U^2} + \frac{3 \hat{\sigma}_U^2}{10 \hat{\sigma}_{0U}^2}}} \quad (3.36.)$$

Burada t_{ADF} , (3.36)'daki t istatistiğidir. DF_ρ , DF_t , DF_ρ^* ve DF_t^* ADF'nin asimptotik dağılımları, sıralı limit teorisi ile standart bir normal dağılım $N(0,1)$ 'e yakınsar.

3.1.8. Dumitrescu ve Hurlin (2012) Nedensellik Testi

Dumitrescu ve Hurlin (2012), T periyotlarında N birey için gözlenen iki durağan değişken olan x ve y ile göstermektedir. Her birey için $i = 1, \dots, N$ ve $t = 1, \dots, T$ zamanında, aşağıdaki doğrusal model göz önünde bulundurulmaktadır.

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^{(k)} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^{(k)} x_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (3.37.)$$

$K \in N^*$ ve $\beta_i = (\beta_i^{(1)}, \dots, \beta_i^{(K)})'$ ile basitlik için, α_i 'nin bireysel etkilerinin zaman boyutunda sabitlenmesi beklenir. Hem bireysel süreçlerin başlangıç koşulları $(y_i, -K, \dots, y_{i,0})$ ve $(x_i - K, \dots, x_{i,0})$ hem de $y_{i,t}$ ve $x_{i,t}$ için başlangıç koşulları verilir ve gözlemlenebilir. K gecikme emirlerinin panelin tüm kesit birimleri için aynı olduğunu ve panelin dengeli olduğu varsayılmaktadır. Ek olarak, Otoregresif parametrelerin $\gamma_i^{(k)}$ ve regresyon katsayılarının eğimlerinin $\beta_i^{(k)}$ 'nin gruplar arasında farklılık göstermesine izin vermektedir. Bununla birlikte, $\gamma_i^{(k)}$ ve $\beta_i^{(k)}$ parametreleri zaman içinde sabittir. Bu model rastgele bir katsayı modeli olmamakla birlikte bireysel etkilere sahip sabit kat sayılar modelidir (Dumitrescu & Hurlin, 2012).

Dumitrescu ve Hurlin (2012), Sıfır hipotezi:

$$H_0: \beta_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (3.38.)$$

$$H_1: \beta_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N_1 \quad \beta_i \neq 0 \quad \forall i = N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N \quad (3.39.)$$

Şeklinde H_0 : Bütün kesitler için x 'den y 'ye nedensellik yoktur.

H_1 : Bazı kesitler için x 'den y 'ye nedensellik ilişkisi vardır. İfade edilmektedir.

Burada $N = 0$ olduğunda, örneklemdaki tüm bireyler için nedensellik vardır. Sıfır hipotezi kabul edilirse, x değişkeni, panelin tüm birimleri için y değişkenine neden olmaz. Bu duruma karşılık, sıfır hipotezinin reddedildiği ve $N_1 = 0$ olduğu varsayılırsa, x Granger'ın panelin tüm bireyleri için y 'ye neden olduğunu görülmüştür: bu durumda nedensellik söz konusu olduğunda homojen bir sonuç elde edilir. Yani parametrelerin tahmincileri gruplar arasında farklılık gösterir, ancak nedensellik ilişkileri tüm bireyler için gözlemlenir. Bu durumun aksine, $N_1 > 0$, nedensellik ilişkisi heterojendir:

Regresyon modeli ve nedensellik ilişkileri bir bireyden örneklemden diğerine farklıdır (Dumitrescu & Hurlin, 2012).

3.2. Veri Seti ve Yöntem

Araştırmanın ekonometrik analizinin yapıldığı bu bölümde 1990-2015 yılları arasındaki dönemlere ait 20 AB ülkesi ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi,

yenilenebilir enerji üretimi ve fosil yakıt üretiminin; iki analiz yöntemi ile Cari Açık ve Tasarruf içindeki payı ve nedensellik ilişkisinin olup olmadığı araştırılmaktadır. Araştırmada, AB ülkelerinden 20 ülke alınmasının nedeni verilerin kısıtlı olmasının ve zamansal dönemin ülke sayısı arttıkça azalmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 3.2. Analizde yer alan AB ülkeleri ve Türkiye

Almanya	Hollanda	Polonya
Bulgaristan	İspanya	Portekiz
Çek Cumhuriyeti	İsveç	Romanya
Danimarka	İtalya	Slovakya
Estonya	Letonya	Slovenya
Finlandiya	Litvanya	Yunanistan
Fransa	Macaristan	Türkiye

Bu çalışmada, GSYT, REC, REP ve FEP ve CİD, REC, REP ve FEP değişkenleri arasında nedensellik ilişkisi panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu doğrultuda ilk olarak çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin yatay kesit bağımlılığı; Breusch-Pagan (1980) LM testi, Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) yanlılık uyarlı LM testi ve Pesaran (2004) CD testleri ile test edilmiştir. Yatay kesit bağımlılığı sonucuna göre serilerin durağanlığını test etmek için Pesaran (2007) 2. Nesil birim kök (CIPS) testi kullanılmıştır. Son olarak çalışmada değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığını ve yönünü test etmek için Dumitrescu-Hurlin (2012) Nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Bu bağlamda çalışmanın bu bölümünde yatay kesit bağımlılığı, 2. Nesil birim kök testi ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmış ve sonuçları açıklanmıştır.

Analizi yapılacak 20 AB ülkesi ve Türkiye'nin bulunduğu ülke grubunun, 26 yıllık zaman periyodu (1990-2015 yılları arası) hareketle tüm değişkenlerin yardımıyla tahmin edilen klasik panel veri modellerinin denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$GSYT_{it} = \beta_{0it} + \beta_1 FEP_{it} + \beta_2 REC_{it} + \beta_3 REP_{it} + u_{it} \quad (3.40.)$$

$$i = 1, 2, \dots, 21$$

$$t = 1, 2, \dots, 26$$

$$CID_{it} = \beta_{0it} + \beta_1 FEP_{it} + \beta_2 REC_{it} + \beta_3 REP_{it} + u_{it} \quad (3.41.)$$

$$i = 1,2, \dots, 21$$

$$t = 1,2, \dots, 26$$

Tablo 3.3. Çalışmada kullanılan değişkenler ve açıklamaları

Değişkenler	Kısaltmalar	Açıklama	Veri Kaynağı	Dönem
Gayri Safi Yurtiçi Tasarruf	GSYT	GSYH'nin Yüzdesi (Yıllık)	Dünya Bankası (WB)	1990-2015
Cari İşlemler Dengesi	CİD	GSYH'nin Yüzdesi (Yıllık)	Dünya Bankası (WB)	1990-2015
Yenilenebilir Enerji Üretimi	YEP	Toplam elektrik üretiminin yüzdesi (Yıllık)	Dünya Bankası (WB)	1990-2015
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	YEC	Toplam nihai tüketiminin yüzdesi (Yıllık)	Dünya Bankası (WB)	1990-2015
Fosil Enerji Üretimi	FEP	Kömür petrol ve doğal gaz kaynaklarının toplam elektrik üretiminin yüzdesi alınmıştır. (Yıllık)	Dünya Bankası (WB)	1990-2015

Araştırmanın modelinde bulunan değişkenlerin hepsi Dünya Bankası'ndan alınmıştır. Araştırmada bağımlı değişkenleri “CİD” ve “GSYT” olan iki farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Gayri Safi Yurtiçi Tasarruf “GSYT” GSYH'nin Yüzdesi ve Cari İşlemler Dengesi “CİD” GSYH'nin Yüzdesi alınmıştır. Yenilenebilir Enerji Tüketimi “REC” yıllık olarak toplam nihai tüketiminin yüzdesi alınmıştır. Yenilenebilir Enerji Üretimi “REP” yıllık olarak toplam elektrik üretiminin yüzdesi alınmıştır. Fosil Enerji Üretimi “FEP” yıllık olarak kömür petrol ve doğal gaz kaynaklarının toplam elektrik üretiminin yüzdesi alınmıştır. Denklemden “u” değişkeni hata terimini temsil etmekte olup, sağ alt kısımda bulunan “it” indisinde “i” ülkeyi ve “t” ise zaman olarak gösterilmektedir.

3.2.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışmada kullanılan veri setine ait ortalama, maksimum, minimum, standart hata, olasılık ve gözlem sayısı tabloda belirtilmiştir.

Tablo 3.4. Bağımlı değişkenin CID olduğu özet ve tanımlayıcı istatistikler

	Ortalama	Maksimum	Minimum	Standart Hata	Olasılık	Gözlem
CİD	4.22E+00	2.57E+01	6.50E-03	3.63E+00	0.000	546
REC	14.89863	51.91	1.169572	10.55735	0.000	546
REP	20.23594	74.4868	0.000	17.36052	0.000	546
FEP	52.01881	98.75386	1.039374	27.84572	0.000	546

Tablo 3.5. Bağımlı değişkenin GSYT olduğu özet ve tanımlayıcı istatistikler

	Ortalama	Maksimum	Minimum	Standart Hata	Olasılık	Gözlem
GSYT	2.24E+01	3.48E+01	7.521804	5.491527	0.000	546
REC	14.89863	51.91	1.169572	10.55735	0.000	546
REP	20.23594	74.4868	0.000	17.36052	0.000	546
FEP	52.01881	98.75386	1.039	27.84572	0.000	546

Analizde kullanılan veriler World Bank Data resmî sitesinden alınmıştır. Çalışmada yapılan analizlerde Eviews12 ve Stata15 paket programları kullanılmıştır.

3.2.2. Yatay Kesit Bağımlılığının Test Edilmesi

Bu çalışmada, Breusch-Pagan (1980) LM Testi, Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) Bias-adjusted LM Test ve Pesaran (2004) CD Test uygulanmıştır. Söz konusu değişkenler için yapılan yatay kesit bağımlılığı testine ait hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H_1 : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Tablo 3.6. Bağımlı değişkeni CID olan yatay kesit bağımlılığı testi

Test	İstatistik	Prob.
Breusch-Pagan LM	527.9	0.000***
Bias-adjusted LM	37.52	0.000***
Pesaran CD	8.34	0.000***

Not: (***) %1 Anlam seviyesini ifade etmektedir.

Tablo 3.7. Bağımlı değişkeni GSYT olan yatay kesit bağımlılığı testi

Test	İstatistik	Prob.
Breusch-Pagan LM	724.4	0.000***
Bias-adjusted LM	62.22	0.000***
Pesaran CD	16.97	0.000***

Not: (***) %1 Anlam seviyesini ifade etmektedir.

Tablo 3.6. ve 3.7.'ye göre tüm değişkenlerin p değerleri incelendiğinde %1 kritik değer düzeyinden küçük olduğu gözlemlenmektedir. Dolayısıyla, kesitler arası bağımlılık olmadığını ifade eden H_0 hipotezi reddedilmiş ve yatay kesit bağımlılığının tüm değişkenler için var olduğu gözlemlenmiştir.

Her iki analizde de yer alan yatay kesit bağımlılığı test sonuçlarına göre %1 anlamlılık düzeyinde kesitler arası bağımlılık olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak, bir ülkede ortaya çıkan bir değişiklik diğer ülkeleri de beraberinde etkileyecektir. Kesitler arası bağımlılık dikkate alınmadığında, makro ekonomik şokların paneli oluşturan tüm ülkeleri aynı şekilde etkilediği varsayımı benimsenmiş demektir. Ancak bu literatürde karşılaşılan bir durum söz konusu değildir. Dolayısıyla, bulguların etkin ve sağlıklı olması için kesitler arası bağımlılığı dikkate alan 2. Nesil panel birim kök testlerinin uygulanması daha uygun bir yöntemdir (Nazlıoğlu, 2010).

3.2.3 Homojenlik testi sonuçları

Homojenlik testi, söz konusu analizlerde yer verilen ülkelerin birinde gerçekleşen etkinin değişimi ile diğer ülkelerin aynı seviyede etkilenip etkilenmediğini test etmektedir. Dolayısıyla, ekonomik düzeyleri birbirinden farklı yapıda olan ülkeler için oluşturulan modellerde katsayıların heterojen olması beklenirken, ekonomik düzeyleri benzer yapıda olan ülkeler için katsayıların homojen olması beklenir. Model seçiminde uygun testlerle devam edebilmek adına homojenlik testi uygulanmalıdır (Kar , Ağır , & Türkmen , 2019). Bu çalışmada, modelin Eğim katsayılarının homojen ya da heterojenliğini incelemek için kullanılan Pesaran ve Yamagata (2008)'nın geliştirdiği homojenlik testi sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Testin hipotezi;

$H_0, s. \beta_i = \beta$ Eğim katsayıları homojendir.

$H_1, s. \beta_i \neq \beta$ Eğim katsayıları homojen değil veya heterojendir.

Şeklindedir (Pesaran & Yamagata, 2008).

Tablo 3.8. Bağımlı değişkeni CİD olan homojenlik testi

	Delta	P-Value
Delta	11.212	0.000***
Delta_{adj.}	12.475	0.000***

Not: (***) %1 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 3.9. Bağımlı değişkeni GSYT olan homojenlik testi

	Delta	P-Value
Delta	14.477	0.000***
Delta_{adj.}	16.109	0.000***

Not: (***) %1 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 3.8. ve 3.9.'da verilen test sonuçlarına göre her iki analizde de sıfır hipotezi (H_0) %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiş ve parametrelerin homojen olmadığı birimden birime değiştiği diğer bir ifade ile heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda, REC, REP ve FEP değişkenlerinde meydana gelen bir değişiklik GSYT ve CİD üzerindeki etkisinin ülkeden ülkeye farklılık gösterdiğini göz önüne sermektedir. Dolayısıyla, uygulanacak olan birim kök testlerinde yatay kesit bağımlılığını dikkate alan 2. Nesil birim kök testleri gibi heterojenliği de dikkate alan testler kullanılacaktır.

3.2.4. Değişkenler Arası Korelasyon Matrisi

Çalışmada panel veri analizine başlamadan önce bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorunu olup olmadığı incelenmelidir. Bağımsız değişkenler arasında kuvvetli ilişkilerin olması bağlantı ya da çoklu doğrusal bağlantı olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak regresyon analizinde istenmeyen durumlar

gözlemlenebilmektedir. Bu durumda bağımsız değişkenler birbirleriyle bağlantılı ise bu değişkenlerden bazılarının çıkarılması gerekmektedir. Eğer iki değişken arasındaki basit korelasyon katsayısı 1 değerine yaklaşıyorsa çoklu doğrusal bağlantı sorunu var denilmektedir (Kasım, 2019). Dolayısıyla analize geçilmeden çoklu doğrusal bağlantı sorunu olup olmadığı gözlenmesi amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır.

Çoklu bağlantı testi için, bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı ile gösterilir. Bağımsız değişkenler arasındaki kısmi korelasyon değerinin 0,8'den büyük olması bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı olduğu anlamına gelir (Gujarati & Porter , 2012). Tablo 3.6. ve 3.7. bağımsız değişkenler arasındaki 0,8'den küçük kısmi korelasyon değerini gösterir, yani çoklu bağlantı yoktur.

Tablo 3.10. Bağımlı değişkenin GSYT olduğu korelasyon matrisi

	GSYT	REC	REP	FEP
GSYT	1.0000			
REC	0.0102	1.0000		
REP	-0.1121	0.8105	1.0000	
FEP	-0.0871	-0.5289	-0.3267	1.0000

Tablo 3.10.'da bağımlı değişkenin tasarruf olduğu korelasyon analizinden elde edilen katsayı verileri gösterilmektedir. Yenilenebilir Enerji Tüketimi (REC) ile Gayri Safi Yurtiçi Tasarruf (GSYT) arasında korelasyon değeri (0.0102) değişkenler arasında sıfıra çok yakın pozitif ve çok zayıf bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte Yenilenebilir Enerji Üretimi (REP) ile GSYT arasında (-0.1121) sıfıra yakın negatif ve çok zayıf bir ilişki vardır. REP ile REC arasında (0.8105) bire yakın pozitif yönlü bir korelasyon vardır. Fosil Enerji Üretimi (FEP) ile GSYT arasında (-0.0871) negatif yönlü sıfıra çok yakın bir korelasyon vardır. FEP ile REC arasında (-0.5289) sıfıra yakın negatif yönlü ve zayıf bir korelasyon vardır. FEP ile REP arasında (-0.3267) negatif yönlü ve zayıf bir korelasyon vardır.

Değişkenlerin arasındaki basit çoklu korelasyon katsayı değerlerine bakıldığında, değerlerin arasında çok yüksek bir katsayı olmamakla birlikte çoklu doğrusal bağlantı sorunu da bulunmamaktadır.

Tablo 3.11. Bağımlı değişkenin CİD olduğu korelasyon matrisi

	MCİD	MREC	MREP	MFEP
MCİD	1.0000			
MREC	0.0830	1.0000		
MREP	-0.0074	0.8105	1.0000	
MFEP	-0.0339	-0.5289	-0.3267	1.0000

Tablo 3.11.'de bağımlı değişkenin Cari Dengenin olduğu korelasyon testinden elde edilen katsayı verileri verilmektedir. Yenilenebilir Enerji Tüketimi (REC) ile Cari İşlemler Dengesi (CİD) arasında korelasyon değeri (0.0830) değişkenler arasında sıfıra çok yakın pozitif ve çok zayıf bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte Yenilenebilir Enerji Üretimi (REP) ile CİD arasında (-0.0074) sıfıra çok yakın negatif ve çok zayıf bir ilişki vardır. REP ile REC arasında (0.8105) bire yakın pozitif yönlü bir korelasyon vardır. Fosil Enerji Üretimi (FEP) ile CİD arasında (-0.0339) negatif yönlü sıfıra çok yakın bir korelasyon vardır. FEP ile REC arasında (-0.5289) sıfıra yakın negatif yönlü ve zayıf bir korelasyon vardır. FEP ile REP arasında (-0.3267) negatif yönlü ve zayıf bir korelasyon vardır.

Değişkenlerin arasındaki basit çoklu korelasyon katsayı değerlerine bakıldığında, her iki tabloda da bağımsız değişkenler arasında REP ile REC arasında kısmi korelasyon katsayısı %80 in üzerindedir. Bu sebeple yapılacak analizlerde bu iki bağımsız değişken aynı modele bağımsız değişken olarak eklenmeyecektir.

3.2.5. Hausman Test Sonuçları

Panel veri analizinde geçerli olan modelin belirlenebilmesi için Hausman (1978) testi uygulanmıştır. Hausman testinde sıfır hipotezi (H_0) “Birim ve zaman etkileri tesadüfidir.” Şeklinde ve sıfır hipotezi (H_0) reddedilememesi halinde rassal etkiler tahmincilerinin kullanılması uygundur (Arslan , 2021).

Tablo 3.12. Bağımlı değişken CİD olan Hausman testi

Test	Chi2(3)	Olasılık
Hausman Test	5.27	0.1532***

Not: (***) %1 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 3.13. Bağımlı değişken GSYT olan Hausman testi

Test	Chi2(3)	Olasılık
Hausman Test	6.62	0.0851***

Not: (***) %1 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 3.12. ve 3.13.'de bağımlı değişkeni cari denge ve gayri safi yurtiçi tasarruf olan Hausman test sonuçlarına göre sıfır hipotezi (H_0) %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Sabit etkiler tahminçileri tutarsız ve rassal etkiler tahminçileri geçerlidir.

3.2.6. Rassal Etkiler GLS Regresyonu

Rassal Etkiler GLS Regresyonu hipotezi; “ H_0 : Rassal etkiler modeli etkindir.” Ve “ H_1 : Rassal etkiler modeli etkin değildir.” Şeklindedir (Torres-Reyna, 2007).

Tablo 3.10. ve 3.11.'e bakıldığında bağımsız değişkenler arasında REP ile REC arasında kısmi korelasyon katsayısı %80 in üzerinde bulunmuştur. Bu sebeple yapılacak analizlerde bu iki bağımsız değişkenin aynı modele bağımsız değişken olarak eklenmeyeceği üzerinde durulmuştur. Dolayısıyla bu iki bağımsız baz alarak iki farklı Rassal etkiler GLS Regresyonu testi yapılmıştır.

Tablo 3.14. Bağımlı değişken DCİD olan Rassal Etkiler GLS Regresyon testi

Bağımlı Değişken: DCİD	Katsayı	Standart Hata	z	P> z	
DREP	0.0012197	0.0379683	0.03	0.974	
DFEP	-0.05443	0.0312442	-1.74	0.081*	
SABİT	0.0940013	0.1200121	-0.78	0.433	
Gözlem Sayısı	=	525	R-sq:	Within =	0.011
Prob > chi2	=	0.060		Between =	0.046
Wald chi2(3)	=	5.62		Overall =	0.011
Sigma_u	=	0			

Not: (***) %1, (**) %5 ve (*) %10 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Rassal Etkiler GLS Regresyonu Test sonuçlarına göre; tüm değişken katsayıları ve modelin geneli %1 anlamlılık düzeyine göre istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Fosil enerji üretimi %10 anlam düzeyinde anlamlı olduğu gözlemlenmektedir. Ancak

çalışmada %1 ve %5 anlamlılık düzeyi baz alınmaktadır. Dolayısıyla, H_0 reddedilemez, yani rassal etkiler modeli etkindir. Yenilenebilir enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, cari işlemler dengesini %0.12 artırmaktadır. Fosil enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, cari işlemler dengesini %5 azaltmaktadır.

Tablo 3.15. Bağımlı değişken DCİD olan Rassal Etkiler GLS Regresyon testi

Bağımlı Değişken: DCİD	Katsayı	Standart Hata	z	P> z
DREC	0.3863415	0.0956214	4.04	0.000***
DFEP	-0.003873	0.0261714	-0.15	0.882
SABİT	-0.07038	0.1244132	-0.57	0.572
Gözlem Sayısı =	525	R-sq:	Within =	0.040
Prob > chi2 =	0.000***		Between =	0.356
Wald chi2(3) =	22.12		Overall =	0.041
Sigma_u =	0			

Not: (***) %1, (**) %5 ve (*) %10 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Rassal Etkiler GLS Regresyonu Test sonuçlarına göre; yenilenebilir enerji tüketimi değişken katsayısı ve modelin geneli %1 anlamlılık düzeyine göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Dolayısıyla sabit etkiler tahmincisini destekliyor gibi görünse de modelde Hausman sınamasına göre rassal etkiler tahmincisi etkindir. Fosil enerji üretimi ise %1 anlamlılık düzeyine göre anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla, H_0 reddedilemez, yani rassal etkiler modeli etkindir. Katsayı tahminine göre, yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen bir birimlik artış, cari işlemler dengesini %38 artırmaktadır. Fosil enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, cari işlemler dengesini %7 azaltmaktadır.

Tablo 3.16. Bağımlı değişken DGSYT olan Rassal Etkiler GLS Regresyon testi

Bağımlı Değişken: GSYT	Katsayı	Standart Hata	z	P> z
DREP	0.0576234	0.0293146	1.97	0.049**
DFEP	0.0385248	0.0241231	1.6	0.110
SABİT	0.0905676	0.0926593	0.98	0.328
Gözlem Sayısı =	525	R-sq:	Within =	0.008
Prob > chi2 =	1.135		Between =	0.001
Wald chi2(3) =	4.01		Overall =	0.008
Sigma_u =	0.000			

Not: (***) %1, (**) %5 ve (*) %10 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Rassal Etkiler GLS Regresyonu Test sonuçlarına göre; tüm değişken katsayıları ve modelin geneli %1 anlamlılık düzeyine göre istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla, H_0 reddedilemez, yani rassal etkiler modeli etkindir. Katsayı tahminine göre, yenilenebilir enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, gayri safi yurtiçi tasarrufu %5 artırmaktadır. Fosil enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, gayri safi yurtiçi tasarrufu %03 artırmaktadır.

Tablo 3.17. Bağımlı değişken DGSYT olan Rassal Etkiler GLS Regresyon testi

Bağımlı Değişken: GSYT	Katsayı	Standart Hata	z	P> z
DREC	-0.034535	0.0752348	-0.46	0.646
DFEP	0.0022693	0.0205917	0.11	0.912
SABİT	0.1242305	0.0978882	1.27	0.204
Gözlem Sayısı =	525	R-sq:	Within =	0.001
Prob > chi2 =	0.837		Between =	0.032
Wald chi2(3) =	0.36		Overall =	0.001
Sigma_u =	0.000			

Not: (***) %1, (**) %5 ve (*) %10 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Rassal Etkiler GLS Regresyonu Test sonuçlarına göre; tüm değişken katsayıları ve modelin geneli %1 anlamlılık düzeyine göre istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla, H_0 reddedilemez, yani rassal etkiler modeli etkindir. Katsayı tahminine göre, yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen bir birimlik artış, gayri safi yurtiçi tasarrufu %3 azaltmaktadır. Fosil enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, gayri safi yurtiçi tasarrufu %0.22 artırmaktadır.

3.2.7. Birim Kök Test Sonuçları

Kurulacak modelde kullanılacak olan serilerin durağanlığının test edilmesi gerekmektedir. Durağanlık sınavında en uygun teste karar verebilmek için yatay kesit bağımlılığı testi yapılmış olup. Çıkan test sonuçlarına göre 2. Nesil birim kök testi uygulanması gerektiğine karar verilmiştir. Birim kök testinin hipotezleri; “ H_0 : Seriler

birim kök içermektedir.” ve “ H_1 : Seriler birim kök içermemektedir.” Şeklinde (Pesaran, 2007).

Tablo 3.18. Bağımlı değişkeni CİD olan 2. Nesil birim kök testi (CIPS)

	Düzye Değerler	
	Sabit	Sabit ve trendli
CİD	-2.386	-2.826
REC	-1.897	-2.043
REP	-2.348**	-3.229**
FEP	-2.138	-2.769

Not: Maksimum gecikme uzunluğu 1 olarak alınmış ve Schwarz bilgi kriterine göre belirlenmiştir. ***, ** serilerin sırasıyla %1, %5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir. CADF istatistiği kritik değerleri trendin olmadığı durumda -2.60 (% 1), -2.34(% 5), trendin olduğu durumda -3.15 (%1), -2.88 (%5)'dir (Pesaran, 2007, s. 281).

Tablo 3.19. Bağımlı değişkeni GSYT olan 2. Nesil birim kök testi (CIPS)

	Düzye Değerler	
	Sabit	Sabit ve trendli
GSYT	-1.910	-2.355
REC	-1.897	-2.043
REP	-2.348**	-3.229**
FEP	-2.138	-2.769

Not: Maksimum gecikme uzunluğu 1 olarak alınmış ve Schwarz bilgi kriterine göre belirlenmiştir. ***, ** serilerin sırasıyla %1, %5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir. CADF istatistiği kritik değerleri trendin olmadığı durumda -2.60 (% 1), -2.34(% 5), trendin olduğu durumda -3.15 (%1), -2.88 (%5)'dir (Pesaran, 2007, s. 281).

Tablo 3.18. ve 3.19.'de bağımlı değişkenleri CİD ve GSYT olan iki farklı analiz 2. Nesil birim kök testlerinin sonuçlarına göre her iki analizde de yer alan değişkenlere ait düzeyde uygulanan birim kök test sonuçlarına bakıldığında hem sabit hem de sabit ve trendli eşitlikler için sıfır hipotezi (H_0) %5 anlamlılık düzeyinden büyük değerlere sahip olduğu için reddedilememektedir. Dolayısıyla, her bir değişkenin düzeyde birim kök içerdeği gözlemlenmektedir. Bu yüzden her bir değişken için fark alınarak yeniden CIPS testi uygulanmalıdır.

Tablo 3.20. Bağımlı değişkeni DCİD olan 2. Nesil birim kök testi (CİPS)

	1. Farkta	
	Sabit	Sabit ve trendli
DCİD	-4.791***	-4.866***
DREC	-4.765***	-5.218***
DREP	-5.261***	-5.639***
DFEP	-5.301***	-5.663***

Not: Maksimum gecikme uzunluğu 1 olarak alınmış ve Schwarz bilgi kriterine göre belirlenmiştir. ***, ** serilerin sırasıyla %1, %5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir. CİPS istatistiği kritik değerleri trendin olmadığı durumda -2.60 (% 1), -2.34(% 5), trendin olduğu durumda -3.15 (%1), -2.88 (%5)'dir (Pesaran, 2007, s. 281).

Tablo 3.21. Bağımlı değişkeni DGSYT olan 2. Nesil birim kök testi (CİPS)

	1. Farkta	
	Sabit	Sabit ve trendli
DGSYT	-4.728***	-4.977***
DREC	-4.765***	-5.218***
DREP	-5.261***	-5.639***
DFEP	-5.301***	-5.663***

Not: Maksimum gecikme uzunluğu 1 olarak alınmış ve Schwarz bilgi kriterine göre belirlenmiştir. ***, ** serilerin sırasıyla %1, %5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir. CİPS istatistiği kritik değerleri trendin olmadığı durumda -2.60 (% 1), -2.34(% 5), trendin olduğu durumda -3.15 (%1), -2.88 (%5)'dir (Pesaran, 2007, s. 281).

Tablo 3.20. ve 3.21'de yer alan değişkenlerin farkı alındıktan sonra uygulanan CİPS testi sonuçlarına bakıldığında her iki analiz için değişkenlerin hem sabit hem de sabit ve trendli eşitlikler için sıfır hipotezi (H_0), %1 anlamlılık düzeyinden küçük değerlere sahip olduğundan reddedilmiştir. Dolayısıyla her bir değişken farkta durağandır.

3.2.8. Kao Eşbütünleşme Testi

Birim kök testi sonucunda serinin farkta durağan olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla değişkenler arasında uzun dönemde ilişki olup olmadığını araştırmak için Kao (1999) Eş bütünlüşme testi uygulanmıştır. Testin hipotezleri;

H_0 : Eşbütünlüşme yok

H_1 : Tüm paneller eşbütünlüşmektir. Şeklindedir (Kao, 1999).

Tablo 3.22. Bağımlı değişken CİD olan Kao Eşbütünleşme Testi

	Statistic	p-value
Modified Dickey-Fuller t	-4.5389	0.0000***
Dickey-Fuller t	-3.8335	0.00010***
Augmented Dickey-Fuller t	-5.4606	0.00000***
Unadjusted modified Dickey-Fuller t	-6.0543	0.00000***
Unadjusted Dickey-Fuller t	-4.3751	0.00000***

Not: (***) %1, (**) %5 ve (*) %10 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Birim kök testlerinin sonuçları dikkate alarak, serinin birinci dereceden entegre olduğu sonucuna varılır ve eşbütünleşme testine geçilir. Bu nedenle ikinci aşama, dört değişkenli bir çerçeve içinde yenilenebilir enerji tüketimi, üretimi, fosil enerji üretimi ve cari işlemler dengesi arasında uzun vadeli bir denge ilişkisinin varlığının test edilmesini içerir. Kao'nun (1999) MDF, DF, ADF, UADF ve UDF testleri istatistiklerine dayanarak, Tablo 3.22.'de tüm testler için REP REC ve FEP değişkenleri için seçilmiş AB ülkeleri ve Türkiye için CİD bağımlı değişkeni ile %1 anlamlılık düzeyinde panel eş bütünleşik olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda değişkenler arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 3.23. Bağımlı değişken GSYT olan Kao Eşbütünleşme Testi

	Statistic	p-value
Modified Dickey-Fuller t	-0.3956	0.3462
Dickey-Fuller t	-1.289	0.0987*
Augmented Dickey-Fuller t	-0.1525	0.4394
Unadjusted modified Dickey-Fuller t	-6.8535	0.0000***
Unadjusted Dickey-Fuller t	-4.8352	0.0000***

Not: (***) %1, (**) %5 ve (*) %10 Anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Birim kök testlerinin sonuçları dikkate alarak, serinin birinci dereceden entegre olduğu sonucuna varılır ve eşbütünleşme testine geçilir. Bu nedenle ikinci aşama, dört değişkenli bir çerçeve içinde yenilenebilir enerji tüketimi, üretimi, fosil enerji üretimi ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruf arasında uzun vadeli bir denge ilişkisinin varlığının test edilmesini içerir. Kao'nun (1999) MDF, DF, ADF, UADF ve UDF testleri istatistiklerine dayanarak, Tablo 3.23.'e göre UADF ve UDF testleri için REP REC ve FEP değişkenleri için seçilmiş AB ülkeleri ve Türkiye için GSYT bağımlı değişkeni ile %1 anlamlılık

düzeyinde panel eş bütünlük olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda değişkenler arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

3.2.8. Dumitrescu ve Hurlin (2012) Nedensellik Test Sonucu

Nedensellik analizi, değişkenler arasında nedenselliğin var olup olmadığını ve yönünü test edebilmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada ilk analizde, GSYT, REC, REP ve FEP ve ikinci analizde MCİD, MREC, MREP ve MFEP değişkenleri arasında nedenselliğin varlığını ve yönünü test etmek için Dumitrescu-Hurlin (2012) nedensellik testi uygulanmıştır. Testin hipotezleri; “ H_0 : Bütün kesitler için x’den y’ye nedensellik yoktur. H_1 : Bazı kesitler için x’den y’ye nedensellik ilişkisi vardır.” Şeklinde ifade edilmektedir (Dumitrescu & Hurlin, 2012).

Tablo 3.24. Bağımlı değişkeni CİD olan nedensellik analizi

Sıfır Hipotezi	W-bar.	Z-bar	Prob.	Nedensellik Yönü
DCİD, DREC'in Granger nedeni değildir.	2.343	0.7859	4.32E-01	DREC → DCİD
DREC, DCİD'in Granger nedeni değildir.	3.6729	3.833	1.00E-04	
DCİD, DREP'in Granger nedeni değildir.	1.7559	-0.5594	5.76E-01	DREP → DCİD
DREP, DCİD'in Granger nedeni değildir.	3.935	4.4336	0.00E+00	
DCİD, DFEP'in Granger nedeni değildir.	1.9544	-0.1046	9.17E-01	DFEP → DCİD
DFEP, DCİD'in Granger nedeni değildir.	4.3469	5.3775	0.00E+00	
DREC, DREP'in Granger nedeni değildir.	2.9077	2.0798	3.75E-02	DREC ↔ DREP
DREP, DREC'in Granger nedeni değildir.	3.0523	2.411	1.59E-02	
DFEP, DREC'in Granger nedeni değildir.	3.5107	3.4614	5.00E-04	DFEP ↔ DREC
DREC, DFEP'in Granger nedeni değildir.	2.9277	2.1257	3.35E-02	
DREP, DFEP'in Granger nedeni değildir.	1.0921	-2.0802	0.03750	DREP → DFEP
DFEP, DREP'in Granger nedeni değildir.	1.9244	-0.1732	8.63E-01	

Not: Tüm değişkenler için 2 gecikme uzunluğu dikkate alınmıştır. Sırasıyla (***) %1, (**) %5 parantez içindeki değerler anlam seviyesini göstermektedir.

Tablo 3.24.’ de DREC, DREP ve DFEP’ten DCİD’e doğru 2. Gecikme düzeyi dikkate alınarak tek yönlü nedensellik olduğu gözlemlenmektedir. Yani yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimi ve fosil enerji üretimi Cari İşlemler Dengesinin nedenidir. Yenilenebilir enerji üretimi, tüketimi ve fosil enerji üretimi 2. Gecikme düzeyinde birbirlerinin nedenidir.

Tablo 3.25. Bağımlı değişkeni GSYT olan nedensellik analizi

Sıfır Hipotezi	W-bar.	Z-bar	Prob.	Nedensellik Yönü
DGSYT, DREC'in Granger nedeni değildir.	1.8824	-0.2694	7.88E-01	DREC → DGSYT
DREC, DGSYT'nin Granger nedeni değildir.	3.6892	3.8703	1.00E-04	
DGSYT, DREP'in Granger nedeni değildir.	2.2528	0.5792	5.63E-01	DREP → DGSYT
DREP, DGSYT'nin Granger nedeni değildir.	2.8983	2.0583	3.96E-02	
DGSYT, DFEP'in Granger nedeni değildir.	2.5304	1.2154	2.24E-01	DFEP → DGSYT
DFEP, DGSYT'nin Granger nedeni değildir.	2.98	2.2454	2.47E-02	
DREC, DREP'in Granger nedeni değildir.	2.9077	2.0798	3.75E-02	DREC ↔ DREP
DREP, DREC'in Granger nedeni değildir.	3.0523	2.411	1.59E-02	
DFEP, DREC'in Granger nedeni değildir.	3.5107	3.4614	5.00E-04	DFEP ↔ DREC
DREC, DFEP'in Granger nedeni değildir.	2.9277	2.1257	3.35E-02	
DREP, DFEP'in Granger nedeni değildir.	1.0921	-2.0802	0.03750	DREP ↔ DFEP
DFEP, DREP'in Granger nedeni değildir.	1.9244	-0.1732	8.63E-01	

Not: Tüm değişkenler için 2 gecikme uzunluğu dikkate alınmıştır. Sırasıyla (***) %1, (**) %5 parantez içindeki değerler anlam seviyesini göstermektedir.

Tablo 3.25.'te DREC, DREP ve DFEP'ten DGSYT'e doğru 2. Gecikme düzeyi dikkate alınarak tek yönlü nedensellik olduğu gözlemlenmektedir. Yani yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimi ve fosil enerji üretimi Gayri Safi Yurtiçi Tasarrufun nedenidir. Yenilenebilir enerji üretimi, tüketimi ve fosil enerji üretimi 2. Gecikme düzeyinde birbirlerinin nedenidir.

Literatürde yenilenebilir enerji tüketiminin, üretiminin ve fosil enerji üretiminin; cari açık dengesi ve gayri safi yurtiçi tasarruf üzerindeki etkilerini araştıran çalışma sayısı sınırlıdır. Dolayısıyla bu çalışma literatürde var olan bu boşluğu doldurmak amacıyla yazılmıştır. Söz konusu literatür çalışmalarında makroekonomik alanda birçok çalışma bulunmakla birlikte tasarruf yönünde sınırlı çalışmalar vardır. Söz konusu çalışmalarda panel veri analizine rastlanılmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ise panel veri analizi ile desteklenerek literatüre katkıda bulunması amaçlanmıştır. Söz konusu zaman serisi çalışmalara örnek olarak, Güney ve Sandalcılar (2022), çalışmalarında 1974-2019 dönemini baz alarak Türkiye'de enerji tüketimi, birincil enerji tüketimi, kişi başına gelir ve net tasarruflar değişkenlerinin verileri ile Engle-Granger Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonucuna göre, değişkenler arasında eşbütünleşme olmamakla birlikte nedensellik izine de rastlanılmadığı gözlemlenmiştir.

Yine Kamacı, Ceyhan ve Peçe (2019), çalışmalarında 1984-2017 dönemini baz alarak Türkiye’de elektrik üretimi ve gayri safi yurtiçi tasarruf değişkenlerinin verilerini kullanarak FMOLS-DOLS, Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonuçları, Elektrik üretiminden Gayri safi yurtiçi tasarruflara doğru ve gayri safi yurtiçi tasarruflardan elektrik üretimine doğru kısa dönemli nedensellik ilişkisi gözlemlenememiş, uzun dönemde ise elektrik üretiminden gayri safi yurtiçi tasarruflara doğru tek yönlü nedensellik gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ise Dumitrescu-Hurlin Nedensellik testi uygulanmış ve hem yenilenebilir enerji tüketimi, üretimi ve fosil enerji üretimi ile gayri safi yurtiçi tasarruf arasında çift yönlü nedensellik bulunmuş hem de yenilenebilir enerji tüketimi, üretimi ve fosil enerji üretimi ile cari açık dengesi arasında çift yönlü nedensellik gözlemlenmiştir. Bir başka çalışmada ise tasarruf açığı ele alınmış ve nedensellik testi uygulanmıştır. Gökçe ve Erol (2020), çalışmalarında 1975-2017 dönemlerini baz alarak Türkiye’de enerji açığı, ekonomik büyüme ve tasarruf açığı değişkenlerini kullanarak VECM Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, enerji açığı ve ekonomik büyüme arasında kısa ve uzun dönemde çift yönlü nedensellik ilişkisi gözlemlenmektedir. Tasarruf açığı ile ekonomik büyüme arasında kısa dönemde tasarruf açığından ekonomik büyümeye doğru, uzun dönemde ise çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu gözlemlenmektedir. Bu çalışmada ise gayri safi yurtiçi tasarruf ve cari açık dengesi değerleri kullanılarak Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi uygulanmıştır. Gayri safi yurtiçi tasarruf ve cari açık dengesinin diğer bağımsız değişkenler çift yönlü nedenselliğinin olduğu gözlemlenmektedir. Yine literatürde cari açık ile ilgili sınırlı çalışmaların olduğu aşikardır. Bu bağlamda söz konusu çalışmalardan, Gökçe ve Demirtaş (2018), çalışmalarında 1998-2015 dönemini baz almış 27 AB Ülkesi ve Türkiye’nin yenilenebilir enerji tüketimi, cari denge, büyüme hızı, reel efektif döviz kuru, tasarruflar ve enerji ithalatı değişkenlerini kullanarak, OLS, FE, RE ve Hausman Testlerini uygulamışlardır. FE modelinin uygun bulunduğu çalışmanın sonuçları, AB Ülkeleri ve Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimindeki artışların cari denge üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada Rassal Etkiler Modeli uygun bulunmuştur. Bağımlı değişkeni GSYT olan analizin test sonuçlarına göre ise yine AB Ülkeleri ve Türkiye için yenilenebilir enerji tüketimi ve fosil enerji üretimi tasarruf üzerinde pozitif yenilenebilir enerji üretiminin ise negatif etkiye

sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bağımlı değişkeni cari açık olan analizde ise yenilenebilir enerji tüketimi ile cari açık arasında pozitif bir ilişki söz konusu olup yenilenebilir enerji üretimi ve fosil enerji üretimi ile cari açık arasında negatif bir ilişki gözlemlenmektedir. Yanar ve Kerimoğlu (2011), çalışmalarında Türkiye’de 1975-2009 yıllarını baz alan dönem ve cari açık, enerji tüketimi ve büyüme verilerini kullanarak Johansen Eşbütünleşme ve Hata Düzeltme Modeli testleri uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olmakla birlikte analizin olumlu ve pozitif çıkması sonucu hata düzeltme modeli uygulanmıştır. Hata düzeltme kat sayısı negatif ve anlamlı bulunmuştur. Cari açık ile büyüme arasında çift yönlü ve zayıf bir nedenselliğin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bir başka çalışma olarak, Berk ve Cin (2018), çalışmalarında Türkiye’ye ait 1970-2014 yıllarını baz alan dönem, enerji tüketimi, cari açık ve nüfus değişkenlerinin verilerini kullanarak VECM ve Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, enerji tüketimi ile ticaret açığı arasında çift yönlü nedensellik, nüfus ile ticaret açığı arasında ve nüfus ile enerji tüketimi arasında ise tek yönlü ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Sarıtaş, Genç ve Avcı (2018), çalışmalarında Türkiye’ye ait 1971-2015 dönemini baz alan cari açık, büyüme ve enerji ithalatı verilerini kullanarak VAR ve Granger Nedensellik Testlerini uygulamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, enerji ithalatından cari açığa tek yönlü bir nedensellik gözlemlenmektedir. Yapılan etki-tepki analizi sonuçlarına göre, enerji ithalatındaki bir şokun GSYH’yı iki dönem boyunca pozitif ve anlamlı olarak etkilediği gözlenmektedir. Cari açık değişkeni ile ilgili varyans ayrıştırması testlerinde ise, cari açığı açıklamada enerji ithalatının en yüksek paya sahip olduğu, büyümenin ise enerji ithalatına göre daha düşük bir paya sahip olduğu sonucuna varıldığı görülmektedir. Uçak (2019), çalışmasında Kırılgan Beşli ülkelerinin 1990-2017 dönemini baz alan enerji ithalatı ve cari denge değişkenlerinin verilerini kullanarak VAR, VECM, ARDL Sınır Testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, analize dahil edilen ülkelerin hepsinde uzun dönemde eşbütünleşme söz konusudur. Ek olarak enerji ithalatından cari dengeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Hindistan ekonomisinde kısa dönemde enerji ithalatındaki artışın, cari dengeyi negatif yönde etkilediği ve Brezilya ekonomisinde yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın cari dengeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye’de ise enerji ithalatı ile cari denge arasında ters yönlü ilişki

gözlemlenmiştir. Kızıldere (2020), çalışmasında Türkiye'ye ait 1974-2015 zamansal dönemi baz alarak, cari işlemler açığı, kişi başına reel milli gelir ve kişi başına enerji tüketimi değişkenlerinin verilerini kullanarak Granger Nedensellik Testini uygulamıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre sadece ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden cari açığa doğru tek yönlü nedensellik söz konusudur. Cari açık ve enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru ve ekonomik büyüme ve cari açıktan enerji tüketimine doğru herhangi bir nedensellik söz konusu değildir. Altay Topcu (2022), çalışmasında Enerji İthalatında Lider 11 Ülkelerinin 1995-2015 yıllarını baz alan dönemin verileri ile ECM, AMG ve Dumitrescu-Hurlin testleri uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketiminin cari denge üzerindeki etkileri pozitif olmakla birlikte enerji ithalatının cari dengeyi negatif yönde etkilediği gözlemlenmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ve enerji ithalatı ile cari işlemler dengesi arasında çift yönlü nedensellik olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ise cari açık dengesi ile diğer bağımsız değişkenler arasında çift yönlü nedensellik vardır. Yine ek olarak gayri safi yurtiçi tasarruf ile diğer bağımsız değişkenler arasında çift yönlü nedensellik gözlemlenmiştir.

SONUÇ

Enerji, ülkelerin kalkınma ve refah düzeylerini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Sanayileşmenin temelini sağlanması için ham maddeler ve madenlerin işlenmesi için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda gerekli mal ve hizmetlerin üretimi için fabrikalardaki makinaların işleyebilmesi ve katkı sağlayabilmesi için kullanıldığından önemli bir role sahiptir. Ülkeler artan nüfus, gelişen teknoloji ve sanayi ile birlikte doğru orantılı olarak artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için enerji temini yapmaları gerekmektedir. Söz konusu olan bu enerji teminini üretmediklerinde enerji açığı meydana gelmektedir. Mevcut enerji açığını ise enerji ithalatı ile karşıladıklarında da cari açık artmaktadır. Dolayısıyla ülkeler hem fiyat istikrarsızlıkları ile karşı karşıya kalmakta hem enerjide dışa bağımlı hale gelmekte hem de kısır bir döngü halinde cari açık devam etmektedir. Fosil yakıtların kullanımından dolayı ülkelerin dışa olan bağımlılığı, patlak veren cari açık, siyasi ve politik açıdan enerji arz güvenliği riskinin olması ülkeleri iç piyasada enerji üretimi için Ar-Ge çalışmalarına itmiştir. Gelişen teknoloji ve atılan yeni adımlar yenilenebilir enerji kullanımını artırmaya başlamıştır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda enerji ithalatı yapan ülkeler açısından cari açığın düşeceği ve dolayısıyla da tasarrufların artacağı görüşünü doğurmuştur.

Bu çalışmanın amacı, enerjide dışa bağımlılığın yenilenebilir enerji kullanımı ile minimize edilebileceğini vurgulamak, cari açıkla tasarrufun yenilenebilir enerji üretimi, tüketimi ve fosil enerji üretiminin ilişkisini ortaya koymaktır. Dolayısıyla bu amaç doğrultusunda çalışmanın hipotezleri iki grup şeklinde aşağıdaki gibidir.

Cari İşlemler Dengesi ile ilgili üç temel hipotez aşağıda verilmiştir.

- Hipotez 1;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise cari açık ile yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise cari açık ile yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki var.

- Hipotez 2;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise cari açık ile yenilenebilir enerji üretimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise cari açık ile yenilenebilir enerji üretimi arası ilişki var.

- Hipotez 3;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise cari açık ile fosil enerji üretimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise cari açık ile fosil enerji üretimi arası ilişki var.

Gayri Safi Yurtiçi Tasarruf ile ilgili 3 temel hipotez aşağıdaki gibidir.

- Hipotez 1;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise tasarruf ile yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise tasarruf ile yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki var.

- Hipotez 2;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise tasarruf ile yenilenebilir enerji üretimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise tasarruf ile yenilenebilir enerji üretimi arası ilişki var.

- Hipotez 3;

$H_0: \beta_0 = 0$ ise tasarruf ile fosil enerji üretimi arası ilişki yoktur.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise tasarruf ile fosil enerji üretimi arası ilişki var.

Çalışmada kullanılan tüm değişkenler için doğru modelin kurulabilmesi için ilk önce yatay kesit bağımlılığı testi ve homojenlik testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre, Değişkenlerin hepsinde yatay kesit bağımlılığına rastlanmıştır ve heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda, REC, REP ve FEP değişkenlerinde meydana gelen bir değişiklik GSYT ve CİD üzerindeki etkisinin ülkeden ülkeye farklılık gösterdiği gözlemlenmektedir. Buradan hareketle, birim kök testlerinde yatay kesit bağımlılığını dikkate alan 2. Nesil birim kök testleri gibi heterojenliği de dikkate alan nedensellik testi

kullanılmıştır. Korelasyon matrisi testi uygulanmış ve Tablo 3.10. ve 3.11.'e bakıldığında bağımsız değişkenler arasında REP ile REC arasında kısmi korelasyon katsayısı %80 in üzerinde bulunmuştur. Bu sebeple yapılacak analizlerde bu iki bağımsız değişkenin aynı modele bağımsız değişken olarak eklenmeyeceği üzerinde durulmuştur. Devamında ise Hausman testi uygulanarak model için sabit etkiler tahmincileri tutarsız ve rassal etkiler tahmincileri geçerli olduğu gözlemlenmiştir. Rassal Etkiler GLS Regresyonu Test sonuçlarına göre ise bağımlı değişkeni cari işlemler dengesi olan analizde korelasyon testi göz önünde bulundurularak söz konusu değişkenler ayrı tutularak iki tahmin yapılmıştır. Tablo 3.14.'teki katsayı tahmin sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, cari işlemler dengesini %0.12 artırmaktadır. Fosil enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, cari işlemler dengesini %5 azaltmaktadır. Tablo 3.15.'teki katsayı tahminlerine göre, yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen bir birimlik artış, cari işlemler dengesini %38 artırmaktadır. Fosil enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, cari işlemler dengesini %7 azaltmaktadır. GSYT bağımlı değişkeninin baz alındığı ikinci analize göre, tüm değişken katsayıları ve modelin geneli %1 anlamlılık düzeyine göre istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla, H_0 reddedilemez, yani rassal etkiler modeli etkindir. Tablo 3.16.'daki katsayı tahminine göre, yenilenebilir enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, gayri safi yurtiçi tasarrufu %5 artırmaktadır. Fosil enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, gayri safi yurtiçi tasarrufu %03 artırmaktadır. Tablo 3.17.'deki katsayı tahminine göre, yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen bir birimlik artış, gayri safi yurtiçi tasarrufu %3 azaltmaktadır. Fosil enerji üretiminde meydana gelen bir birimlik artış, gayri safi yurtiçi tasarrufu %0.22 artırmaktadır. Devamında, uygulanan 2. Nesil birim kök testi düzeyde birim kök içerdiğinden farkı alınarak tekrardan uygulanmış ve değişkenler farkta durağan (I(1)) hale gelmiştir. Birim kök test sonuçlarına göre serinin birinci dereceden entegre olduğu gözlemlenmiş ve Kao eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Kao'nun (1999) MDF, DF, ADF, UMDF ve UDF testleri istatistiklerine dayanarak, rep rec ve feb değişkenleri için seçilmiş AB ülkeleri ve Türkiye için panel eş bütünleşik olduğu sonucuna varılmıştır. Son olarak Homojenlik testinin heterojen çıkması sonucu heterojen serilerde uygulanan Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi uygulanmış ve test sonuçlarına göre, DREC, DREP ve DFEP'ten DGSYT'ye doğru ve yine DREC, DREP ve DFEP'ten DCİD'e 2. Gecikme

düzeyi dikkate alınarak tek yönlü nedensellik olduğu gözlemlenmektedir. Yani yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimi ve fosil enerji üretimi Gayri Safi Yurtiçi Tasarruf ve Cari İşlemler Dengesinin nedenidir. Yenilenebilir enerji üretimi, tüketimi ve fosil enerji üretimi 2. Gecikme düzeyinde birbirlerinin nedenidir.

Çalışmanın hipotezleri, yapılan analiz ve sonuçları ışığında değerlendirilmiştir. Serilerin eşbütünleşik olması ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenin sebebi olması anlamlı sonuçlar çıkarmış ve söz konusu hipotezlerde H_0 hipotezleri reddedilmiştir. Kabul edilen hipotezler.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise cari açık yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki var.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise cari açık ile yenilenebilir enerji üretimi arasında ilişki var.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise cari açık ile fosil enerji üretimi arasında ilişki var.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise tasarruf ile yenilenebilir enerji tüketimi arası ilişki var.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise tasarruf ile yenilenebilir enerji üretimi arasında ilişki var.

$H_1: \beta_1 \neq 0$ ise tasarruf ile fosil enerji üretimi arasında ilişki var.

Şeklinde sıralanmıştır. Sonuç olarak, Türkiye'nin en büyük ticaret ortağının AB Ülkeleri olduğu göz önünde bulundurulmalı ve Türkiye'nin enerji politikalarını AB ile eş zamanlı ve/veya uyumlu yürütmesi gerekmektedir. Politika yapıcıların, tasarruf ve cari açık dengesi yönünden enerji tüketimi üzerine, yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşması için hane halklarına, kamu kurum ve kuruluşlarına ve sanayi birimlerine destek ve/veya teşvik vermelidir. Enerji tasarrufu, fosil yakıtların yerine alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ile de gerçekleştirilebilir. Hayatın her alanında enerji tasarrufunun gerçekleştirilmesi mümkündür. Bu sebeple, yenilenebilir enerji tüketimi sağlayarak enerji tasarrufu sağlamak dolayısıyla da cari açığın önüne geçmek mümkündür.

KAYNAKÇA

- Al-Iriani, M. (2006). Energy–GDP relationship revisited: An example from GCC countries using panel causality. *Energy Policy*, 34(17), s. 3342-3350. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421505001886> adresinden alındı
- Cheng, B., & Lai, T. (1997). An Investigation of Co-integration and Causality Between Energy Consumption and Economic Activity in Taiwan. *Energy Economics*, 19(4), s. 435-444. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988397010232> adresinden alındı
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012, Temmuz). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), s. 1450-1460.
- Pesaran, M. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *SSRN Electronic Journal*, s. 1242. 11 2022 tarihinde <https://www.ssrn.com/abstract=572504> adresinden alındı
- Swamy, P. (1970, Mart). Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model. *Econometrica*, 38(2), s. 311. doi:10.2307/1913012
- (2022). *2020 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu* . TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU. <http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2022/05/2021yilisektor.pdf> adresinden alındı
- Adedoyin, F., Bekun, F., & Alola, A. (2020). Growth impact of transition from non-renewable to renewable energy in the EU: The role of research and development expenditure. *Renewable Energy*, 159, s. 1139-1145. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148120309095> adresinden alındı
- Akadiri, S., Alola, A., Akadiri, A., & Alola, U. (2019). Renewable energy consumption in EU-28 countries: Policy toward pollution mitigation and economic sustainability. *Energy Policy*, 132, s. 803-810. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421519304100> adresinden alındı
- Akbaş Akdoğan , D. (2021). *Enerji Sisteminde Küresel Dönüşüm Yenilenebilir Enerji ve Kamu Politikaları* . Ankara: Gazi Kitabevi .
- Akinlo, A. (2008). Energy Consumption and Economic Growth: Evidence From 11 Sub-Saharan African Countries. *Energy Economics*, 30(5), s. 2391-2400. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014098830800025X> adresinden alındı
- Akleyev, A., Krestinina, L., Degteva, M., & Tolstykh, E. (2017, Eylül). Consequences of the radiation accident at the Mayak production association in 1957 (the 'Kyshtym Accident'). *Journal of Radiological Protection*, 37(3), s. R19-R42. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6498/aa7f8d> adresinden alındı
- Alpdoğan , E. İ. (2009). Dalga Enerjisi ile Elektrik Üretiminin Teknik ve Ekonomik İncelenmesi. 78. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

<http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/1/10391/0041249.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı

- Altay Topcu, B. (2022). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Enerji İthalatının Cari Açık Üzerindeki Etkisi: Enerji İthalatında Lider Ülkeler Örneği. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 14(26), s. 1-15. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kilisiibfakademik/issue/69936/1086547> adresinden alındı
- Apergis, N., & Payne, J. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(1), s. 656-660. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421509006752> adresinden alındı
- Apergis, N., & Pinar, M. (2021). The role of party polarization in renewable energy consumption: Fresh evidence across the EU countries. *Energy Policy*, 157. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521003888> adresinden alındı
- Aqeel, A., & Butt, M. (2001). The Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in. *Asia-Pacific Development Journal*, 8(2), s. 101-109.
- Arslan , D. Ü. (2021, Eylül). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Panel Veri Analizi . *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 115. Ankara, Çankaya, Türkiye: Gazi Üniversitesi.
- Aydın, M. (2019). Renewable and non-renewable electricity consumption–economic growth nexus: Evidence from OECD countries. *Renewable Energy*, 136, s. 599-606. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119300084> adresinden alındı
- Azam, A., Rafiq, M., Shafique, M., Zhang, H., & Yuan, J. (2021). Analyzing the Effect of Natural Gas, Nuclear Energy and Renewable Energy on GDP and Carbon Emissions: A Multi-variate Panel Data Analysis. *Energy*, 219, s. 119592. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220326992?casa_token=6eW0ImWEhIMAAAAA:kAdGEL3zkLWr72VeqPmaoiV_vuvPAJchC-3g6CWi9yeOPPbLqqWj9Xmgiz0XcxrU68a2np8DJw adresinden alındı
- Ballı, E., Sizege, Ç., & Manga , M. (2018, 01 20). ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ: BDT ÜLKELERİ ÖRNEĞİ. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*(18. EYİ Özel Sayısı), 773 - 788. <https://dergipark.org.tr/tr/doi/10.18092/ulikidince.344569> adresinden alındı
- Başkonuş Direkçi, T., & Gövdeli , T. (2017, 10). The Relationship Between Renewable Energy Consumption and Economic Growth in Non- OECD Countries. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(4), 298-307. <https://dergipark.org.tr/tr/doi/10.25287/ohuiibf.345919> adresinden alındı
- Bayar, Y., & Özel, H. (2014). Electricity Consumption and Economic Growth in Emerging Economies. *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, 4(2), 18.

- Bayar, Y., Gavriletea, M., Sauer, S., & Paun, D. (2021). Impact of Municipal Waste Recycling and Renewable Energy Consumption on CO2 Emissions across the European Union (EU) Member Countries. *Sustainability*, 13(2), s. 1-12. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/656> adresinden alındı
- Bayraç , H., & Çemrek , F. (2022, 07 29). Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Enerji Bağımlılığı ve Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), s. 742-762. <https://dergipark.org.tr/en/pub/makuiibf/issue/69071/799842> adresinden alındı
- Bekun, F., Alola, A., & Sarkodie, S. (2019). Toward a sustainable environment: Nexus between CO2 emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16-EU countries. *Science of The Total Environment*, 657, s. 1023-1029. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718349477> adresinden alındı
- Bekun, F., Alola, A., Gyamfi, B., & Yaw, S. (2021). The relevance of EKC hypothesis in energy intensity real-output trade-off for sustainable environment in EU-27. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), s. 51137-51148. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14251-4> adresinden alındı
- Berk, C., & Cin , K. O. (2018). On Energy Dependence, Current Account Deficit and Population in Turkey. *Open Journal of Business and Management*, 6, s. 183-192. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=82061> adresinden alındı
- Bertani, R., Huenges, E., Lund, J., Ragnarsson, A., Rybach, L., & Fridleifsson, I. (2008). *Vice Chair IPCC Working Group III. The Possible Role and Contribution of Geothermal Energy to The Mitigation of Climate Change*. Lübeck, Germany: IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources.
- Bozoklu , Ş., & Yılcı, V. (2013). Energy Consumption and Economic Growth for Selected OECD Countries: Further Evidence From the Granger Causality Test in the Frequency Domain. *Energy Policy*, 63, s. 877-881. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421513009610> adresinden alındı
- Breusch, T., & Pagan, A. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), s. 239. 10 2022 tarihinde alındı
- Budzianowski, W. (2012, 01). Sustainable Biogas Energy in Poland: Prospects and Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), s. 342-349. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032111004084> adresinden alındı
- Chen, S.-T., Kuo, H.-I., & Chen, C.-C. (2007). The Relationship Between GDP and Electricity Consumption in 10 Asian Countries. *Energy Policy*, 35(4), s. 2611-2621. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421506003685> adresinden alındı

- Ciarreta, A., & Zarraga, A. (2010). Economic Growth-Electricity Consumption Causality in 12 European Countries: A dynamic Panel Data Approach. *Energy Policy*, 38(7), s. 3790-3796. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030142151000162X> adresinden alındı
- Cowan, W., Chang, T., Inglesi-Lotz, R., & Gupta, R. (2014). The Nexus of Electricity Consumption, Economic Growth and CO2 Emissions in the BRICS Countries. *Energy Policy*, 66, s. 359-368. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421513011087> adresinden alındı
- Dahl, C. (2004). *International Energy Markets Understanding Pricing, Policies and Profits*. Oklahoma: PennWell Corporation. Haziran 06, 2022 tarihinde alındı
- Doğan, E., & Şeker, F. (2016). Determinants of CO2 emissions in the European Union: The role of renewable and non-renewable energy. 94, s. 429-439. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148116302622> adresinden alındı
- Eğilmez, M. (2013). *Tasarruf Yatırım Dengesi Geometrisi*. Kendime Yazılar: <https://www.mahfiegilmez.com/2013/09/tasarruf-yatrm-dengesi-geometrisi.html> adresinden alındı
- (2022). *Enerji Sektörel Bakış 2022*. KPMG Türkiye. <https://kpmg.com/tr/tr/home/gorusler/2022/04/enerji-sektorel-bakis.html> adresinden alındı
- Enrico, B. (2002). Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(1-2), s. 3-65. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032102000023> adresinden alındı
- EPDK. (2022). *Doğal Gaz Piyasaları Resmi İstatistikleri*. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu : <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-166/resmi-istatistikleri> adresinden alındı
- EPDK. (2022). *Petrol Piyasası Resmi İstatistikleri*. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-168/resmi-istatistikleri> adresinden alındı
- EUR-Lex. (2021). *Establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law')*. An official website of the European Union : <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj> adresinden alındı
- EUR-Lex. (2023). *Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council*. Official Journal of the European Union. <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/1999/2023-05-16> adresinden alındı
- European Commission. (2010). *EUROPE 2020 A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. Bürüksel. <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%200007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf> adresinden alındı

- European Commission.* (2021). https://commission.europa.eu/index_en adresinden alındı
- Eurostat. (2023). *Eurostat.* (S. 1.-I. -, Editör) Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/energy-2023#energy-sources> adresinden alındı
- Foster, R., Ghassemi, M., & Cota, A. (2009). *Solar Energy: Renewable Energy and the Environment.* London : CRC Press.
- Fridleifsson, I. (2009, 09). Geothermal Energy for The Benefit of The People. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5(3), s. 299-312. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032101000028> adresinden alındı
- Ghosh, S. (2002). Electricity Consumption and Economic Growth in India. *Energy Policy*, 30(2), s. 125-129. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421501000787> adresinden alındı
- Gökçe , C., & Erol , M. (2020). Türkiye’de Tasarruf Açığı ve Enerji Açığının Ekonomik Büyüme ile İlişkisi: Nedensellik Analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(64), s. 102-122. <https://dergipark.org.tr/en/pub/dpusbe/issue/53850/642213> adresinden alındı
- Gökçe, C., & Demirtaş, G. (2018). Cari Denge Açısından Yenilenebilir Enerjinin Rolü: Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye İçin Panel Veri Analizi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 25(3), s. 641-654. <https://dergipark.org.tr/en/pub/yonveek/issue/41680/452107> adresinden alındı
- Gujarati , D., & Porter , D. (2012). *Temel Ekonometri* (Beşinci Baskı b.). (Ü. Şenesen, & G. Günlük-Şenesen , Çev.) İstanbul: Literatür.
- Gülay, A. N. (2008). Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin geleceği ve Avrupa Birliği ile karşılaştırılması. İzmir: Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Güleç , A., & Bahadır , O. (2021). SERMAYE YAPISININ BANKALARIN FİNANSAL PERFORMANSINA ETKİSİ: TÜRK BANKACILIK SEKTÖRÜNDE ÖZEL SERMAYELİ MEVDUAT BANKALARINA YÖNELİK UYGULAMA. 120. Galatasaray Üniversitesi.
- Günalp, B. (2017, Aralık 01). Dünyada ve Ülkemizde Nükleer ve Radyolojik Kazaların Tarihçesi. *Nuclear Medicine Seminars*, 3(3), s. 184-188.
- Güner , C. (2016). Cari Açık ve İşsizlik Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları ile Çözümü, Türkiye Örneği. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=OjmdZTAN4WBVY392syWIVQ&no=BJn8sC9MhxhuPUMnAnbp_w adresinden alındı
- Güney, M. U., & Sandalcılar, A. R. (2022). Enerji tüketiminin gelir ve net tasarruflar üzerindeki etkisi: Türkiye örneği. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), s. 278-289. <https://dergipark.org.tr/en/pub/rteusbe/issue/74407/1190797> adresinden alındı

- Hassine, M., & Harrathi, N. (2017, 4 14). The Causal Links between Economic Growth, Renewable Energy, Financial Development and Foreign Trade in Gulf Cooperation Council Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(2), 76-85. <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/3976> adresinden alındı
- Hausman , J. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271.
- İnat, K. (2021). Dünya Enerjisinde Değişim ve Süreklilik Trendleri. B. Özdemir Daşcooğlu, & K. İnat içinde, *Dünya Enerji Trendleri Rezevler, Kaynaklar ve Politikalar* (s. 13-36). İstanbul: Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık A.Ş.
- Jin, T., & Kim, J. (2018). What is better for mitigating carbon emissions – Renewable energy or nuclear energy? A panel data analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, s. 464-471. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118302326?casa_token=qZPoec64A0AAAAAAA:db-3gkKNkWD7Of5ozZzrsmDDXfp_REpSWhOVHsmAGvW8yCs0UU8Lrg3c5LWrUh9JksbL8XOKRQ adresinden alındı
- Jumbe, C. (2004). Cointegration and Causality Between Electricity Consumption and GDP: Empirical Evidence From Malawi. *Energy Economics*, 26(1), s. 61-68. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988303000586> adresinden alındı
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A., & Kim, K.-H. (2018). Solar Energy: Potential and Future Prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82 , s. 894-900. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032117313485> adresinden alındı
- Kamacı, A., Ceyhan , S., & Peçe, M. A. (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle Yurtiçi Tasarruflar Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği. *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(19), s. 83-98. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bartiniibf/issue/45598/550161> adresinden alındı
- Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90(1), 1-44. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304407698000232> adresinden alındı
- Kar , M., Ağır , H., & Türkmen , S. (2019, 09 27). Seçilmiş gelişmekte olan ülkelerde elektrik tüketiminin ekonomik büyümeye etkisinin panel ekonometrik analizi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5(3), s. 37-48. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ead/issue/52423/687170> adresinden alındı
- Kar, M., Ağır , H., & Türkmen , S. (2019, 09 27). Seçilmiş Gelişmekte Olan Ülkelerde Elektrik Tüketiminin Ekonomik Büyümeye Etkisinin Panel Ekonometrik Analizi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5(3), s. 37-48. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ead/issue/52423/687170> adresinden alındı

- Karaaslan , A., & Gezen , M. (2017). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi Türkiye Örneği*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Kasım, M. (2019). İslam İşbirliği Teşkilatı Ülkelerinde Sermaye Piyasalarının Gelişmişliğini Etkileyen Faktörlerin Panel Veri Analizi ile İncelenmesi. (S. B. Enstitüsü, Derleyici) Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi. 2022 tarihinde alındı
- Kaya, K., Şenel, M., & Koç, E. (2018, Temmuz). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. *Technological Applied Sciences*, 13(3), s. 219-234.
- Kete, H. (2020). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerji ve Kamu Politikaları*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Kızıldere , C. (2020). Türkiye'de Cari Açık Sorununun Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Açısından Değerlendirilmesi: Ampirik Bir Analiz. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(2), s. 2121-2139. <https://bmij.org/index.php/1/article/view/1493> adresinden alındı
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the Relationship Between Energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3(2), s. 401-403. <https://www.jstor.org/stable/24806805> adresinden alındı
- Küçük, G., & Dural , B. (2022, 03 29). Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Yeşil Ekonomiye Geçiş: Enerji Senaryoları Üzerinden Bir Değerlendirme. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(1), s. 137-156. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ausbd/issue/69150/1095137> adresinden alındı
- Kükner, A., & Erselcan, İ. Ö. (2012). Dalgalardan Elektrik Enerjisi Elde Etmek İçin Kullanılan Sistemlerin İncelenmesi. *Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi 2012* (s. 61-73). İstanbul: TMMOB Gemi Mühendisleri Odası . file:///C:/Users/nerim/Downloads/GMO_Bildiri2012_web.pdf adresinden alındı
- Leitão, N., & Lorente, D. (2020). The Linkage between Economic Growth, Renewable Energy, Tourism, CO2 Emissions, and International Trade: The Evidence for the European Union. *Energies*, 13(18), s. 1-16. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/18/4838> adresinden alındı
- Magazzino, C., Porrini, D., Fusco, G., & Schneider, N. (2021). Investigating the link among ICT, electricity consumption, air pollution, and economic growth in EU countries. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 16(11-12), s. 976-998. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15567249.2020.1868622> adresinden alındı
- Manga, M., & Ballı, E. (2019). *Enerji ve Çevre Ekonomisi*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım .
- Mucuk, M., & Gerçeker, M. (2021). *Enerjide Dışa Bağımlılık Fosil Yakıtlar ve Yenilenebilir Enerji*. İstanbul: Çizgi Kitabevi.

- Nazlıoğlu, Ő. (2010). MAKRO İKTİSAT POLİTİKALARININ TARIM SEKTÖRÜ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELER İÇİN BİR KARŐILAŐTIRMA. 160. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Oluoch, S., Lal, P., & Susaeta, A. (2021). Investigating Factors Affecting Renewable Energy Consumption: A Panel Data Analysis in Sub Saharan Africa. *Environmental Challenges*, 4, s. 100092. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010021000718> adresinden alındı
- Oral , M. (2020, Ağustos). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve PV2 Uygulamalarının Yerel Ölçekte Değerlendirilmesi: Karabük İli Örneği. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 42, s. 482-503.
- Örgün, B., & Pala, A. (2017, 01 01). Enerji Tüketimi, Dışa Açıklık ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: 28 Avrupa Birliği Ülkesi için Panel Granger Nedensellik Analizi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 54(623), 9-20. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/fpeyd/issue/48022/607319> adresinden alındı
- Orun, A. (2021). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırımlarına Yönelik Teşvikler ve Yenilenebilir Enerjinin Ekonomik Etkileri. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> adresinden alındı
- Özdemir , Y. (2020). *Türkiye'nin Enerji Stratejisi*. Ankara: Atlas Akademik Basım Yayın Dağıtım.
- Pesaran , M., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*(142), 50-93.
- Pesaran, M. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), s. 265-312. doi:10.1002/jae.951
- Pesaran, M., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008, Mart). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), s. 105-127. <https://academic.oup.com/ectj/article/11/1/105-127/5063500> adresinden alındı
- Rasi, S., Lântelä, J., & Rintala, J. (2011). Trace Compounds Affecting Biogas Energy Utilisation – A Review. *Energy Conversion and Management*, 52(12), s. 3369-3375. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890411001968> adresinden alındı
- Rehman, S., Al-Hadhrami, L., & Alam, M. (2015, 04 01). Pumped hydro energy storage system: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 586-598. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115000106> adresinden alındı
- Ruggiero, S., & Lehkonen, H. (2017). Renewable energy growth and the financial performance of electric utilities: A panel data study. *Journal of Cleaner*

Production, 142, s. 3676-3688.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616317206?casa_token=zqC22jy8gqMAAAAA:HWdpDwrm79tPeEjYs7381rNF-37kWd10RAfsf-fZdpbCHoHQ7MewZ30BajWjVV7yG0R4zqx_w adresinden alındı

Sarıtaş, H., Genç, A., & Avcı, T. (2018). Türkiye'de Enerji İthalatı, Cari Açık ve Büyüme İlişkisi: VAR ve Granger Nedensellik Analizi . *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 14(2), s. 181-199. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/668600> adresinden alındı

Sasmaz, M., Karamıklı, A., & Akkucuk, U. (2021). The relationship between renewable energy use and health expenditures in EU countries. *The European Journal of Health Economics*, 22(7), s. 1129-1139. <https://doi.org/10.1007/s10198-021-01312-1> adresinden alındı

SBB. (1979). *Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı*. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara. <https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/> adresinden alındı

SBB. (1984). *Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*. Ankara: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Besinci-Bes-Yillik-Kalkinma-Plani-1985-1989.pdf> adresinden alındı

SBB. (1989). *Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı*. Ankara: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/Altinci_Bes_Yillik_Kalkinma_Planı-1990-1994.pdf adresinden alındı

SBB. (1995). *Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*. Ankara: T. C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/Yedinci_Bes_Yillik_Kalkinma_Planı-1996-2000.pdf adresinden alındı

SBB. (2000). *Uzun vadeli strateji ve sekizinci beş yıllık kalkınma planı*. Ankara: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı . https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/Uzun_Vadeli_Strateji_ve_Sekizinci_Bes_Yillik_Kalkinma_Planı-2001-2005.pdf adresinden alındı

SBB. (2006). *Dokuzuncu beş yıllık kalkınma planı*. Ankara: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Bakanlığı. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/Dokuzuncu_Kalkinma_Planı-2007-2013.pdf adresinden alındı

SBB. (2013). *Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Programı*. Ankara: T. C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Kalkınma Bakanlığı. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Onuncu_Kalkinma_Planı-2014-2018.pdf adresinden alındı

SBB. (2019). *On Birinci Beş Yıllık Kalkınma Programı*. Ankara: T. C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Bakanlığı. <https://www.sbb.gov.tr/wp->

- content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Plani-2019-2023.pdf adresinden alındı
- SBB. (2021, 09 06). *Orta Vadeli Program (2022-2024)*. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı : <https://www.sbb.gov.tr/orta-vadeli-program-2022-2024/> adresinden alındı
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F., & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and Perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 129, s. 457-472. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096014811830301X> adresinden alındı
- Smith, Z., & Taylor, K. (2008). *Renewable and Alternative Energy Resources: A Reference Handbook*. Santa Barbara, California: ABC-CLIO. [https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=OIA-fN3Bd4QC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Smith,+Z.+A.+ve+Taylor,+K.+D.+\(2008\).+Renewable+and+alternative+energy+resources:+a+reference+handbook.+\(First+Edition\).+California:+ABC-CLIO.&ots=cJyF1VQTA4&sig=XhCdQpVUMZrPqsC](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=OIA-fN3Bd4QC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Smith,+Z.+A.+ve+Taylor,+K.+D.+(2008).+Renewable+and+alternative+energy+resources:+a+reference+handbook.+(First+Edition).+California:+ABC-CLIO.&ots=cJyF1VQTA4&sig=XhCdQpVUMZrPqsC) adresinden alındı
- Smolović, J., Muhadinović, M., Radonjić, M., & Đurašković, J. (2020). How does renewable energy consumption affect economic growth in the traditional and new member states of the European Union? *Energy Reports*, 6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720313408> adresinden alındı
- Soerensen, H., & Weinstein, A. (2008). *Ocean Energy: Position paper for IPCC*. Lübeck, Germany: Vice Chair IPCC Working Group III.
- Statistical Review of World Energy* . (2022, Ocak 07). bp.com: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html> adresinden alındı
- Stern, D. (1993). Energy and economic growth in the USA. *Energy Economics*, 15(2), s. 137-150. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/014098839390033N> adresinden alındı
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023). *Enerji*. enerji.gov.tr: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik> adresinden alındı
- TDK. (1932). 03 24, 2022 tarihinde Güncel Türkçe Sözlük: <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alındı
- Timmons, D., Harris, J., & Roach, B. (2014). The economics of renewable energy. *Global Development And Environment Institute, Tufts University*, 52, 1-52.
- Torres-Reyna, O. (2007). Panel Data Analysis Fixed and Random Effects using Stata. *Data and Statistical Services* . New Jersey, ABD. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57152357/-_Panel101-libre.pdf?1533713712=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPanel_Data_Analysis_Fixed_and_Random_Eff.pdf&Expires=1691400003&Signature=WXvQWzqHERz0eAPW7WQyHqJCDkEAYeujQa312BHYr~RhmhusC8e adresinden alındı

- Uçak, S. (2019). Yenilenebilir enerji- Cari Denge : Kırılgan Beşli Örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(3).
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/830685> adresinden alındı
- Üçgül, İ., & Elibüyük , U. (2017, 11 22). Yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji jeopolitiği. *Anka E-Dergi*, 2(1), s. 26-33.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/anka/issue/32212/357703> adresinden alındı
- Uğur, A. A., & Özsabuncuoğlu, H. (2005). *Doğal Kaynaklar Ekonomi, Yönetim ve politika*. Ankara: İmaj Yayınevi.
- Umutlu , H., & Bayraç , H. N. (2020, Ekim 01). Türkiye'de Doğalgaz Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Granger Nedensellik Analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 20(40), s. 217-226. Mart 09, 2022 tarihinde alındı
- Yanar , R., & Kerimoğlu, G. (2011). Türkiye'de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 3(2), s. 191-201.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ebd/issue/4858/66835> adresinden alındı
- Yu, E., & Hwang, B.-K. (1984). The Relationship Between Energy and GNP. *Energy Economics*, 6(3), s. 186-190.
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/014098838490015X> adresinden alındı
- Yüksel, Ö. (2022). Çevre Ekonomi İlişkisinin Çevresel Kuznets Eğrisi Kapsamında Analizi: G-20 Ülkeleri Örneği. *Sosyal Bilimler Enstitüsü*. Tekirdağ : TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ.
- Yükseler , Z. (1998). *Makroekonomik Hesaplar ve Ödemeler Dengesi*. Devlet Planlama Teşkilati Yıllık Programlar ve Konjonktür Değerlendirme Genel Müdürü.
https://sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Makro_Ekonomik_Hesaplar_ve_Odemeler_Dengesi%E2%80%8B.pdf adresinden alındı
- Zellner, A. (1962, 06 27). An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias. *Journal of the American Statistical Association*, 57(298), s. 348-368.
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1962.10480664> adresinden alındı