

T. C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT TEORİSİ BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BENELÜKS ÜLKELERİ VE TÜRKİYE
ÖRNEĞİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN
EKONOMİK BÜYÜMEYE ETKİSİ

SUSAN SHIRINOVA
2501211018

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Deniz GİZ

İSTANBUL – 2023

ÖZ

BENELÜKS ÜLKELERİ VE TÜRKİYE ÖRNEĞİNDE

YENİLENEBİLİR ENERJİNİN EKONOMİK BÜYÜMEYE

ETKİSİ

SUSAN SHIRINOVA

Enerji, ulusların ekonomik büyüme hedeflerini gerçekleştirmeleri için temel bir ön koşul olarak durmaktadır. Artan küresel nüfus ve hızlı teknolojik ilerleme, giderek artan bir enerji talebine katkıda bulunmaktadır. Çoğu ülke, artan enerji ihtiyaçlarını öncelikle fosil yakıt kaynakları yoluyla karşılamaktadır. Bu fosil yakıt rezervuarları coğrafi olarak yoğunlaşmıştır ve bu da enerji eksikliği olan ulusların yabancı enerji kaynaklarına bağımlı hale gelmesine neden olmaktadır. Ek olarak, fosil yakıtların doğası gereği sonludur; yandığında, çevre kirliliğine katkıda bulunan karbondioksit salmaktadırlar. Kaynakların nihai olarak tükenmesi ve çevresel bozulmaya ilişkin endişeler, ülkeleri alternatif seçenekleri araştırmaya sevk etmiştir. Sonuç olarak, ülkeler, CO₂ emisyonlarını azaltmak, ekolojik etkileri azaltmak ve enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için yerel olarak mevcut olan yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklanmışlardır.

Bu çalışmada, 1990'dan 2022'ye kadar Benelüks ülkeleri ve Türkiye'de yenilenebilir enerjinin Gayri Safi Yurtiçi Hasılası (GSYİH) üzerindeki etkileri incelenmektedir. Yenilenebilir enerji tüketiminin genel enerji tüketimine oranı da dahil olmak üzere CO₂ emisyonları ve enflasyon gibi değişkenler de dikkate alınmıştır. Çalışmanın bulguları, yenilenebilir enerji kullanımının ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir. Benelüks ülkeleri ve Türkiye üzerinde yapılan analizden elde edilen bulgulara göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki %1'lik artışın Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'da (GSYİH) %0,62'lik bir büyümeye yol açtığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Büyüme, Yenilenebilir Enerji, Benelüks, Sürdürülebilir Kalkınma, Panel Veri Analizi.

ABSTRACT

**THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES ON
ECONOMIC GROWTH IN THE CASE OF THE BENELUX
COUNTRIES AND TURKEY**

SUSAN SHIRINOVA

Energy stands as a basic prerequisite for nations to achieve their economic growth goals. A growing global population and rapid technological progress contribute to an ever-increasing energy demand. Most countries meet their growing energy needs primarily through fossil fuel sources. These fossil fuel reservoirs are geographically concentrated, causing energy-deficient nations to become dependent on foreign energy sources. Additionally, fossil fuels are finite in nature; When burned, they release carbon dioxide, which contributes to environmental pollution. The eventual depletion of resources and concerns about environmental degradation have prompted countries to explore alternative options. As a result, countries have focused on locally available renewable energy sources to reduce CO₂ emissions, reduce ecological impacts, and reduce foreign dependency on energy.

In this study, the effects of renewable energy on the Gross Domestic Product (GDP) in Benelux countries and Turkey from 1990 to 2022 are examined. Variables such as CO₂ emissions and inflation are also considered, including the ratio of renewable energy consumption to overall energy consumption. The findings of the study show that the use of renewable energy has a positive effect on economic growth. According to the findings obtained from the analysis made on Benelux countries and Turkey, it has been shown that a 1% increase in the use of renewable energy sources leads to a 0.62% growth in the Gross Domestic Product (GDP).

Keywords: Economic Growth, Renewable Energy, Benelux, Sustainable Development, Panel Data Analysis.

ÖNSÖZ

Enerji, ekonomik ilerlemenin temel itici gücü olarak hizmet eden, üretim ve tüketim faaliyetlerinin kesintisiz ilerlemesini kolaylaştırmak için vazgeçilmez bir gerekliliktir. Gelişen teknoloji ve artan nüfus, enerjiye olan ihtiyacın artmasına neden olmuştur. Artan enerji ihtiyacı, doğal gaz, petrol ve kömür gibi fosil yakıtların kullanımı ile ilgili zorluklara yol açmıştır. Bu zorluklar, istikrarlı bir enerji arzının sürdürülmesine ilişkin sorunları ve çevre kirliliği ile ilgili endişeleri içermektedir.

Bu araştırma, temel kavramsal açıklamalara odaklanarak, enerji kaynaklarını sınıflandırarak ve yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarını inceleyerek başlamaktadır. Ancak, bu araştırma özellikle odaklandığı konu, yenilenebilir enerji kaynaklarının Benelüks ülkeleri ve Türkiye'deki durumlarının değerlendirilmesidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının Benelüks bölgesinde ve Türkiye'de bulunabilirliği, kullanımı ve kurulu güç kapasitesini detaylı bir şekilde ele alan kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Bu kaynakların kritik önemi vurgulanarak ayrıntılı bir şekilde açıklanmakta ve politika yapıcıların gelecekteki senaryoları ele alırken ilgili araştırmaları göz önünde bulundurması gerektiğini öne süren politika önerileriyle tamamlanmaktadır. Enerjideki yabancı kaynak bağımlılığı, bir ülkenin ekonomik gelirinin yarısından fazlasının enerji ithalatına yönlendirilmesiyle sonuçlanmakta ve bu durum ülkeyi diğer ülkelerle diplomatik açıdan dezavantajlı bir konuma sokmaktadır. Küresel bir literatür taraması, Benelüks ülkeleri ve Türkiye dahil olmak üzere, üretimde yaygın bir şekilde kullanılan yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan geniş bir bağımlılığı ortaya koymaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı, enerji üretiminde CO2 emisyonlarına ve dolayısıyla çevre kirliliğine neden olmaktadır. Hem enerji üretimi hem de çevresel etkilerin azaltılması hedeflendiğinde, temiz enerji kavramı öne çıkar, özellikle de yenilenebilir enerji kaynakları. Çalışma, çevre kirliliğini azaltmak ve enerji dışı bağımlılığını azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik verilmesinin önemini vurgulamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, çevre dostu ve sürdürülebilir özellikleri nedeniyle kullanım açısından oldukça çekici olsa da yüksek kurulum maliyetleri, tam anlamıyla kapsamlı enerji üretimini gerçekleştirmenin önündeki en büyük engeldir. Bu bağlamda, tam ekonomik

ve politik özerkliğe ulaşmanın, enerji üretimi ve tüketiminde dengeyi sağlayabilen, kendi kendine yeten bir ulus olma hedefine bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu düşünceleri göz önüne alarak, bu çalışma, yenilenebilir enerji kullanımının ekonomik büyüme üzerindeki potansiyel etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır.

Bu aşamada, anlayışı, hoşgörüsü, güler yüzü ve bilgi birikimiyle her yönden beni yönlendiren kıymetli danışmanım Doç. Dr. Deniz GİZ'e derin teşekkürlerimi iletmek isterim.

Bu zorlu süreçte benden desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma da içtenlikle teşekkür ediyorum.

SUSAN SHIRINOVA
İSTANBUL, 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ

1.1. Enerji Kaynakları	3
1.1.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları.....	3
1.1.1.1. Fosil yakıtlar	4
1.1.1.1.1. Petrol.....	4
1.1.1.1.2. Doğalgaz	5
1.1.1.1.3. Kömür	5
1.1.1.2. Nükleer enerji	6
1.1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları	6
1.1.2.1. Hidrolik enerji.....	8
1.1.2.2. Jeotermal enerji	11
1.1.2.3. Güneş enerjisi	14
1.1.2.4. Rüzgâr enerjisi	15
1.1.2.5. Biyokütle enerjisi	18
1.1.2.6. Dalga enerjisi	19
1.2. Küresel Yenilenebilir Enerji Kaynakları	20
1.2.1. Küresel yenilenebilir enerji üretimi	20
1.2.2. Küresel yenilenebilir enerji tüketimi	23
1.3. Benelüks Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	24
1.3.1. Benelüks ülkelerinde yenilenebilir enerji üretimi.....	26
1.3.2. Benelüks ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi.....	28
1.5. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları	32
1.5.1. Türkiye’de yenilenebilir enerji üretimi	32
1.5.2. Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi	34

İKİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ

2.1. Büyüme Teorileri	38
2.1.1. Klasik büyüme teorileri	39
2.1.1.1. Adam Smith	40
2.1.1.2. Robert Malthus	42
2.1.1.3. David Ricardo	44
2.1.2. Marksist büyüme teorisi	46
2.1.3. Keynesyen büyüme teorisi	47
2.1.4. Harrod-Domar büyüme teorisi.....	49
2.1.5. Neo-Klasik büyüme teorisi.....	50
2.1.6. Rostow büyüme teorisi	54
2.1.7. İçsel büyüme modeli	55
2.1.7.1. AK modeli	56
2.1.7.2. ARGE modeli	59
2.1.7.3. Beşerî sermaye modeli	60
2.1.7.4. Yaparak öğrenme teorisi	62
2.1.7.5. İçsel büyüme modelleri ve yenilenebilir enerji ilişkisi	64
2.2. Yenilenebilir Enerjinin Ekonomik Etkileri	65
2.2.1. Büyümeye etkileri.....	66
2.2.2. Sanayiye etkileri	69
2.2.3. Gelişmişlik düzeyine etkileri.....	71
2.2.4. İstihdama etkileri	72
2.2.5. Çevreye etkileri	74
2.2.6. Verimliliğe etkileri.....	76
2.2.7. Tarıma etkileri.....	77
2.2.8. Turizme etkisi	78
2.2.9. Cari açığa etkisi	80
2.2.10. Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelere etkisi.....	80
2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dışsalılığı	83

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BENELÜKS ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİNİN EKONOMİK BÜYÜMEYE ETKİSİ ÜZERİNE AMPİRİK İNCELEME

3.1. Literatür Taraması	85
3.2. Veri Seti ve Araştırma Yöntemi	94
3.2.1. Veri seti.....	94

3.2.2. Panel veri analizi	95
3.2.2.1. <i>Değişkenlerin özet istatistiği ve EKK(en küçük kareler) regresyonu</i>	<i>96</i>
3.2.2.2. <i>Çoklu doğrusal bağlantı</i>	<i>97</i>
3.2.2.3. <i>Birim veya zaman etki arasında seçim</i>	<i>98</i>
3.2.2.3.1. <i>LR testi</i>	<i>99</i>
3.2.2.3.2. <i>F testi</i>	<i>101</i>
3.2.2.3.3. <i>LM testi</i>	<i>102</i>
3.2.2.4. <i>Hausman testi</i>	<i>104</i>
3.2.2.5. <i>Normal dağılım testi.....</i>	<i>106</i>
3.2.2.6. <i>Heteroskedastisite testi.....</i>	<i>107</i>
3.2.2.7. <i>Otokorelasyon testi.....</i>	<i>107</i>
3.2.2.8. <i>Birimler arası korelasyon testi.....</i>	<i>108</i>
3.2.2.9. <i>Driscoll-Kraay tahmincisi.....</i>	<i>109</i>
3.2.3. Bulguların değerlendirilmesi ve politika önerileri.....	110
SONUÇ.....	113
KAYNAKÇA	116

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1 Benelüks Ülkelerinde Toplam Yenilenebilir Enerji Üretimi 2000-2008.....	27
Tablo 2 Benelüks Ülkelerinde Toplam Yenilenebilir Enerji Üretimi 2009-2019.....	27
Tablo 3 Benelüks Ülkelerinde Kişi başı Yenilenebilir Enerji Tüketimi	29
Tablo 4 Türkiye Yenilenebilir Enerji Üretimi Büyümesi Yıllara göre, 1966-2021 ..	34
Tablo 5 Nüfus ve Üretim Artışı.....	43
Tablo 6 Literatür Taraması.....	93
Tablo 7 Analize dahil edilmiş değişkenler	95
Tablo 8 Değişkenlerin özet istatistiği	96
Tablo 9 Düzeltilmiş değişkenlerin özet istatistiği	96
Tablo 10 En Küçük Kareler Modeli	97
Tablo 11 Çoklu Doğrusal Bağlantının belirlenmesinde VIF testi	98
Tablo 12 LR Testi Birim veya Zaman etkisi	100
Tablo 13 LR testi Birim etkisi	100
Tablo 14 LR testi Zaman etkisi	100
Tablo 15 F testi Birim veya Zaman etkisi	101
Tablo 16 F testi Birim etki	102
Tablo 17 F testi Zaman etki.....	102
Tablo 18 LM testi Birim etki.....	103
Tablo 19 LM testi Zaman etki	103
Tablo 20 Birim ve Zaman etkileri testlerin geneli	104
Tablo 21 Hausman testi	105
Tablo 22 Dirençli Hausman testi	105
Tablo 23 Sabit Etkiler Modeli	106
Tablo 24 Jarque Bera normal dağılım testi.....	106
Tablo 25 Düzeltilmiş Wald heteroskedastisite testi	107
Tablo 26 Bhargava, Durbin-Watson, Baltagi-Wu Otokolerasyon testi.....	108
Tablo 27 Breusch-Pagan Otokorelasyon testi	109
Tablo 28 Driscoll-Kraay Tahmincisi.....	110

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Ülkelere göre yenilenebilir kaynaklardan oluşan birincil enerjinin payı.....	20
Şekil 2 Kıtalara göre yenilenebilir kaynaklardan oluşan birincil enerjinin payı	21
Şekil 3 Yenilenebilir Enerji Üretiminde Kaynaklar Arasında Paylaşımı	22
Şekil 4 Toplam Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerjinin Payı.....	23
Şekil 5 Toplam Enerji Tüketiminde Yenilenebilir Enerjinin Payı	24
Şekil 6 Benelüks ülkelerinde Toplam Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Üretiminde payı	28
Şekil 7 Rüzgâr enerjisi kişi başı enerji tüketimi	30
Şekil 8 Hidroelektrik enerjisi kişi başı enerji tüketimi	31
Şekil 9 Güneş enerjisi kişi başı enerji tüketimi.....	31
Şekil 10 Türkiye Yenilenebilir Enerji üretiminde yıllık değişim	33
Şekil 11 Türkiye kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi.....	36
Şekil 12 Türkiye kişi başı hidro enerji tüketimi	36
Şekil 13 Türkiye kişi başı güneş enerjisi tüketimi	37
Şekil 14 Türkiye kişi başı rüzgâr enerjisi tüketimi	37
Şekil 15 Azalan Verimler Durumunda Üretim	43
Şekil 16 AK modeli için Solow diyagramı	57

KISALTMALAR LİSTESİ

GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
BENELÜKS	: Belçika, Hollanda, Lüksemburg
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
EKK	: En Küçük Kareler
ÇDB	: Çoklu Doğrusal Bağlantı
VIF	: Varyans Enflasyon Faktörü

GİRİŞ

İnsanlık tarihi, hayatı sürdürmek ve değişen ihtiyaçları karşılamak için gerekli olan enerji kaynaklarına olan ihtiyaç nedeniyle sürekli bir arayış içinde olmuştur. Bu uzun soluklu arayış, zaman içinde çeşitli teknolojik gelişmeler ve önemli ilerlemelerle şekillenmiştir. Sanayi devriminin başlangıcıyla birlikte, gelişmiş ülkeler, enerji taleplerini karşılamak için Dünya'nın yer altı fosil yakıt rezervlerini yoğun bir şekilde kullanmışlardır. Ancak, bu süreç teknolojinin ilerlemesiyle birlikte enerji tüketiminde dramatik bir artışa neden olmuş, bu da mevcut enerji krizini derinleştirmiştir.

Buna ek olarak, fosil yakıtların kullanımı atmosfere karbon dioksit (CO₂) ve diğer sera gazlarının salınmasına yol açarak küresel sıcaklıklarda artışa neden olmaktadır. Bu emisyonlar, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilikte azalmaya katkıda bulunarak küresel ölçekte ciddi sorunlara neden olmaktadır. Bu bağlamda, enerji sorunlarına çözüm bulmak amacıyla birçok ülke çeşitli stratejiler geliştirmiştir.

Fosil yakıtların çevresel etkilerini azaltmak ve enerji tedarikini daha sürdürülebilir hale getirmek adına, yerel, sürdürülebilir ve tükenmez enerji kaynaklarının teşvik edilmesi son derece kritiktir. Sürdürülebilir enerji kaynaklarının teşviki, doğal kaynakların korunması ve yenilenebilir enerji türlerinin kullanılması yoluyla çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Bu kaynaklar, karbon emisyonlarını azaltarak iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, sürdürülebilir enerji projeleri genellikle ekosistemlere daha az zarar vermekte ve doğal kaynakların tükenmesini önlemektedir.

Küresel ısınmayı azaltma amacıyla yapılan uluslararası çabalarda, çevre dostu enerji kaynaklarına özellikle vurgu yapılmakta ve hidroelektrik, jeotermal, güneş, gelgit, rüzgâr, biyokütle ve biyoyakıt gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması hedeflenmektedir. Bu stratejiler, sürdürülebilir enerji uygulamalarını yaygınlaştırarak Türkiye ve Benelüks ülkeleri gibi bölgelerde benzer adımların atılmasına olanak tanıyabilir.

Türkiye ve Benelüks ülkeleri, enerji geçişine yönelik adımları hızlandırma çabalarında, daha verimli enerji kullanımını teşvik etme ve yenilenebilir enerji teknolojilerini benimseme konularında çeşitli politikalar geliştirmektedirler. Bu süreç,

uluslararası iş birliği ve bilgi alışverişi ile sürdürülebilir enerji dağıtımını desteklemeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak, Türkiye ve Benelüks ülkeleri, enerji alanındaki gelişmeleri destekleyen ortak araştırma ve geliştirme girişimleri ile sürdürülebilir bir enerji geleceğine yönelik kararlılıklarını sürdürmektedirler.

Bu tezde, yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki potansiyel etkisini incelemek için Benelüks ülkeleri ve Türkiye için yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ampirik bir analizi sunulmaktadır. Bu bağlamda, birinci bölümde enerji kaynakları detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Ardından küresel yenilenebilir enerji kaynakları, Benelüks ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları şekil ve tablolar yardımıyla incelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümde ekonomik büyümeyi daha iyi anlamak için büyüme teorilerinden bahsedilmiş, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye değinilmiştir. Üçüncü bölüm, literatür taramasının bir özetini sunmakta ve Benelüks ülkeleri ve Türkiye için yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki hakkında panel veri analizi kullanılarak ampirik analizler gerçekleştirilmektedir. Ardından bulgular incelenerek politik öneriler verilmiştir. Son olarak sonuç kısmında çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ

1.1. Enerji Kaynakları

Enerji, 1807'de Thomas Young tarafından ortaya atılan bir terimdir ve iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmıştır (Thomas, 1807, s. 52). İlk insanların basit ve ilkel enerji ihtiyaçları olmuştur. Günümüz toplumunda, ilk insanlara kıyasla daha fazla enerji tüketilmektedir. Günümüzde enerji, ekonomik kalkınmada ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir faktördür. Enerji kaynakları, modern dünyada ısı üretebilen, yaşam sağlayabilen, nesneleri hareket ettirebilen, elektrik üretebilen veya diğer enerji dönüşüm süreçleri için kullanılan tüm yakıt türleridir. Enerji kaynakları kabaca, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak iki kategoriye ayrılmaktadır.

1.1.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları, tüketildikleri oranda yenilenemeyen sınırlı doğal kaynaklardır. Bu enerji türü, tükenmeye mahkûm olan ve ömrümüz boyunca yenilenmeyecek kaynaklardan elde edilmektedir. Oluşmaları milyonlarca yıl almaktadır.

Yenilenemeyen enerji çoğunlukla fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Kayaların ve diğer tortulların altında depolanan bitki ve hayvanların yüz milyonlarca yıl yüksek sıcaklık ve basınç altında çürümesi sonucu yer kabuğunda oluşmaktadırlar. Bu kalıntılar, kömür, doğal gaz ve petrol dahil olmak üzere fosil yakıtlara dönüşmektedir.

Tüm fosil yakıtlar Yenilenemeyen enerji olmasına rağmen, Yenilenemeyen enerjilerin tümü fosil yakıt değildir. Diğer yenilenemeyen enerji türleri arasında uranyum, mineraller ve çelik, fosfat, alüminyum vb. gibi metaller bulunmaktadır.

Yenilenemeyen enerji kaynakları temel olarak petrol, doğal gaz, kömür ve uranyumdan elde edilmektedir. İlk üçü, fosil yakıtın yakılması sonucu elde edilen enerjidir, uranyum ise nükleer enerjiden elde edilmektedir.

1.1.1.1. Fosil yakıtlar

Enerji, insan toplumunun demografik, ekonomik ve sosyal gelişimi boyunca kritik bir rol oynamıştır. Bir toplumda çeşitli enerji ve maddi kaynakların mevcudiyeti ve kalitesi, her uygarlığın yaşadığı yerleşme, büyüme ve nihai düşüşün genel eğilimi ile bağlantılıdır (White, 1959, s. 33).

Ekonomik dalgalanmalar, doğrudan veya dolaylı olarak, bir toplumun ucuz ve bol enerjiye erişimindeki farklılıklardan kaynaklanma eğilimindedir. Günümüzde fosil yakıt kaynakları, en önemli küresel emtialar arasında yer almakta ve üretim ve dağıtım için vazgeçilmezdir. Fosil yakıtlar, toplumlar tarafından tüketilen toplam enerjinin %75'inden fazlasını sağlamaktadır. Modern toplumun refahı ve istikrarı, enerjinin, özellikle de petrolün üretimi ve tüketimiyle ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır (Odum, 1973, s. 220, 222).

1.1.1.1.1. Petrol

Petrol, yüksek enerji yoğunluğu, bolluğu ve standart sıcaklık ve basınçlarda kolay taşınabilirliği nedeniyle küresel enerjinin en önemli kaynaklarından biridir. Petrol, dünyanın toplam birincil enerji arzının üçte birinden (%34,8) fazlasından sorumludur. Küresel petrol üretiminin yaklaşık %70'i ulaşım ve petrokimya için kullanılmaktadır (IEA, 2010).

Petrol, temel olarak hidrokarbonlardan oluşan bir maddedir. İçeriğinde kükürt, azot ve oksijen gibi bileşenler bulunmaktadır. Petrol, sıvı, gaz ve katı formda farklı formlarda bulunabilmektedir. Petrolün oluşumu, bitki ve hayvan kalıntılarının zaman içinde taşlaşmasıyla uzun bir süreç sonucunda gerçekleşmiştir (Adıgüzel, 2018, s. 6).

Petrolün ticarete konu bir metaya ve aynı zamanda doğal bir kaynağa dönüşmesi, medeniyet tarihinde bir paradigma kaymasına neden olmuş, yeni bir değerler, yetenekler ve güçler dizisi getirerek bilim, teknoloji, üretim gibi çeşitli toplumsal çabaların yönünü şekillendirmiştir. Enerji tüketimi, buna karşılık gelen dünya çapında yaşam standardının yükselmesine yol açmıştır. 160 yıllık petrol temelli uygarlık bu paradigmaya dayanmaktadır ve birçok eleştiriye ve eksikliğe rağmen petrol, hayatımızın önemli bir bileşeni olmaya devam etmektedir (Smil, 2017, s. 385).

1.1.1.1.2. Doğalgaz

Doğalgaz, dünya yüzeyinin derinliklerinde oluşan fosil yakıtlardan biridir. Bu enerji kaynağı, çeşitli kimyasal bileşikleri içermektedir. Doğalgazın en belirgin bileşeni, metan adı verilen bir molekül olup, bu molekül bir karbon atomu ile dört hidrojen atomundan oluşmaktadır. Doğalgaz aynı zamanda, hidrokarbon olmayan gazlar arasında karbondioksit ve su buharını içeren sıvı doğalgazları ve diğer gazları içermektedir.

Doğalgaz, yakıt, malzeme ve kimyasal üretiminde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Doğalgazın yeraltından çıkarılma yöntemi, petrol çıkarma işlemine oldukça benzerlik göstermektedir. Yer altı madenciliği prosedürü tamamlandıktan sonra, doğalgaz boru hatları aracılığıyla taşınmaktadır. Dünya çapında bulunan doğalgaz rezervleri yaklaşık olarak 76 trilyon metreküp hacme sahiptir ve bu rezervlerin büyük bir kısmı Rusya'ya aittir (Erdoğan, 2014, s. 51).

1.1.1.1.3. Kömür

Kömür, yüksek düzeyde karbon ve hidrokarbon içeren, yanıcı siyah veya kahverengimsi tortul bir kayadır. Kömür, yenilenemeyen bir enerji kaynağı olarak kategorize edilir, çünkü oluşumu milyonlarca yıl süren bir süreci gerektirir. Kömür, yüz milyonlarca yıl önce bataklık ormanlarında yaşayan bitkilerin biriktirdiği enerjiyi içermektedir.

Buharla çalışan makinelerin icadıyla birlikte, kömürün dünya ekonomisindeki önemi artmıştır. Dünya genelinde 50'den fazla ülke, kömür üretimi gerçekleştirmektedir (Karaaslan & Aydın, 2020, s. 1354).

2019 yılında dünya çapında kömür üretimi, kömür talebindeki düşüşe kıyasla %1,5 artarak 7 953 Mt'a yükselmiş ve bu nedenle kömür stokları genişlemiştir. Bu üretimin yaklaşık %86'sını termal kömür, geri kalanını ise metalürjik kömür oluşturmuştur. Dünyanın en büyük kömür üreticisi Çin, küresel kömür üretiminin yaklaşık %46'sını oluşturmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği'nde üretim düşerken, dünya kömür üretimindeki artış, çoğunlukla Asya Pasifik bölgesindeki ülkeler (küresel üretimin %73'ü), özellikle Çin, Hindistan ve Avustralya tarafından sağlanmaktadır (IEA, 2020).

1.1.1.2. Nükleer enerji

Nükleer enerji, 21. yüzyılın ilerleyen zamanlarında en önemli enerji kaynağı olma potansiyelini taşımaktadır. Nükleer enerji, sera gazı emisyonları olmadan temel yük elektriği sağlamada fosil yakıtlarla rekabet edebilecek tek seçenektir. Rüzgâr, güneş, okyanuslar vb. dahil olmak üzere diğer yenilenebilen enerji kaynakları, her zaman mevcut olmadıkları için doğal olarak temel yük elektriği sağlayamamaktadırlar. Ayrıca, nükleer suyun güvenli bir şekilde işlenmesi ve bertarafı için çeşitli stratejiler geliştirilmiş ve test edilmiştir. Dünyanın enerji tüketimi istikrarlı bir şekilde arttıkça nükleer gücün giderek daha önemli hale geleceği sonucuna varılmaktadır. Atom enerjisinin kullanımında yarım asırlık deneyim, onu kullanmak ve buna bağlı atıkları yönetmek için güvenli bir yol sağlamıştır (Haydar & Mohsan, 2005, s. 7).

Nükleer enerji, dünya elektriğinin %17'sinden fazlasını sağlamaktadır. Bu, 1960 yılındaki toplam enerji tüketiminden daha fazladır (WEC, 1998). Bugün 31 ülke elektrik üretmek için nükleer enerji kullanmakta ve elektrik ihtiyacının yüzde 1 ila 75'ini karşılamaktadır (IAEA, 2000).

Bugün dünya çapında 1100'den fazla nükleer reaktör çalışmaktadır. Bunlardan 310'u tıp ve endüstri için izotop üreten araştırma reaktörleri, çoğu denizaltı olmak üzere gemilere güç sağlayan 400'den fazla reaktör ve elektrik üreten 440 reaktördür (Lacey, 2018).

Halihazırda uranyumun %95'i elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Burada kömür ve bir dereceye kadar doğal gaz ile rekabet etmektedir. Yakın geçmişte, nükleer enerji dünya elektriğinin önemli bir kaynağı haline gelmiştir. Özellikle nükleer elektriğin görece ekonomik avantajında veya etik olarak arzu edilirliğinde eğer bir değişikliğe yol açılsa, çok daha fazla katkıda bulunma potansiyeline sahiptir (Haydar & Mohsan, 2005, s. 8).

1.1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Geleneksel enerji kaynakları olan petrol, kömür ve doğal gaz, ekonomik ilerlemenin güçlü itici faktörleri olmakla birlikte, aynı zamanda çevre ve insan sağlığına zarar verdiği bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Bu fosil yakıtlarla çalışan enerji kaynakları, çeşitli çevresel sorunlarla artan bir şekilde mücadele etmektedir ve gelecekteki kömür kullanımının en büyük zorluklarından biri, Kyoto Protokolü'nün

sera gazı azaltım hedefleriyle yüzleşmektir. Artık açıktır ki, karbonu yoğun bir şekilde tecrit etmeye yönelik radikal çabalardan başka, küresel bir petrol ve kömür ekonomisi, CO₂ seviyelerini 550 ppm'nin altında tutma hedefine ulaşma çabalarını sürdüremeyecektir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli oldukça büyük olup, prensipte dünya enerji talebinin çok üzerinde bir kapasiteye sahip oldukları görülmektedir. Biyokütle, rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları, yerel kaynakların kullanımına dayalı olarak sürekli enerji sağlama yeteneğine sahiptir. Güneş ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin maliyetlerinin son 30 yılda önemli ölçüde azaldığı ve bu düşüş trendinin devam ettiği göz önüne alındığında, petrol ve gaz fiyatlarının dalgalanmasına karşın, yenilenebilir enerji temelli sistemlere geçiş giderek daha gerçekçi ve olası bir seçenek haline gelmektedir. (Antonia, Timothy, & Daniel, 2001, s. 1).

Hidroelektrik, rüzgâr, jeotermal, güneş ve biyokütle kaynakları doğa tarafından zamanla yenilendiği için yenilenebilir enerji kaynakları olarak kabul edilmektedir. Fang'a (2011, s. 5121) göre, politika yapıcılar ve genel halk gibi büyük paydaşların bu enerji kaynaklarından iki büyük beklentisi bulunmaktadır. Esas olarak sürdürülebilir ekonomik büyüme ile sonuçlanabilecek ekonominin enerji gereksinimlerini karşılamakla ilgilidir. İkincisi, fosil yakıtların kullanımı nedeniyle endişe verici bir hızla bozulmakta olan çevrenin şimdiki ve gelecek nesiller için korunması ile ilgilidir.

Çağdaş zamanlarda, nüfus dünya çapında muazzam bir şekilde artmakta ve sonuç olarak tükenebilir kaynaklardan enerji üretimi talebi artmaktadır. Bu nedenle çevresel kaygılar ve enerji fiyatlarındaki artışlar büyüyen ekonominin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmaktadır. Bunun aksine, yenilenebilir enerji, enerji güvenliğini artırmak ve iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi sorunların çözümü için bir seçenektir. Yenilenebilir enerji, sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı sağlamak için gerekli bir unsurdur (Sebri & Ben-Salha, 2014, s. 2). Moldan ve Janoušková (2012) ve Beça ve Santos (2010), sürdürülebilir büyümenin sosyal, ekonomik ve çevresel olmak üzere üç boyutunu önermişlerdir. Sürdürülebilir kalkınma için sosyal refahı dikkate almak çok önemlidir. Ekonomik kalkınmanın sürdürülebilirliği, nüfusu etkileyen ekolojik, ekonomik ve sosyal krizlere verilen yanıtların yanı sıra hava değişiklikleri ve afetlerin çözüm yolunu ortaya koymaktadır.

1.1.2.1. Hidrolik enerji

Artan elektrik talebini karşılamak birçok ülke için zor kararlar vermektedir. Özellikle sera gazı yayan enerji kaynaklarından uzaklaşmayı teşvik eden iklim değişikliği zorunlulukları ışığında, karar verme bağlamı da değişmektedir. Hidroelektrik, yüksekten alçak irtifalara doğru hareket eden enerjiyi kullanan ileri bir teknolojidir. Büyük rezervuar projelerinden küçük nehir tesislerine kadar çeşitli şekil ve boyutlarda olmaktadır. Hidroelektrik yenilenebilir ve düşük sera gazı emisyonlarına sahiptir. Bir dizi hizmet sağlayan birinci sınıf bir enerji kaynağıdır. Bunlar arasında baz yük ve tepe yük üretimi ve özellikle yenilenebilir enerji olmak üzere diğer elektrik üretim biçimlerine yönelik destek yer almaktadır. Bu güçlü yönleri rağmen, son on yıllardaki hidroelektrik gelişmeleri beraberindeki sosyal ve çevresel kaygılar nedeniyle oldukça tartışmalı olmuştur. Hidroelektrik geliştiricileri ve operatörlerinin yanı sıra hükümet planlayıcıları ve düzenleyicileri için bir zorluk, iyi uygulamaları ve sürdürülebilir hidroelektrik projelerini teşvik eden araçlar geliştirmek olmuştur. Finansörler ve kalkınma ortakları da benzer şekilde kendi yaklaşımlarını geliştirmişlerdir. Daha da önemlisi, hidroelektrik sürdürülebilirliğini değerlendirmek ve yönlendirmek için bu çabalarda bir miktar yaklaşma olmuştur. Her gün milyarlarca insan hidroelektriğe bağımlı olmakla beraber hidroelektrik, evlere, ofislere, fabrikalara, hastanelere ve okullara güç sağlamaktadır. Hidroelektrik enerji, genellikle gelişmekte olan bir ülkenin kırsal alanlara uygun fiyatlı elektrik getirmek için kullandığı ilk yöntemlerden biridir. Hidroelektrik, bir topluluğa sunulan hijyen, eğitim ve istihdam fırsatlarını iyileştirmeye yardımcı olmaktadır. Örneğin Çin ve Hindistan, gelişmeleri hızla büyüdüğü için son on yılda düzinelerce baraj inşa etmiştir. Bununla birlikte, hidroelektrik genellikle bir insan maliyetine sahiptir. Hidroelektrik enerji projeleri için gereken devasa barajlar, tüm vadileri sular altında bırakan rezervuarlar yaratmaktadır. Baraj inşaatı başladığında evler, topluluklar ve kasabalar yer değiştirebilmektedir (Askari & Mirhabibi, 2015, s. 19).

Hidroelektrik, dünya çapındaki en büyük düşük karbonlu elektrik kaynağıdır ve tüm diğer yenilenebilir enerjilerin toplamını geride bırakmaktadır. Tüm kıtalarda kayıtlı 9000'den fazla hidroelektrik barajıyla, küresel olarak tüm yenilenebilir enerjinin neredeyse %70'ini sağlamaktadır (IEA, 2019). Yapılan araştırmalar

sonucunda hidroelektriğin 2040'ta düşük karbonlu elektriğin en önemli kaynağı olmaya devam edeceğini göstermektedir (International Energy Agency, 2009, s. 17).

Hidroelektrik barajların faydaları, maliyetleri ve riskleri literatürde kapsamlı bir şekilde analiz edilmiş ve tartışmalara konuk olmuştur (Billington & Jackson, 2006). Tartışmalardan biri, projenin geliştirilmesinin farklı aşamalarında faydalar, maliyetler ve riskler değişmesidir. Mali, sosyo-ekonomik ve çevresel yönler de dahil olmak üzere maliyetlerin büyük bir kısmı erken aşamalardan gelirken, faydaların çoğu, hidroelektrik projelerinin uygulama süresi boyunca, artan kamu gelirleri ve hidroelektrik üretimi ile ilgili telif ücretleri, daha iyi değişim koşulları ve ödeme dengesi, bolluk ve nispeten daha düşük enerji maliyeti gibi konularda birikmektedir (Hauenstein & Lafitte, 2012, s. 95).

Sudaki hidrolik enerji, bir hidrolojik çevrimden elde edilmektedir. Hidrolojik çevrimde, su bir çevrimden sürekli olarak farklı fazlarda akmaktadır; göllerden ve okyanuslardan buharlaşmakta, bulutlar oluşturmakta, yağmur veya kar olarak çökmekte, sonra tekrar okyanusa, denizlere, barajlara, nehirlerle ve diğer su kütlelerine akmaktadır. Hidrolojik döngüyü yürüten ana enerji kaynağı güneştir ve dünyaya ulaşan tüm güneş radyasyonunun yaklaşık %50'sinin döngüdeki suyu buharlaştırmak için kullanıldığı tahmin edilmektedir. Hidrolojik döngü sonsuz bir süreç olduğundan hidroelektrik, tanımına göre yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Hidroelektrik santralleri inşa etmek için malzemelerin özelliklerinin bütünlüğü ile ilgili mühendislik nedenlerinden dolayı, hidroelektrik üretmek için sadece tatlı su kaynakları kullanılmaktadır (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2012, s. 5).

Hidrolik Enerji Avantajları:

Yaklaşık% 90 verimlilikle hidroelektrik, en büyük enerji üretimini üretmektedir, ayrıca toplam küresel elektrik arzının yaklaşık% 17'sini üretmektedir. Hidroelektrik enerji, yenilenebilir enerjiden en eski ve en köklü enerji üretim yöntemlerinden biridir. Bunun nedeni, diğer yenilenebilir enerji kaynakları arasında tercih edilen bir enerji kaynağı haline getiren yüksek verimlilik seviyelerine sahip olmasıdır.

Hidroelektrik santrallerin inşası yoluyla, yakınlardaki topluluklar, ekonomilerini güçlendirmeye yardımcı olan yeni iş fırsatlarına sahip olmaktadır. Bu iş fırsatları, fabrikada istihdam edilmekle birlikte, inşaat sırasında ihtiyaç duyulan hammaddelerin

yanı sıra insan kaynaklarının sağlanması gibi ilgili faaliyetlerden de kaynaklanmaktadır (Sayed, Wilberforce, Elsaid, & Rabaia, 2021, s. 22).

Kömür gibi fosil yakıtlardan elektrik üretiminden farklı olarak, hidroelektrik enerjisinin kullanımı çevreye az sayıda sera gazı yaymaktadır. Bu, hidroelektrik enerjiyi, güç üretim operasyonları için çevre açısından güvenli bir seçim haline getirmektedir (Silva, 2021, s. 15).

Hidroelektrik santraller teknik ve karmaşık yapılardır ve inşası çok zaman almasına rağmen diğer enerji kaynaklarına göre daha az gerektirmektedir. Benzer şekilde, hidroelektrik santralleri genel olarak daha az kaynak gerektirmektedir, çünkü bu tesislerde ihtiyaç duyulan ekipmanın çoğu esasen inşaat aşamasındadır (Sayed, Wilberforce, Elsaid, & Rabaia, 2021, s. 23). Bakım aşaması gibi sonraki aşamalarda bu kaynaklara çok fazla ihtiyaç duyulmaz ve bu nedenle çoğu müdahale önleyici ve diğer enerji üretim sistemlerine göre daha az sıklıkta yapılmaktadır (Silva, 2021, s. 16).

Hidroelektrik ve barajların kullanımı, taşkınları kontrol etmeyi kolaylaştıran tesisler yaratmaktadır. Normalde bu akarsu sistemleri barajsız olarak kontrolsüz bırakıldığında, hepsini aynı anda izlemek çok zordur ve sel riski büyük ölçüde artmaktadır. Bununla birlikte, bu su kütleleri bir barajla tutulduğunda, sel riskini azaltan gözlem ve bakımı çok daha kolay hale getirmektedir (Silva, 2021, s. 18).

Hidroelektrik santraller taleplere göre enerji sağlamaktadır. Güç talebi düşük olduğunda, elektrik üreten süreçleri durduran su alımını düzenleyen kapılar kapatılarak su girişi azaltılabilmekte veya tamamen kapatılabilmektedir. Bu şekilde hidroelektrik santralleri hem enerji üretmekte hem de enerji tasarrufu sağlamaktadır (Askari & Mirhabibi, 2015, s. 17).

Hidrolik Enerji Dezavantajları:

Enerji üretim maliyetinin kendisi nispeten ucuz olmasına rağmen, hidroelektrik santralleri kurmanın maliyeti yüksektir. Sualtı kurulumuyla ilgili zorluklar, büyük fiyat etiketleriyle birlikte gelen özel cihaz ve malzemelerin kullanılmasını gerektirmektedir. Buna ek olarak, tek bir hidroelektrik santrali inşa etmek için geçen süre, inşaat maliyetlerini daha da artıracak şekilde, on yıla eşit olabilmektedir (Silva, 2021, s. 15).

Hidroelektrik santralin yapıldığı yerde insan bulmak imkânsız hale gelmektedir. İnsanlar, ev ihtiyaçları için kullanılacak suya erişimi kestikleri için hidroelektrik santrallerin yapıldığı alanları terk etmek zorunda kalmaktadırlar. Su tıkanıklığı, onu içmek için kullanan hayvanları da etkilemektedir. Bunun nedeni, rezervuarda çok fazla su biriktiğinde, nehrin bir kısmının mansap tarafında kuruyabileceğinden, bu suya ihtiyacı olan hayvanlar onu bulamamakta ve yer değiştirmek zorunda kalmaktadırlar (Sayed, Wilberforce, Elsaid, & Rabaia, 2021, s. 24).

Akış düzenindeki değişimin ortaya çıkan etkilerinden biri, topraktaki besin maddelerinin hareketi/yer değiştirmesidir. Türbinlerle bağlantılı olarak özellikle mansap akışları, toprağın değişen derecelerde aşınmasına neden olmaktadır. Bu erozyon, toprağın taşıdığı besinlerle birlikte yerinden oynamasına ve başka bir yere taşınmasına neden olmaktadır. Bu, nihayetinde, baraj çevresinin yakınında ve yakınında biyolojik çeşitlilik ve vahşi yaşam için küçük, kısa vadeli ve ciddi uzun vadeli sorunlara yol açmaktadır.

Tıpkı rüzgâr türbinleri gibi, hidroelektrik santrallerindeki türbinler de büyük miktarda gürültü üretme potansiyeline sahiptir. Bu sesler genellikle rüzgâr enerjisinde olduğu gibi su üzerindeki ortamı etkilemez, ancak su altındaki hayvanlarda büyük sıkıntıya neden olmaktadır (Akashie, 2022, s. 3).

1.1.2.2. Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, dünyanın çekirdeğinin ısısından elde edilen enerjidir. Jeotermal enerji yenilenebilir bir kaynak değildir, çünkü kökeni dünyanın çekirdeğinden gelmektedir, ancak bu kaynaklar arasında yer almaktadır. Jeotermal enerji, elektrik üretimi için olası kullanım, ısı ve toprak kaynaklı ısı pompalarının doğrudan kullanımıdır. Doğrudan kullanım, binaları ve serayı ısıtmayı içermektedir.

Jeotermal enerjiyi anlamak, dünyanın iç ısısının anlaşılmasıyla başlamaktadır. Dünyanın sıcaklığı derinlikle artar, merkezdeki sıcaklık 4200 °C'den fazladır. Bu ısının bir kısmı, gezegenin yaklaşık 4,5 milyar yıl önceki oluşumunun bir kalıntısıdır ve bir kısmı da radyoaktif izotopların devam eden bozunması tarafından üretilmektedir. Isı doğal olarak daha sıcak bölgelerden daha soğuk bölgelere doğru hareket etmektedir, bu nedenle Dünya'nın ısısı içten yüzeye doğru akmaktadır (Csányi, Krištof, & Kušnir, 2010, s. 21).

Levha tektoniği olarak bilinen jeolojik süreçler nedeniyle, Dünya'nın kabuğu, her yıl milimetre hızında birbirinden ayrılan veya bir araya gelen 12 büyük levhaya bölünmüştür. İki levhanın çarpıştığı yerde, bir levha diğerinin altına itilerek okyanus siperleri veya güçlü depremler gibi olağanüstü olaylar meydana gelebilmektedir. Büyük derinlikte, aşağı inen levhanın hemen üzerinde, sıcaklıklar kayayı eritmeye yetecek kadar yükselir ve magma oluşturmaktadır. Magma çevresindeki kayalardan daha az yoğun olduğu için yer kabuğuna doğru hareket etmekte ve aşağıdan ısı taşımaktadır (Csányi, Krištof, & Kušnir, 2010, s. 22). Bazen magma, lav olarak ince veya çatlaklı bir kabuktan yüzeye çıkmaktadır. Bununla birlikte, çoğu magma yer kabuğunun altında kalmakta ve çevredeki kayaları ve yeraltı suyunu ısıtmaktadır. Bu suyun bir kısmı yeryüzündeki faylar ve çatlaklardan kaplıcalar veya gayzerler olarak yüzeye çıkmaktadır. Yükselen bu sıcak su ve buhar, geçirimsiz kayalardan oluşan bir tabakanın altında geçirgen kayalarda tutulduğunda jeotermal rezervuar olarak adlandırılmaktadır. Bu rezervuarlar, elektrik üretimi veya doğrudan kullanım için potansiyel olarak yararlanılabilecek jeotermal enerji kaynaklarıdır (U.S.Department of Energy, 2021).

Bu enerji kaynağı, kirletici olmayan, ucuz ve çoğu durumda yenilenebilirdir, bu da onu gelecek için umut verici bir güç kaynağı haline getirmektedir (Cengage, 2018).

"Jeotermal" terimi, Yunanca kökenli "geo" (dünya) ve "termos" (ısı) terimlerinden türetilmiştir. Jeotermal enerji, satın alınabilirlik, güvenilirlik, sürdürülebilirlik ve çevre dostu olma gibi avantajlı niteliklere sahiptir. Ancak, geleneksel olarak kullanımı genellikle tektonik levha sınırlarına yakın bölgelerle sınırlı kalmıştır. Son yıllarda, özellikle ev ısıtması gibi alanlarda, ulaşılabilir kaynakların kapsamını ve ölçeğini büyük ölçüde genişleten teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. Bu ilerlemeler, yaygın kullanım için önemli bir potansiyeli ortaya çıkarmıştır. Jeotermal kuyular, Dünya'nın derinliklerinde hapsedilen sera gazlarının salınımından sorumlu tutulmaktadır. Ancak, jeotermal enerjiye ilişkin emisyonların, fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan emisyonlarla kıyaslandığında, birim enerji üretimi başına çok daha düşük olduğu önemle vurgulanmalıdır (Igwe, 2021, s. 655).

Teorik olarak, Dünya, medeniyetin enerji gereksinimlerini aşan jeotermal kaynaklara sahiptir. Bununla birlikte, derin kaynakların sondajı ve araştırılmasıyla ilişkili yüksek maliyetler, mali açıdan uygun bir şekilde yalnızca sınırlı bir alanın

kullanılmasına yol açmaktadır. Geleceğe dair jeotermal enerji projeksiyonları, teknolojik gelişmeler, enerji fiyatlarında meydana gelen dalgalanmalar, sübvansiyonlar, tektonik levha sınırları dinamikleri ve faiz oranları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

Isı farklı oranlarda çıkarılabilmektedir. Jeotermal enerjinin sürdürülebilir kullanımını garanti etmek için, kaynaktan çıkarılan ısıнын benzer bir zaman ölçeğinde değiştirilmesi için tüketim oranı üretim oranını geçmemelidir. Jeotermal tesisler tipik olarak belirli bir enerji üretimi seviyesinin altında gelişmektedir. Jeotermal tipik olarak temel yük üretimi sağlamaktadır, çünkü genellikle hava koşullarından ve mevsimsel değişikliklerden bağımsızdır, bu nedenle neredeyse sürekli üretmekte ve onu zamanla değişken güç veya ısı üreten diğer birçok yenilenebilir teknolojiye ayırmaktadır (Manzella, 2017, s. 3).

Jeotermal Enerji Avantajları:

Jeotermal enerji, Dünya'nın çekirdeğinden türetilir ve gezegen var olduğu sürece erişilebilir kalır. Dolayısıyla, yenilenebilirlik özelliğine sahiptir ve yaklaşık 4-5 milyar yıl süresince kullanım potansiyeli sergiler. Fosil yakıtların sınırlı bir ömre sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda, jeotermal enerji gibi yenilenebilir kaynakların öngörülebilir bir son kullanma tarihi olmadığını belirtmek önemlidir. Jeotermal enerji, üretim ve kullanım süreçlerinin tamamı boyunca çevresel sürdürülebilir özellikler sergiler. Geliştirme ve üretim açısından, jeotermal enerji üretiminde neredeyse hiç emisyon bulunmaz. Enerji üretimi bağlamında ise üretim sürecinde karbon emisyonu bulunmamaktadır (Chala, 2014, s. 47)

Enerji üretimi ve kullanımı sürecinde yakıt tüketilmemektedir. Prosedür, herhangi bir madencilik veya nakliye faaliyeti gerektirmemekte, dolayısıyla araçlardan duman ve gaz emisyonunu ortadan kaldırmaktadır. Sonuç olarak, atmosfer süreçten etkilenmemektedir.

Ev sahipleri arasında jeotermal enerjinin ısıtma ve soğutma aracı olarak kullanılmasına yönelik talepte önemli bir artış olmuştur. Sonuç olarak, ısıtma amaçlı enerji kullanımında bir azalma gözlemlenmekte, bu da konut ve ticari mülk sahipleri için önemli maliyet tasarruflarına yol açmaktadır. Başlangıç maliyeti yüksek gibi görünse de ısıtma giderlerinde %30-60, soğutma giderlerinde %25-50 oranında tasarruf sağlanabilmesi ile bu gider nispeten kısa sürede karşılanabilmektedir. Bir

jeotermal ısı pompası önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlama potansiyeline sahiptir. (Chala, 2014, s. 48)

Jeotermal Enerjinin Dezavantajları:

Jeotermal enerjiden yararlanmayı düşünen ev sahipleri, önemli bir caydırıcı olduğunu kanıtlayan önemli başlangıç masrafları şeklinde önemli bir engelle karşılaşmaktadır. Tipik bir konut mülkü için jeotermal ısı pompalarının kurulum maliyeti 10.000 ila 20.000 ABD doları arasında değişmektedir. Ancak, bu ilk yatırımın, önemli masraf indirimleri nedeniyle 5 ila 10 yıllık bir süre içinde amorti edilebileceğini belirtmekte fayda bulunmaktadır.

Jeotermal ısı pompalarının çalışması için harici bir güç kaynağına ihtiyacı vardır. Pompaların çalışması için, enerjinin dünyanın çekirdeğinden evlere iletilmesini kolaylaştırmak için elektrik enerjisinin kullanılması gerekmektedir (Jukova & Lityakov, 2017, s. 135).

Jeotermal enerji tesislerinin inşası ve işletilmesi, yerin jeolojik yapısındaki değişiklikler nedeniyle sismik aktiviteye neden olma potansiyeline sahiptir.

Çeşitli çevre sorunları mevcuttur. Suyun jeotermal enerji operasyonlarında kullanılması, ilgili önemli miktarlardan dolayı önemli bir zorluktur. Ayrıca süreç, daha sonra atmosfere, su kütlelerine ve toprağa yayılan ve çevreye potansiyel zarar veren çeşitli maddeler vermektedir. Bu emisyonlar, diğerlerinin yanı sıra kükürt dioksit ve silika deşarjlarını kapsamaktadır.

Jeotermal enerjiyle ilgili herhangi bir yönü düzenlemeye çalışırken azami dikkat gösterilmesi hayati önem taşımaktadır. Isının yanlış kullanımı, enerji dağıtımında ve kullanımında erime veya verimsizlik gibi olumsuz sonuçlara yol açabileceğinden, izleme konusunda dikkatli olunması ve ısının kötüye kullanılmasından kaçınılması zorunludur (Jukova & Lityakov, 2017, s. 136).

1.1.2.3. Güneş enerjisi

Güneş enerjisi, termal enerji üretme, kimyasal dönüşümleri tetikleme veya elektrik enerjisi üretme kapasitesine sahip olan Güneş tarafından yayılan ışıma enerjisini ifade etmektedir. Küresel güneş enerjisi üretimi, gezegenin mevcut ve öngörülen enerji taleplerini önemli ölçüde aşmaktadır. Etkili bir şekilde

kullanıldığında, bu yaygın olarak dağıtılmış kaynak, gelecekteki tüm enerji gereksinimlerini karşılama kapasitesi sergilemektedir. Güneş enerjisinin, kömür, petrol ve doğal gaz gibi sınırlı fosil yakıtlarla taban tabana zıtlık oluşturan bol bulunabilirliği ve çevre dostu doğası nedeniyle 21. yüzyılda yenilenebilir bir enerji seçeneği olarak daha fazla çekicilik kazanması beklenmektedir (Ashok, 2022).

Güneş, Dünya tarafından alınan birincil enerji girişini temsil eden güneş ışığı ile oldukça güçlü bir enerji sağlayıcısıdır. Bununla birlikte, Dünya yüzeyindeki güneş ışığı yoğunluğunun oldukça mütevazı olduğunu belirtmekte fayda bulunmaktadır. Bu fenomenin birincil nedeni, Güneş olarak bilinen uzak gök cisminden yayılan radyasyonun geniş radyal dağılımına bağlanabilmektedir. Dünya atmosferinin ve bulutların varlığı nedeniyle güneş radyasyonunda küçük bir azalma meydana gelmekte ve bu da gelen güneş ışığının yaklaşık yüzde 54'ünün emilmesi veya saçılmasıyla sonuçlanmaktadır. Dünya yüzeyine ulaşan güneş ışığı, yaklaşık %50 görünür ışık, %45 kızılötesi radyasyon ve daha küçük oranlarda ultraviyole ve diğer elektromanyetik radyasyon türlerinden oluşmaktadır. Dünya, günlük elektrik üretimi için küresel kapasiteden yaklaşık 200.000 kat daha fazla olduğu tahmin edilen, günlük olarak önemli miktarda güneş enerjisi almaktadır. Bu muazzam potansiyel, güneş enerjisinden yararlanma konusundaki önemli fırsatı vurgulamaktadır. Ne yazık ki, güneş enerjisinin doğal maliyet etkinliğine rağmen, toplanması, dönüştürülmesi ve depolanmasıyla ilgili önemli harcamalar, çeşitli bölgelerde yaygın olarak benimsenmesine kısıtlamalar getirmeye devam etmektedir. Güneş radyasyonu, termal enerjiye veya elektrik enerjisine dönüştürülme kapasitesine sahiptir, ilki daha basit bir dönüşüm sürecidir (Ashok, 2022).

1.1.2.4. Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi, yenilenebilir bir enerji arzının güvenliğini sunan, temiz, düşük maliyetli bir enerji kaynağıdır. Kullanılmış rüzgâr enerjisi, milyonlarca eve ve işletmeye güç sağlayabilecek elektrik üretmek için kullanılabilir. Rüzgâr enerjisi endüstrisi, yenilenebilir enerjiye küresel güvenin temel taşı olma potansiyeline sahiptir. Enerji fiyatları ve çevresel kaygılar, ekonomik olarak uygulanabilir ve çevresel açıdan sürdürülebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacın altını çizdiği için

birçok ülke rüzgâr enerjisinin geliştirilmesine yatırım yapmaya başlamıştır (Ayee & Lowe, 2009, s. 4).

Rüzgâr, sıcaklık değişimlerinin bir sonucu olarak üretilmektedir. Düzensiz ısınmanın meydana gelmesi, atmosferik basınçta değişikliklere yol açarak havanın hareketine neden olmaktadır. Rüzgâr türbinleri veya rüzgar enerjisi dönüştürme cihazları, genellikle rüzgar olarak adlandırılan akan havanın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılmaktadır. Türbin rotorunun dönüşü, rüzgar tarafından uygulanan kuvvet tarafından indüklenmektedir. Bu dönme hareketi daha sonra bir jeneratöre bağlı olan bir şafta iletilmektedir. Jeneratör, dönen şaftın kinetik enerjisini dönüş enerjisine dönüştürmekte ve sonuç olarak elektromanyetizma ilkeleri aracılığıyla elektrik enerjisinin üretilmesiyle sonuçlanmaktadır. Rüzgar gücünün büyüklüğü, rotorun boyutu ve rüzgar hızının kübik fonksiyonu ile doğrudan ilişkilidir. Teorik olarak, rüzgar hızındaki iki kat artışın rüzgar gücünün sekiz kat artmasına neden olduğu varsayılabilir. Rüzgar türbinlerinde çıkış gücünün birincil belirleyicileri, kanatların uzunluğu ile doğru orantılı olan süpürme alanı ve rüzgar hızıdır. Zaman içinde, rüzgar türbinlerinin boyutlarında tutarlı bir artış eğilimi olmuştur. 1985 yılında türbinler 0,05 MW nominal kapasiteye sahip olup, 15 metre çapında bir rotor ile donatılmıştır. (International Renewable Energy Agency, 2016, s. 8).

Bugüne kadar piyasada bulunan en büyük rüzgâr türbinlerinin her biri, 164 metre rotor çapıyla 8,0 MW'a ulaşmaktadır. Yeni kurulan rüzgâr türbinlerinin ortalama kapasitesi 2009 yılında 1,6 MW iken 2014 yılında 2,0 MW'a yükselmiştir (International Renewable Energy Agency, 2016, s. 9).

Mayıs 2009'da ABD Enerji Bakanlığına bağlı Enerji Bilgi İdaresi, önümüzdeki yirmi yılda dünya enerji tüketiminin %44 oranında artmasının beklendiğini duyurmuştur. Fosil yakıtlardan enerji üretimine uygun alternatifler bulunmaya  alışılmazsa, bu 2030 yılına kadar dünya çapında atmosferik karbondioksit emisyonlarında %40'lık bir artışa neden olabilmektedir (Energy Information Administration, 2009, s. 41).

Rüzgâr enerjisinin hem şebeke ölçeğinde hem de küçük, dağıtılmış enerji üretim uygulamaları için kazançlı bir g   kaynakı olmasını sağlayan birçok avantajı bulunmaktadır.

Rüzgâr enerjisi yeşil bir enerji kaynağıdır ve kirliliğe neden olmamaktadır. Rüzgâr enerjisi herhangi bir emisyon üretmemektedir. Bir yıl boyunca bir megavatlık (1 MW) rüzgâr türbini, 1.500 tondan fazla karbondioksit, 6,5 ton kükürt dioksit, 3,2 ton azot oksit ve 30 kg cıvanın yerini alabilmektedir. Rüzgâr enerjisinin altyapısı ücretli olsa da işletimi neredeyse ücretsizdir. Rüzgâr enerjisi ile ilgili işletme maliyetleri düşüktür. Rüzgâr enerjisi potansiyeli, tüm insan nüfusunun ihtiyaç duyduğundan 20 kat daha fazladır. Uygulamada olan rüzgâr türbinleri inanılmaz derecede verimlidir. Bunların en büyüğü 600 eve yetecek kadar elektrik üretmektedir. Rüzgâr enerjisi, dünya çapındaki toplam elektrik üretiminin yalnızca yaklaşık %2,5'ini oluşturmaktadır, ancak yıllık büyüme hızı %25'tir (Singh, 2013, s. 20-21).

Rüzgâr Enerjisinin faydalı özelliklerinin yanı sıra dezavantajlı bazı özellikleri de bulunmaktadır:

Kuvlesky'e göre (2007, s. 2493), rüzgâr enerjisi teknolojisi kuşlar ve yarasalar için önemli tehlike arz etmektedir. Yapılan uygulama sonucunda ABD'de, tahribatın daha çok göçmen ve yerleşik kuşlarda olduğu bulunmuştur. Hareket eden türbinlerin kanatları ve rüzgâr çiftliği parçaları tarafından vurulduklarından dolayı kuşların çarpışma sonucu ölüm oranlarının çok yüksek olduğu belirtilmektedir. Avrupa ve ABD'de son 20 yılda yapılan araştırmalar sonucunda rüzgâr türbini başına yıllık kuş çarpışma aralığının 0 ila 30 arasında olduğu bulunmuştur. Bu çarpışma riskleri, kuşların göç yolları boyunca rüzgâr çiftliklerinin bulunmasıyla ilgilidir. Rüzgâr enerjisi sürekli olmadığı için kesintilidir, bu nedenle diğer enerji kaynaklarıyla birleştirilmeli veya depolanmalıdır.

Rüzgâr Türbinlerinin imalat ve kurulumu için ağır ekipman ve büyük bir başlangıç yatırımı gerektirmektedir

Rüzgâr Türbinleri yakınlarında yaşayan insanlar için gürültü kirliliğine sebep olabilmektedir (Apunda & Nyangoye, 2017, s. 14174-14175).

1.1.2.5. Biyokütle enerjisi

Biyokütle, fotosentez yoluyla havadaki CO₂, su ve güneş ışığı arasındaki reaksiyondan elde edilen bitki materyalidir. Fotosentez yoluyla güneşten gelen ışık enerjisi bitkilerde depolanan kimyasal enerjiye dönüştürülmektedir (McKendry, 2002, s. 37).

Hayvanlar bitkilerle beslenmekte ve kimyasal enerji depolamaktadır. Biyokütlerde depolanan bu kimyasal enerji, elektrik, yakıt ve ısıya dönüştürülebilmektedir. Son araştırmalar, biyoenerji kaynağı olarak su yosunları gibi kaçamak türlerin kullanıldığını göstermektedir. Biyokütle dünyanın hemen hemen her yerinde bulunmaktadır. Biyokütle birincil ve ikincil kaynaklara ayrılmaktadır. Birincil biyokütle enerji kaynakları, odun, tohum, meyve, mısır, şeker kamışı ve ayçiçeği tohumu gibi enerji üretimi için yetiştirilen bitkilerdir. İkincil biyokütle enerji kaynakları, enerji üretimi için kullanılabilen 'atık' malzemelerdir. Bunlara şunlar dahildir: Bitki artıkları (tarım ve ormancılık artıkları), Balık ve hayvan atıkları (gübre, balık kafaları ve et atıkları), Kâğıt çamuru, Kanalizasyondan kaynaklanan atık maya (McKendry, 2002, s. 38).

Biyokütle enerjisinin avantajları:

Biyokütle, aynı fosil kaynaklar gibi doğal formundan yüksek enerjili yakıtlara kolayca dönüştürülebilmektedir. Bu yakıtlar fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında nispeten temiz yanmaktadırlar. Yakıt ve enerji kaynağı olarak kullanılmak üzere biyokütle üretiminin maliyeti, fosil yakıtları bulma ve çıkarma maliyetine kıyasla çok ucuz olmaktadır.

Biyokütle enerjisinin devreye girmesiyle atmosferdeki metan seviyeleri azalmaktadır. Sera etkisinden metan sorumludur ve biyokütle enerjisi üretimi ile gaz seviyeleri düşürülmektedir. Metan genellikle organik madde ayrıştığında üretilir, bu nedenle onu düşmesiyle sera etkisi de azalmaktadır. Biyokütle santralleri, çok büyük ölçek gerektiren diğer güç türlerinden farklı olarak 1 Mw boyutlarında kurulabilmektedir. Örneğin nükleer enerji, ekonomik olması için en az 500 MW'lık tipik bir santral boyutu gerektirmektedir. Ayrıca, Biyokütle santralleri uzak bölgelere kurulabilir ve dağıtılmış bir enerji üretimi biçimi olarak kullanılabilir (Rahman, Mahmud, Rahman, Hussain, & Ali, 2013, s. 384).

Biyokütle enerjisinin dezavantajları:

Biyokütle yakıtları ağırlıklı olarak, düşük verimlilik seviyeleri ile karakterize edilen açık alevlerde ve geleneksel sobalarda yakılmaktadır. Çoğu durumda, biyokütle yakıtlarına olan talep ile sürdürülebilir arzın mevcudiyeti arasında önemli bir eşitsizlik bulunmaktadır. Bu, ormansızlaşmaya, arazi bozulmasına ve çölleşmeye neden olabilmektedir. Biyokütle yakımı eğer doğru yapılmazsa kirlenme nedeniyle emisyonlara yol açmaktadır. Her yıl açık ateşlerden ve geleneksel sobalardan çıkan duman yaklaşık 4,3 milyon insanı öldürmektedir. Böylece her 8 saniyede bir kişi (çoğunlukla kadınlar ve çocuklar) biyokütle yakıtının verimsiz kullanımı nedeniyle ölmektedir (Energypedia, 2016).

1.1.2.6. Dalga enerjisi

Okyanuslar, çeşitli fenomenler arasında dağılmış geniş bir enerji deposunu kapsamaktadır. Okyanusla ilgili enerjinin birincil biçimleri deniz akıntıları, ozmotik enerji, Okyanus Termal Enerji Dönüşümü (OTEC), gelgitler ve deniz dalgalarıdır. Her okyanus enerji kaynağı, insan uygulamaları için önemli bir potansiyele sahiptir; ancak deniz dalgaları ve deniz akıntıları en yüksek enerji potansiyeline sahiptir. (Cascajo, Garcia, & Quiles, 2019, s. 3).

Tüm okyanus enerji kaynakları yenilenebilir kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır (Barstow, Mork, Mollison, & Cruz, 2008).

Dalga gücü teknolojileri, okyanus dalgalarından enerjiyi emmek ve elektriğe dönüştürmek için kullanılmaktadır. Okyanus dalgaları çoğunlukla rüzgârın etkisi altında üretilmektedir. Güneş ve ay, atmosferik basınç değişiklikleri ve depremler de dalganın hareketini etkilemektedir. Dalga gücünün bir avantajı, öngörülebilirliğidir. Dalgalar rüzgârdan daha öngörülebilir ve daha az değişkenliğe sahiptir ve rüzgâr esmeyi bıraksa bile dalgalar bir süre hareket etmeye devam etmektedir. Dalga gücü ayrıca temiz ve yenilenebilir enerji sağlayan en az rahatsız edici teknolojilerden biridir. Ayrıca ithal enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmakta ve milli enerji üretimini güvence altına almaktadır; dolayısıyla gelecekteki fosil yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalara bağlı kalma riskini azaltmaktadır; yerel istihdam artışı ve ekonomik kalkınma için elverişlidir (Teran, 2013, s. 1).

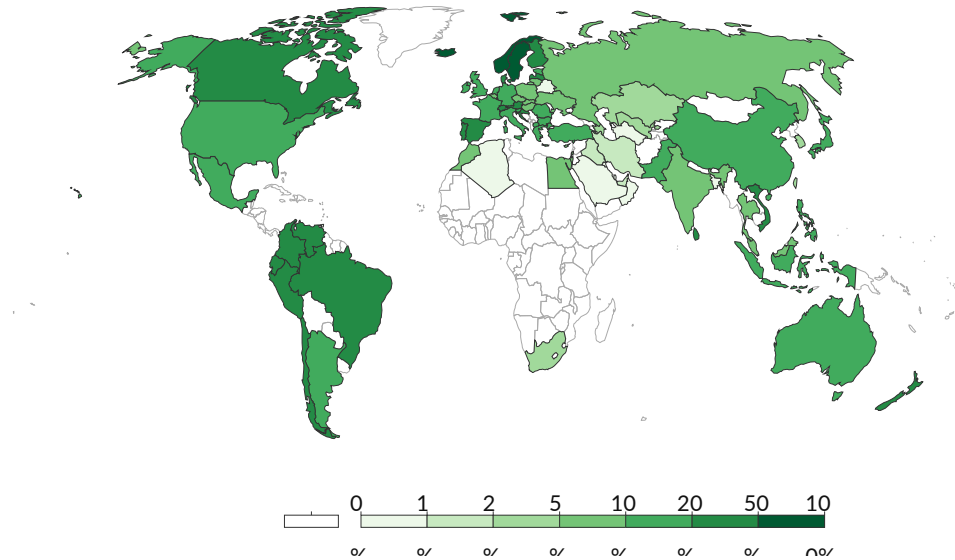
1.2. Küresel Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerjinin dünya enerji arzına katkısı günü günden artmaktadır. Bununla birlikte, küresel enerji talebi de artmaktadır. Eğer bu artış sürdürülebilir bir şekilde karşılanacaksa ve Paris İklim Anlaşması'nda kararlaştırılan hedeflere ulaşılacaksa, yenilenebilir enerjinin geliştirilme ve kullanılma hızı dünya çapında önemli ölçüde artırılmalıdır (Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2020, s. 61).

1.2.1. Küresel yenilenebilir enerji üretimi

Birincil enerji, dönüştürülmeyen, doğrudan kullanılmayan veya ithal edilmeyen tüm enerji ürünlerini içermektedir. Temel olarak ham petrol, petrollü şey, doğal gaz, katı mineral yakıtlar, biyokütle, güneş radyasyonu, hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi, jeotermik enerji ve uranyum fizyonundan alınan enerjiyi içermektedir (Ulusal İstatistik ve Ekonomik Araştırmalar Enstitüsü, 2016).

2019'da küresel birincil enerjinin yaklaşık %11'i yenilenebilir teknolojilerden oluşmaktadır (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021).

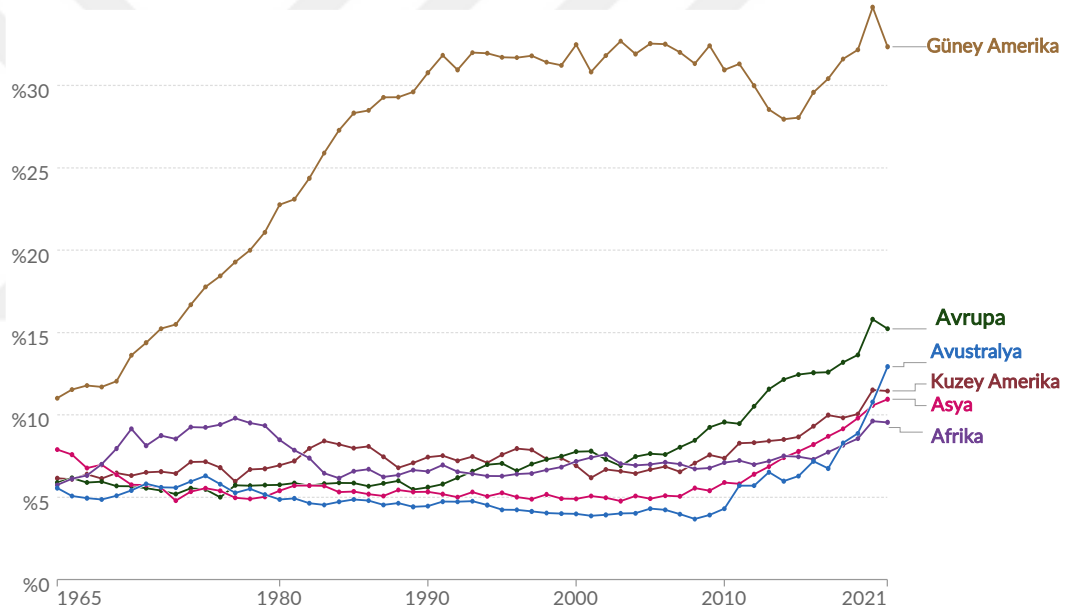


Şekil 1 Ülkelere göre yenilenebilir kaynaklardan oluşan birincil enerjinin payı (2021) (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

Şekil 1’de Ülkeler bazında birincil enerji içinde yenilenebilir kaynakların payı verilmiştir. Bu pay en çok %86 ile İzlanda’dadır ardından %71 ile Norveç, %50 ile İsveç, %46 ile Brezilya, %40 ile Yeni Zelanda gelmektedir. En az %0.01 ile Türkmenistan’da, %0.02 ile Suudi Arabistan’da, %0.04 ile Küvette, %0.08 ile Katar’da olmuştur.

İzlanda, Norveç, İsveç ve Brezilya gibi ülkelerde yenilenebilir enerjinin payının yüksek olmasının en başlıca sebeplerinden birisi bu ülkelerin coğrafi koşullarının zengin olmasından dolayıdır.

Araştırmaya dahil edilen ülkelerde bu pay Belçika’da %9,34, Hollanda’da %12.37, Lüksemburg’da %7.10 ve Türkiye’de %16.52’dir.

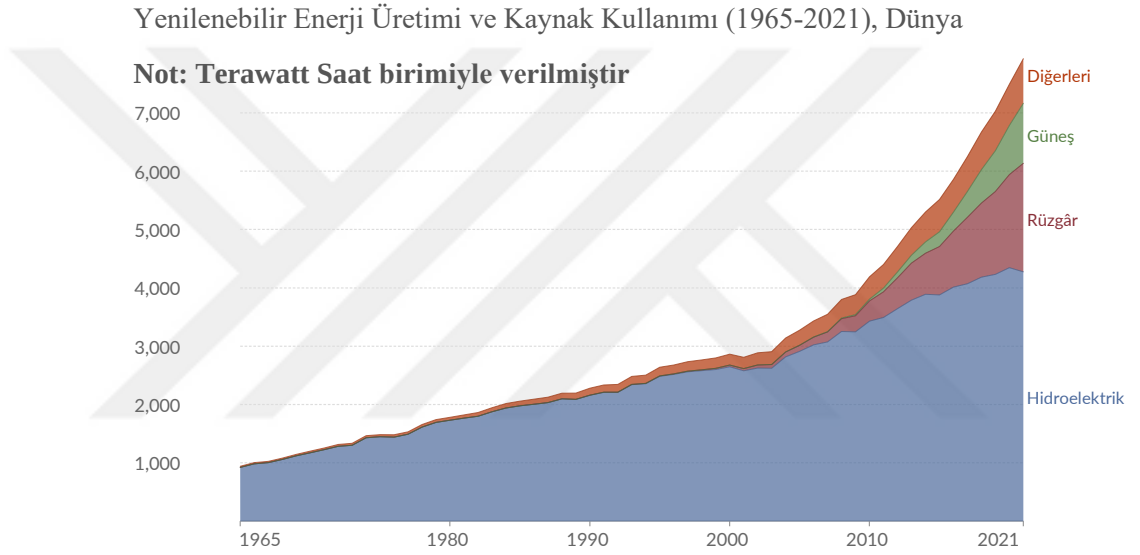


Şekil 2 Kıtalarla göre yenilenebilir kaynaklardan oluşan birincil enerjinin payı (1960-2021) (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

Şekil 2’de ise Kıtalarla göre birincil enerjide yenilenebilir enerji kaynaklarının payı belirtilmiştir. Şekilde gördüğümüz üzere 1965-2021 yıllarında birincil enerjide yenilenebilir enerji payının diğer kıtalara nispeten daha üst düzeyde olduğu Güney Amerika’da 2021 yılında %32.36 olduğunu görebiliriz. Güney Amerika’nın ardından %15.24’le Avrupa, %12.93’le Avustralya, %11.46’le Kuzey Amerika, %10.95’le Asya ve %9.56 ile Afrika gelmektedir.

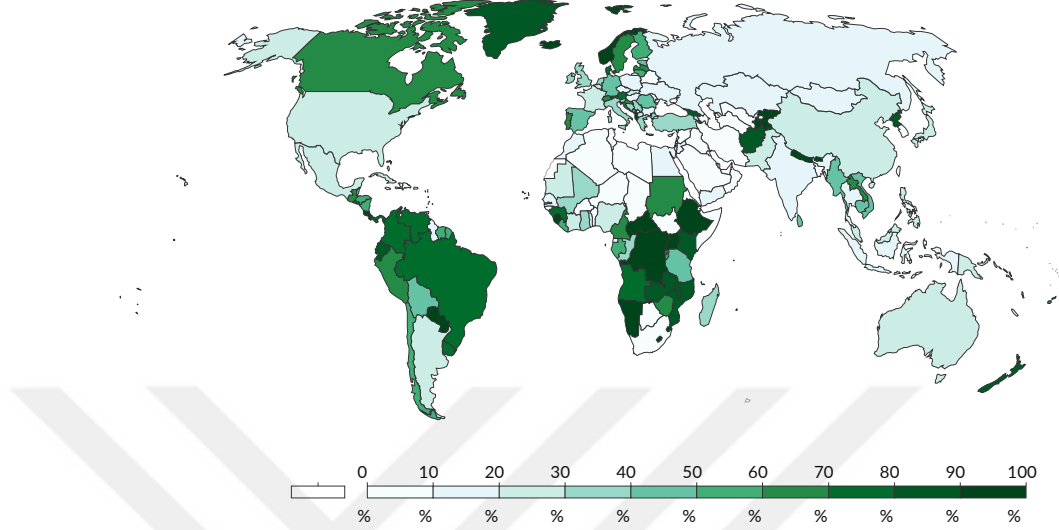
Büyük ölçüde bölgedeki güçlü hidroelektrik kullanımı sayesinde Güney Amerika'da yenilenebilir enerjinin payı yüksektir. Aslında, bölgenin yenilenebilir enerji kullanımının %80'i hidroelektrikten gelmektedir.

Şekil 3'te yenilenebilir kaynaklar TeraWatt/Saat üretimine göre verilmiştir. 1965 yılında hidroelektrik %98 ve diğer enerji türleri %2'di. Fakat 2021 yılında bu denge değişmiş, hidroelektrik %54.87, rüzgâr enerjisi %23.48, güneş enerjisi %13.02 ve diğer yenilenebilir enerjiler %9.62 olmuştur.



Şekil 3 Yenilenebilir Enerji Üretiminin Kaynaklar Arasında Paylaşımı (BP Statistical Review of World Energy 71st edition, 2022)

Toplam Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerjinin Payı, 2021



Şekil 4 Toplam Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerjinin Payı (2021) (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

Şekil 4’te British Petroleum Raporlarında paylaşılan Toplam Enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı verilmiştir. Veri haritasına baktığımız zaman bu payın en yüksek olduğu ülkeler Arnavutluk, Butan, Paraguay, Nepal, Lesotho, Merkezi Afrika Cumhuriyeti, İzlanda olmuştur. En az ise genellikle küçük ada ülkeleri ve sahra ülkeleri olmuştur.

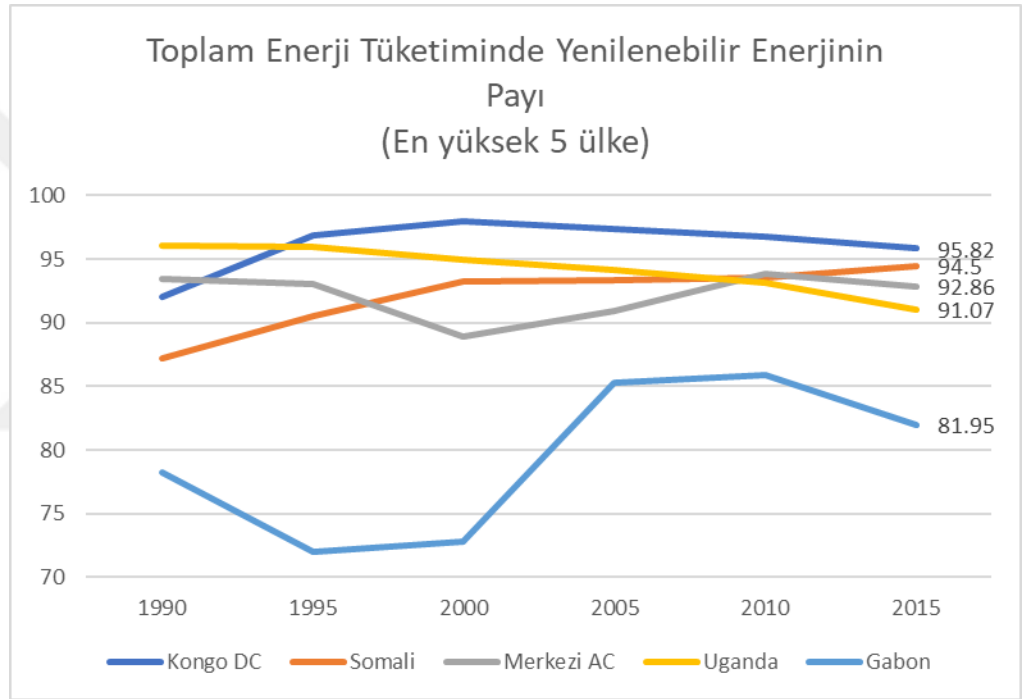
1.2.2. Küresel yenilenebilir enerji tüketimi

Küresel yenilenebilir enerji tüketimi son yirmi yılda önemli ölçüde artmıştır. Hızlı büyümesine rağmen yenilenebilir enerji tüketimi halen kömür, doğal gaz, petrol ve diğer enerji teknolojilerinin çok altında kalmaktadır. Dünya çapındaki nihai yenilenebilir enerji tüketiminin yaklaşık yarısı modern biyoenerji kaynaklarından elde edilir, ancak son yıllarda güneş fotovoltaikleri kapasite artışına hâkim olmuştur.

Yenilenebilir enerjinin büyümesi, büyük ölçüde teknoloji maliyetlerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, güvenli, sürdürülebilir ve ekonomik olarak uygulanabilir bir enerji sistemine ulaşmak için küresel hükümetler, yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik edecek ve destekleyecek politikalar uygulamalıdır. Başarılı bir uygulama için yenilenebilir kaynaklara yatırım ve yenilenebilir enerjileri modern

altyapıya güvenilir bir şekilde entegre edecek bir piyasa tasarımı gereklidir. Temiz enerji teknolojilerinin yanı sıra enerji verimliliği çözümlerinin kullanılması, teknolojik yollarla küresel sera gazı emisyonlarını azaltmanın anahtarı olmaktadır

World Bank'ın verilerine istinaden hazırlanan grafikte toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı görülmektedir. Şekil 5'te bu payın en yüksek olduğu 5 ülke verilmiştir. Bunlar, %95.82 ile Kongo Demokratik Cumhuriyeti, %94.5 ile Somali, %92.86 ile Merkezi Afrika Cumhuriyeti, %91 ile Uganda ve %81.95 ile Gabon olmuştur.



Şekil 5 Toplam Enerji Tüketiminde Yenilenebilir Enerjinin Payı (The World Bank, 2019)

1.3. Benelüks Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Belçika, Avrupa'nın en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji ülkelerinden biridir. On yılı aşkın bir süredir, ülkede yenilenebilir enerji kullanımı 2006'da yaklaşık %3'ten 2021'de %13'ün üzerine çıkmıştır. Belçika'da enerji politikası sorumluluğunu üç federal bölge paylaşmaktadır. Bunlar, Brüksel (başkent), Flanders ve Wallonia'dır. Bölgeler, her türlü enerjinin (yenilenebilir ve yenilenemez) elde edilmesinden ve dağıtılmasından sorumludur. Şu anda Belçika'da yenilenebilir enerji ağırlıklı olarak ısı

sektöründe kullanılmaktadır. Amacı, elektrik kapasitesini artırmak ve fosil yakıtların kullanımını azaltmak için yenilenebilir enerji kullanarak artan enerji talep eğilimini iyileştirmektir (Hive Power, 2021).

Enerji sektöründe yenilenebilir kullanımı teşvik etmek için Belçika, yenilenebilir kaynaklardan üretime tahsis edilen bir yeşil sertifika sistemi uygulamıştır. Bu sertifikalar özel bir pazarda alınıp satılabilmektedir. Elektrik satıcıları, gereksinimlerini karşılamak için yeşil sertifikalar sunmak zorundadır. Sattıkları elektrikten yenilenebilir kaynaklardan bir pay almaları gerekmektedir; düzenleyici tarafından minimum bir fiyat garanti edilmektedir. Böylece Belçika, toplam enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payını 2030 senesi için bu türlü planlamalarla maksimum düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır (Deloitte Corporation, 2015).

Rüzgâr enerjisinin suyu tahliye etmek ve tahıl öğütmek için tarihsel kullanımına rağmen, Hollanda bugün yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminde Avrupa Birliği'nin diğer tüm üye devletlerinin gerisinde kalmaktadır. 2020'de Hollanda, toplam enerjisinin yalnızca %8,6'sını yenilenebilir kaynaklardan üretmiştir. Eurostat tarafından yayınlanan istatistiklere göre, küresel ısınmaya neden olan enerji kaynaklarından uzaklaşmada AB ülkeleri arasında son sırada yer almaktadır. Ülkedeki önde gelen yenilenebilir kaynaklar biyokütle, rüzgâr, güneş ve jeotermal enerjidir. 2018'de Hollanda'da ana enerji kaynağı olarak doğal gazın değiştirilmesine yönelik kararlar alındı ve artan elektrifikasyon bu sürecin önemli bir parçası olmuştur (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2020).

Yenilenebilir enerjinin düşük kullanımı, kısmen düz ve genellikle deniz altı seviyesindeki arazi ve hidroelektrik kaynaklarının müteakip sınırlamaları ile açıklanabilmektedir, ancak Danimarka gibi hidro kaynak bakımından fakir ülkeler hala yenilenebilir enerjiyi enerji ihtiyaçlarının odak noktası haline getirmeyi başarmıştır. Hollanda'da tüketilen yenilenebilir elektriğin büyük bir kısmı, elektriğinin neredeyse tamamını hidroelektrik santrallerinden üreten Norveç'ten gelmektedir. Hollanda'da hane halkı tüketicileri yenilenebilir elektrik tüketmeyi seçebilmektedirler. Ev kullanıcıları tarafından kullanılan göreceli yenilenebilir enerji miktarı istikrarlı bir şekilde artarak 2008'de %38'den 2017'de %69'a yükselmiştir (Milieu Centraal, 2020).

Hollanda'nın görece lider olduğu alanlardan biri de araçlara elektrik prizlerinin üretilmesidir. 2019'da Hollanda'daki elektrikli araçlar, otomobil satışlarının %15'ini oluşturmuştur. Elektrikli araçlar, sıfır emisyonlu yenilenebilir elektrikle çalışabilir ve potansiyel olarak elektriğı şebekede depolamak için kullanılabilir (Netherlands Enterprise Agency, 2016).

Lüksemburg, son on yılda enerji arzında yenilenebilir enerjinin payını ikiye katlamıştır. Hükümet, Paris Anlaşması'nın hedeflerine bağlıdır ve enerji sektöründe, 2005 seviyelerine kıyasla 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının %50-55 oranında azaltılması da dahil olmak üzere iddialı hedefler benimsemiştir (International Energy Agency, 2020, s. 3).

Lüksemburg, temiz enerjiye geçişin iki temel direğı olan enerji verimliliğini ve yenilenebilir enerjiyi desteklemek için önemli planlara sahiptir. Bununla birlikte, ülkenin enerji üzerindeki düşük vergileri, hükümetin hedeflerini karşılamak için enerji verimliliğine ve yenilenebilir enerjiye ihtiyaç duyulan ek yatırımların önünde bir engel teşkil etmektedir. Hükümetin kademeli olarak karbon fiyatlandırmasını uygulamaya koyma planı, akıllıca yapılırsa, düşük karbonlu bir enerji sistemine geçiş için gereken davranış değişikliklerini ve yatırımları teşvik edebilmektedir. Lüksemburg'un enerji politikası öncelikleri, arz güvenliğini sağlamak (çeşitlendirme ve ithalat bağımlılığını azaltmak yoluyla), enerji verimliliğini teşvik etmek, yenilenebilir enerji kullanımını artırmak ve sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltmaktır. AB direktifleri, enerji sektörü hedeflerinin ana itici gücüdür. Ancak hükümet, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması'nın uluslararası iklim hedeflerine bağlı, AB düzeyinde enerji geçişi konusunda daha agresif bir yaklaşım için baskı yapmış ve birçok durumda AB direktiflerinin gerekliliklerini aşan ulusal hedefler benimsemiştir (International Energy Agency, 2020, s. 4, 24).

1.3.1. Benelüks ülkelerinde yenilenebilir enerji üretimi

Tablo 1.'de Benelüks ülkelerinin 2000-2008 yıllarında Petrol Eşdeğeri Tonla Yenilenebilir enerji üretim istatistiğı verilmiştir. Tabloya genel olarak bakılırsa 2000 senesinde en az üretim yapan 39 bin tonla Lüksemburg'dur ardından 638 bin tonla Belçika ve 1 milyon 343 bin tonla Hollanda'dır. 2008 senesinde ise Belçika 1 milyon 910 bin ton, Hollanda 2 milyon 899 bin ton, Lüksemburg 133 bin ton yenilenebilir

enerji üretimi yapmıştır. Belçika'nın 9 senelik ortama üretimi 1 milyon 100 bin ton, Hollanda'nın 1 milyon 965 bin ton, Lüksemburg'un ortalama üretimi ise 68 bin ton olmuştur. Belçika 2000 yılından 2008 yılına üretimini %299, Hollanda %215, Lüksemburg ise %341 artırmıştır. Gördüğümüz gibi Lüksemburg 3 ülke arasında en az üreten konumda olsa bile üretim artışı oranı diğer iki ülkeden daha fazla olmuştur.

Yıllar	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Belçika	638	703	711	867	965	1155	1364	1590	1910
Hollanda	1343	1415	1554	1517	1796	2254	2401	2506	2899
Lüksemburg	39	40	38	41	50	71	76	129	133

Tablo 1 Benelüks Ülkelerinde Toplam Yenilenebilir Enerji Üretimi 2000-2008, Bin Tonla (OECD, 2019).

Tablo 2, Tablo 1' in devamı olarak nitelendirilmektedir. Burada üretim seneleri 2009'dan 2019'a kadardır. 2009 senesinde Belçika 2 milyon 268 bin ton, Hollanda 3 milyon 260 bin ton Lüksemburg 125 bin ton üretim yapmıştır. 2019 senesinde Belçika 4 milyon 283 bin ton Hollanda 5 milyon 109 bin ton, Lüksemburg 293 bin ton yenilenebilir enerji üretimi yapmıştır. 11 senede Belçika üretimini %188, Hollanda %156, Lüksemburg %234 artırmıştır.

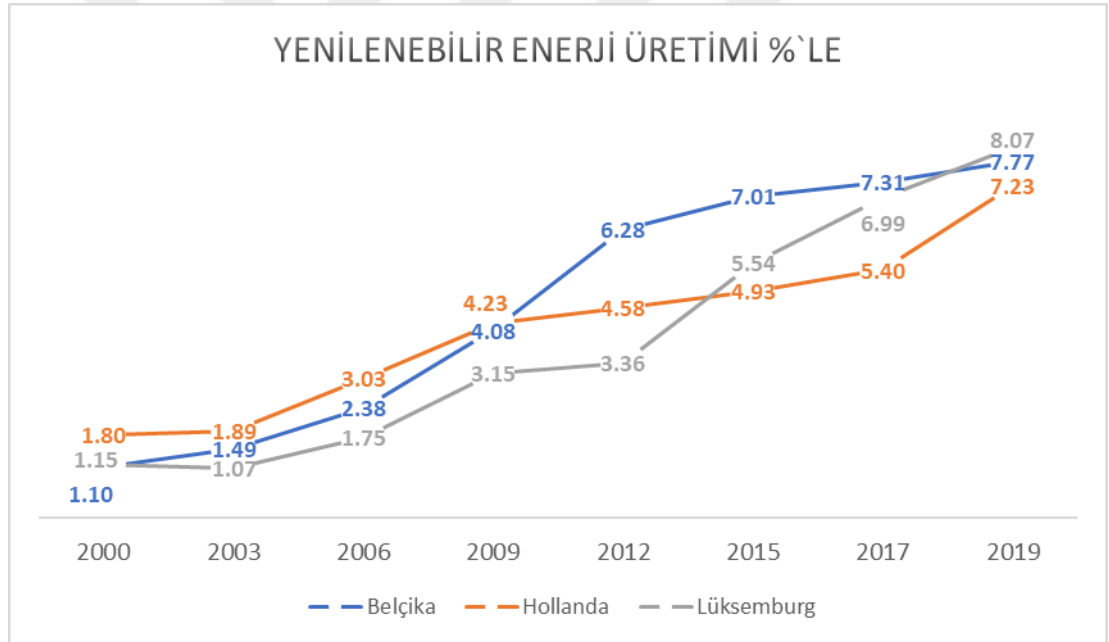
Yıllar	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Belçika	2268	2832	3119	3365	3504	3412	3677	3912	4048	4146	4283
Hollanda	3260	3250	3437	3530	3413	3401	3579	3686	4022	4408	5109
Lüksemburg	125	129	126	138	154	188	207	220	263	293	293

Tablo 2 Benelüks Ülkelerinde Toplam Yenilenebilir Enerji Üretimi 2009-2019, Bin Tonla (OECD, 2019).

Fakat arazi büyüklüğü ve nüfus yoğunluğundaki farkı dikkate alarak 3 ülke arasında karşılaştırma yaparak kesin bir bilgiye ulaşmanın mümkün olmadığından Toplam Enerji Arzında yenilenebilir enerji üretim payına bakmak gerekmektedir. Şekil 6.'da 2000-2019 yılları arasında yenilenebilir enerji üretiminin toplam enerji arzındaki payı görülmektedir. 2000 senesinde bu oran Belçika'da %1.10, Hollanda'da %1.80 ve Lüksemburg'da %1.15 olmuştur. Daha sonra 2003 senesinden Lüksemburg'da yenilenebilir enerji üretimi %1.07'ye kadar azalmış ve dolayısıyla

Belçika'nın gerisine düşmüştür. 2012 senesine kadar yenilenebilir enerji üretimini destek politikalarıyla arttıran Belçika 2012 senesinde Hollanda'yı da geçerek 3 ülke arasında zirveye oturmuştur. 2012 senesinde bu oran Lüksemburg'da %3.36, Hollanda'da %4.58 ve Belçika'da %6.28 olmuştur. Lüksemburg hidroelektrik ve rüzgâr santrallerine yaptığı yatırımlar sayesinde son senelerde büyük bir başarıya ulaşmıştır ve Belçika'nın yerini almayı başarmıştır. 2019 senesinde Lüksemburg Yenilenebilir enerji üretim oranını %8.07'e kadar çıkarmıştır. Ardından ikinci %7.77 ile Belçika, üçüncü %7.23 ile Hollanda olmuştur.

Miktarla olan istatistikte Lüksemburg'un yenilenebilir enerji sektöründe olan hakimiyeti ne kadar gözükmese de oran olarak baktığımızda bu açık olarak kendini belli etmektedir. Bunun sebebi arazi ve nüfus yoğunluğudur.



Şekil 6 Benelüks ülkelerinde Toplam Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Üretiminin payı, 2000-2019 (OECD, 2019).

1.3.2. Benelüks ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi

Tablo 3'te Benelüks ülkelerinde 1975-2020 seneleri için kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi verilmiştir. Genel olarak tablo incelendiğinde 1975 senesinden 2005 senesinde kadar 30 sene 3 ülke arasında liderliğini korumuştur. Daha sonra 2005 senesinden 2010 senesine Hollanda zirveye ulaşmıştır. Aynı zamanda 2009 senesinde de Belçika Lüksemburg'u, 2011 senesinde de Hollanda'yı geride bırakmayı başarmış

ve Benelüks ülkeleri içinde en yüksek kişi başı yenilenebilir enerji tüketim seviyesine ulaşmıştır.

Oran olarak tabloya bakılırsa Belçika, 1975 senesinden 2020 senesine %7787.5 (77.87 defa), Lüksemburg %814 (8.1 defa) ve Hollanda %3052 (30 defa) artış yaşamıştır. Benelüks ülkelerinde 45 senelik ortalama kişi başı yenilenebilir enerji tüketim miktarı: Belçika-1.19 mega watt/saat, Lüksemburg-1.28 mega watt/saat, Hollanda- 1.13 mega watt/Saat olmuştur. Nüfus dikkate alındığında elde edilen kişi başı yenilenebilir enerji tüketimine göre son 45 yılda Lüksemburg daha çok yenilenebilir enerji tüketmiştir. Fakat oran artışında da görüldüğü gibi Belçika ve Hollanda son 10 senede başarılı bir şekilde büyümeyi yakalamıştır.

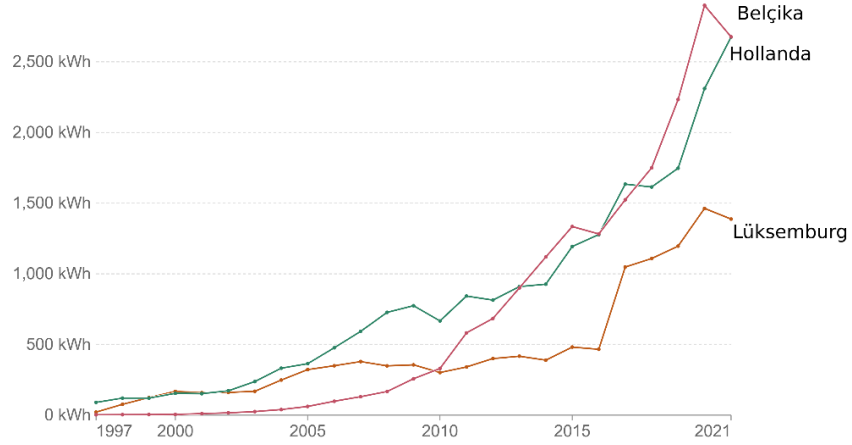
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985		
Belçika	0.08	0.05	0.15	0.15	0.17	0.18	0.21	0.11	0.11	0.11	0.10		
Lüksemburg	0.54	0.34	0.76	0.75	0.81	0.83	0.91	0.82	0.80	0.86	0.72		
Hollanda	0.19	0.20	0.20	0.28	0.25	0.23	0.24	0.06	0.05	0.00	0.10		
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996		
Belçika	0.14	0.18	0.17	0.15	0.17	0.17	0.19	0.16	0.18	0.20	0.17		
Lüksemburg	0.84	0.99	0.92	0.71	0.65	0.76	0.62	0.62	0.75	0.79	0.55		
Hollanda	0.12	0.15	0.18	0.21	0.17	0.20	0.21	0.23	0.26	0.29	0.37		
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
Belçika	0.18	0.23	0.26	0.31	0.32	0.34	0.36	0.44	0.62	0.87	1.01		
Lüksemburg	0.74	1.01	0.85	1.17	1.13	1.01	0.93	1.26	1.32	1.52	1.61		
Hollanda	0.41	0.47	0.50	0.59	0.65	0.77	0.76	1.01	1.42	1.55	1.63		
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Belçika	1.28	1.69	2.20	2.67	3.18	3.45	3.58	3.97	4.06	4.44	4.70	5.18	6.23
Lüksemburg	1.68	1.56	1.54	1.39	1.67	1.94	2.04	2.15	2.22	2.83	3.17	3.63	4.40
Hollanda	1.94	2.24	2.21	2.50	2.50	2.40	2.28	2.60	2.74	3.15	3.42	4.15	5.80

Tablo 3 Benelüks Ülkelerinde Kişi başı Yenilenebilir Enerji Tüketimi, mega watt-saat 1975-2020 (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

Şekil 7, 8 ve 9`da sırasıyla yenilenebilir enerji kaynakları olan Rüzgâr, Hidro elektrik ve güneş enerjisinin Benelüks ülkelerinde kişi başı tüketim miktarının şeması verilmiştir.

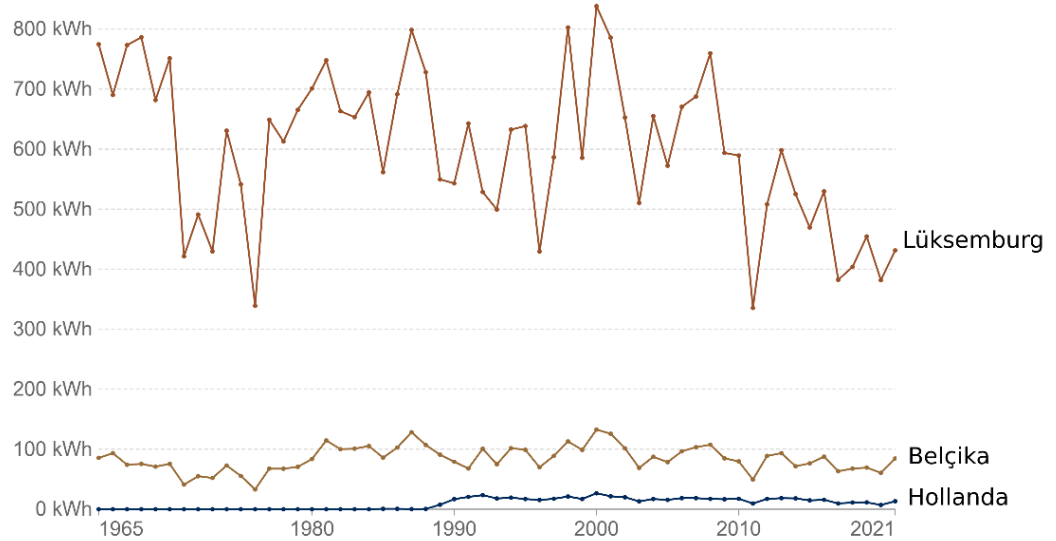
Şekil 7`de 1997-2021 senelerinde rüzgâr enerjisi kişi başı tüketim miktarı verilmiştir. 2013 senesine kadar Hollanda en yüksek kişi başı rüzgâr enerji tüketim

miktarına sahip olsa da Belçika 2013 senesinde bu zirveyi aşmıştır. Fakat 2021 senesinde Belçika'nın kişi başı rüzgâr enerjisi tüketim miktarı azalmış ve Hollanda'yla aynı seviyeye gelmiştir. Lüksemburg ise 2010 senesine kadar Belçika'nın altında seyretmiş daha sonra Belçika'nın yükselişi ile üçüncü sıraya düşmüştür. Genel olarak grafik inişli-çıkışlı bir trend durumunu sergilemektedir.



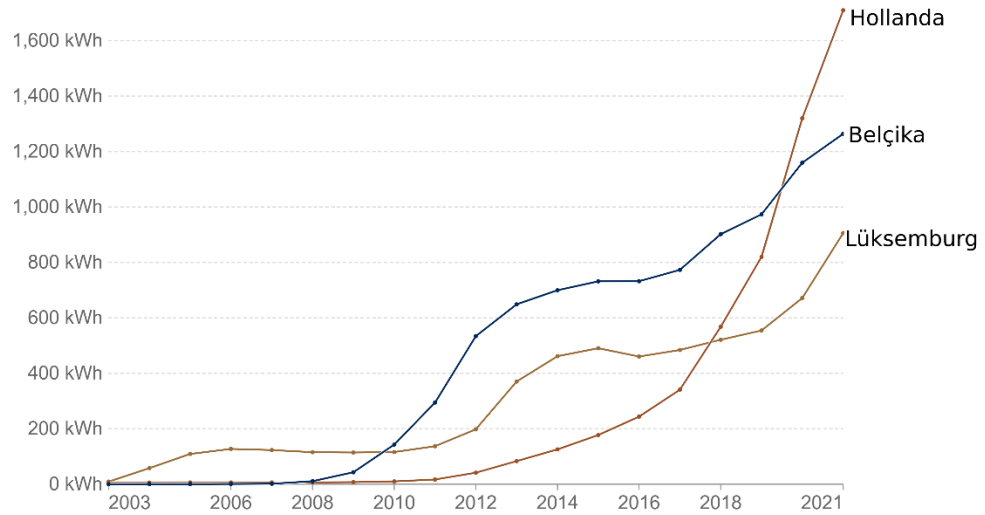
Şekil 7 Rüzgâr enerjisi kişi başı enerji tüketimi, 1997-2021 (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

Şekil 8`de 1965-2021 seneleri arasında Benelüks ülkelerinde Hidroelektrik enerjisi kişi başı tüketim miktarları verilmiştir. Bir önceki grafikten farklı olarak bu grafikte mevsimsellik durumları görülmektedir. Hollanda ve Belçika`da hidroelektrik kaynakları nüfus sayısı ile rekabet edemediği için az nüfuslu Lüksemburg`un çok altında kalmıştır. Lüksemburg`un düşük nüfusuna uygun orta kapasiteli bir barajı olması sonucunda böyle bir grafik ortaya çıkmıştır. Barajda kapasite değişimi sonucu grafikte dalgalanmalar sürekli olmuştur.



Şekil 8 Hidroelektrik enerjisi kişi başı enerji tüketimi, 1965-2021 (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

Şekil 9'da 2003-2021 senesinde Benelüks ülkelerinde kişi başı güneş enerjisi tüketim miktarı verilmiştir. 2003 senesinden 2010 senesine kadar Lüksemburg 2010 senesinden 2018 senesine kadar Belçika, 2018 senesinden 2021 senesine kadar Hollanda en yüksek kişi başı güneş enerjisi tüketimine sahip olmuştur.



Şekil 9 Güneş enerjisi kişi başı enerji tüketimi, 2003-2021 (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

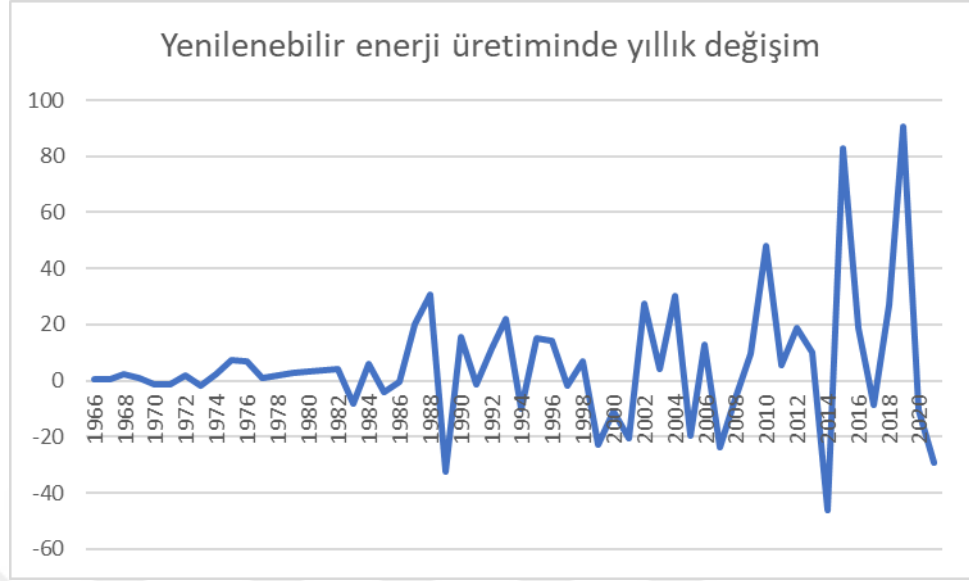
1.5. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye’de artan enerji ve doğal kaynaklar talebi, ekonomik genişleme ve nüfus artışının eşzamanlı faktörlerine bağlanabilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın (IEA) tahminlerine göre, ülke son yıllarda OECD ülkeleri arasında enerji talebinde en hızlı büyümeyi yaşayan ülke oldu ve önümüzdeki on yılda enerji tüketimini ikiye katlaması beklenmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın tahminleri, bu modelin öngörülebilir gelecekte de devam edeceği iddiasını doğrulamaktadır. Son enerji verilerine göre, Türkiye net enerji ithalatı yapmakta olup, enerji ihtiyacının yaklaşık %73’ünü enerji kaynaklarının dış kaynaklardan temin edilmesi yoluyla karşılamaktadır. Bu yüksek enerji bağımlılığı oranı, yerel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının devreye alınmasına yönelik yeni politikaların oluşturulması ve uygulanmasının arkasındaki ana itici güç olmuştur. Bu kapsamda Türkiye, 2017 yılında enerji sektöründe izlenecek temel unsurlar olarak arz güvenliği, yerelleşme ve öngörülebilir piyasa koşullarını belirleyen Ulusal Enerji ve Madencilik Stratejisini açıklamıştır. Strateji kapsamında, yerli ve yenilenebilir kaynaklardan üretme iddiasında olan Türkiye için yerleşmenin sağlanması ve yerli kaynakların kullanılması yoluyla ithalat bağımlılığının azaltılması en önemli öncelikler arasında yer almaktadır (Presidency of The Republic of Türkiye Investment Office, 2019).

Türkiye, son on yılda kayda değer bir artış eğilimi gösteren önemli bir yenilenebilir enerji kapasitesine sahiptir. 2018 yıl sonu itibarıyla 88.526 MW’ı aşan kümülatif kurulu gücün 28.291 MW’ı hidroelektrik, 7.005 MW’ı rüzgâr ve 5.068 MW’ı güneş kaynaklarından oluşmaktadır. Bununla birlikte, biyokütle/biyogaz ve jeotermal enerji kaynaklarının da artan kullanımları nedeniyle piyasada önemli bir rol oynayacağı tahmin edilmektedir (Presidency of The Republic of Türkiye Investment Office, 2019).

1.5.1. Türkiye’de yenilenebilir enerji üretimi

2022 yılında elektrik üretiminde kaynakların payları şöyle olmuştur: Kömür: %34,6, Doğalgaz: %22,2, Hidroelektrik: %20,6, Rüzgâr: %10,8, Güneş: %4,7 Jeotermal: %3,3, Diğer Kaynaklar: %3,7. 2023 Ocak ayı sonu itibarıyla Türkiye’nin kurulu gücü 104.038 MW’a ulaşmıştır (Republic of Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources, 2023).



Şekil 10 Türkiye Yenilenebilir Enerji üretiminde yıllık değişim, 1966-2020. (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

Şekil 10`da Türkiye`nin Yenilenebilir enerji üretiminin yıllık değişim grafiği verilmiştir. Türkiye`nin son yıllarda Yenilenebilir enerji seviyelerinde yüksek değişimlere gittiği grafikten de anlaşılmaktadır. Yenilenebilir enerjiye olan bu merak aslında Türkiye için bir fosil yakıt ithalinden kurtulma gibi bir avantaj sağlama potansiyeline sahip olmaktadır.

Tablo 4`te görüldüğü gibi 1975 senesinde Türkiye Yenilenebilir Enerji üretiminde bir gelişme yaşamıştır. Bunun sebebi yeni barajların açılması özellikle de Keban Barajının inşasıdır. 2020 ve 2021 senelerinde azalmalar mevcuttur. Pandemi sonrası ekonominin durgunluğa girmesi sonucu yenilenebilir enerji yatırımları da azalmıştır. Türkiye`nin 55 senede ortalama yıllık yenilenebilir enerji büyümesi %9.5 seviyesinde olmuştur. Yıllara göre incelemede en çok verimliliğin olduğu seneler 1974-1982 seneleri olmuştur

Yıllar	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Yenilenebilir Enerji Büyümesi % 1966-1975	7.95	3.85	31.27	8.02	-11.71	-13.34	21.90	-17.13	27.22	71.88
Yıllar	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Yenilenebilir Enerji Büyümesi % 1976-1985	39.39	2.98	7.75	10.16	10.07	10.81	11.32	-19.93	18.56	-10.39
Yıllar	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Yenilenebilir Enerji Büyümesi % 1986-1995	-1.12	56.73	55.38	-37.96	29.03	-1.83	17.02	27.73	-9.88	16.71
Yıllar	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Yenilenebilir Enerji Büyümesi % 1996-2005	13.63	-1.33	5.89	-17.97	-10.77	-21.85	39.52	4.69	30.24	-14.17
Yıllar	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Yenilenebilir Enerji Büyümesi % 2006-2015	12.01	-18.12	-5.58	10.81	46.08	4.28	12.25	6.14	-23.98	58.96
Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021				
Yenilenebilir Enerji Büyümesi % 2016-2021	8.75	-3.15	12.06	35.08	-2.81	-8.67				

Tablo 4 Türkiye Yenilenebilir Enerji Üretimi Büyümesi Yıllara göre, 1966-2021 (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

1.5.2. Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi

Türkiye'nin hidro, rüzgâr ve güneş kaynaklı yenilenebilir enerji büyümesi, İzmir ilini rüzgâr enerjisinde lider, Konya'yı ise güneş enerjisinde öncü konuma getirmektedir. Ülkenin 50.990 megavatlık (MW) toplam yenilenebilir enerji kapasitesinin 31.280 MW'ı hidroelektrik, 9.543 MW'ı rüzgâr enerjisi ve 7.070 MW'ı güneş enerjisi olmuştur. Türkiye ayrıca 1.595 MW ile oldukça büyük bir jeotermal kapasiteye sahiptir. Yenilenebilir enerjiye 50 milyar doları aşan yatırımla, yenilenebilir kapasite, 2021 Nisan sonunda 92.377 MW'a ulaşan ülkenin toplam kurulu elektriğinin %52,5'ini oluşturmuştur. Kaynakları ülke genelinde farklılık gösteren Türkiye'nin toplam yenilenebilir kapasitesi, dünya çapında yaklaşık %1,7'ye

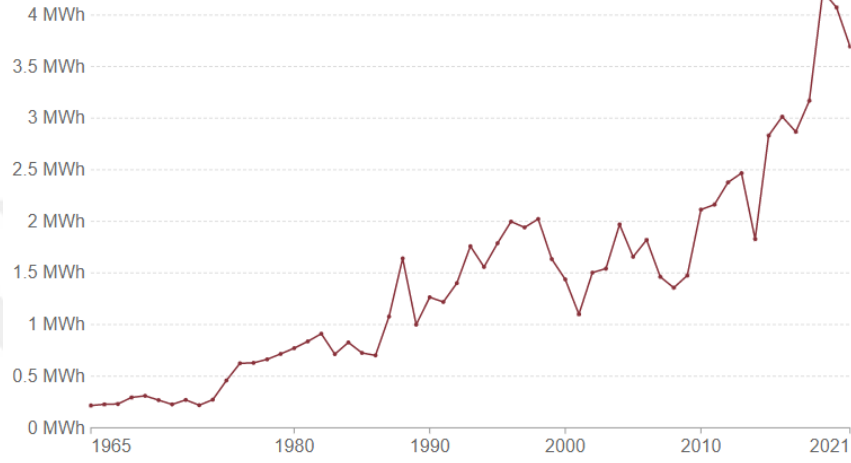
tekabül etmektedir. Yakın zamanda yayınlanan REN21'in Yenilenebilir Küresel Durum Raporuna göre, Türkiye'nin kurulu hidroelektrik kapasitesi küresel olarak %3'tür ve bu, değişen kapasitelerde 72 ilde değişmektedir. Ancak ülke, 2020'de yaklaşık 2.500 MW'lık ek hidroelektrik kapasitesi açısından Çin'den sonra ikinci sırada yer almıştır. Türkiye'nin güneydoğu ili olan Şanlıurfa, 3.128 MW ile hidroelektrikte lider konumdadır. Bunu 2.287 MW ile Elâzığ ve 2.250 MW ile Diyarbakır izlemektedir. Karadeniz bölgesinin doğusunda yer alan Artvin, 2.167 MW kurulu hidroelektrik kapasitesine sahipken, güneydeki Adana 1.902 MW ile en yüksek hidroelektrik kapasiteli ilk beş bölgeden biri olarak kabul edilmektedir. Türkiye'nin yakında 10.000 MW eşiğini geçmesi beklenen rüzgâr enerjisi, daha çok Ege ve Marmara illerinde yoğunlaşmaktadır. 1.635 MW ile İzmir rüzgâr enerjisinin başkenti olurken, onu Marmara bölgesinde 1.275 MW ile Balıkesir ve 808 MW ile Çanakkale takip etmektedir. Ege ili Manisa 736,5 MW'a sahiptir ve güneydeki Hatay 412,5 MW ile beşinci büyük rüzgâr şehri konumundadır. Türkiye'nin en kalabalık ve en yüksek elektrik tüketimine sahip şehri olan İstanbul, 398,7 MW kurulu rüzgâr kapasitesine sahiptir. Türkiye, dünyanın 12., Avrupa'nın ise beşinci büyük rüzgâr enerjisi üreticisi konumunda ve hem rüzgâr hem de güneş enerjisine yılda en az 1.000 MW eklemeyi planlamaktadır (Kaya, 2021).

Türkiye'nin kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi, hidro enerji tüketimi, güneş enerjisi tüketimi ve rüzgâr enerjisi tüketimi sırasıyla Şekil 11, Şekil 12, Şekil 13 ve Şekil 14'te verilmiştir. Genel yenilenebilir enerji tüketimi ve hidro enerji verileri 1965 senesinden 2021 senesine, güneş ve rüzgâr enerji tüketimi verileri ise 2014-2021 ve 2005-2021 senelerini kapsamaktadır. Türkiye'nin kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi 2019 senesinde saatte 4 Mega Watt ile zirve yapmıştır. Fakat Pandeminin dahil olmasıyla birlikte bütçede oluşan sorunlardan dolayı yenilenebilir enerjiye yatırımlar azalmış ve kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi de azalmıştır.

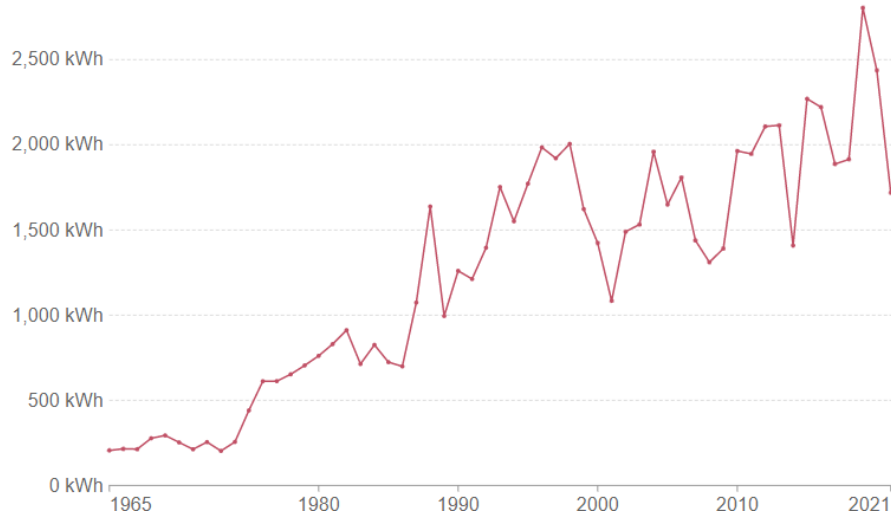
Hidro enerji tüketimi de aynı yenilenebilir enerji tüketimi gibi 2019 senesinde zirve yapmış ve daha sonra azalmıştır.

Hidro enerjiden farklı olarak güneş ve rüzgâr enerjilerinde ise farklı durum söz konusudur. Fosil kaynakların fiyatlarının yükselmesi ve Pandemi döneminde kapanmaların uygulanması sonucu Co2 solunum miktarı azalmıştır. Hükümet doğal olan kaynaklara yönelmiş ve daha önce yatırım fırsatı daha az olan Güneş ve Rüzgâr

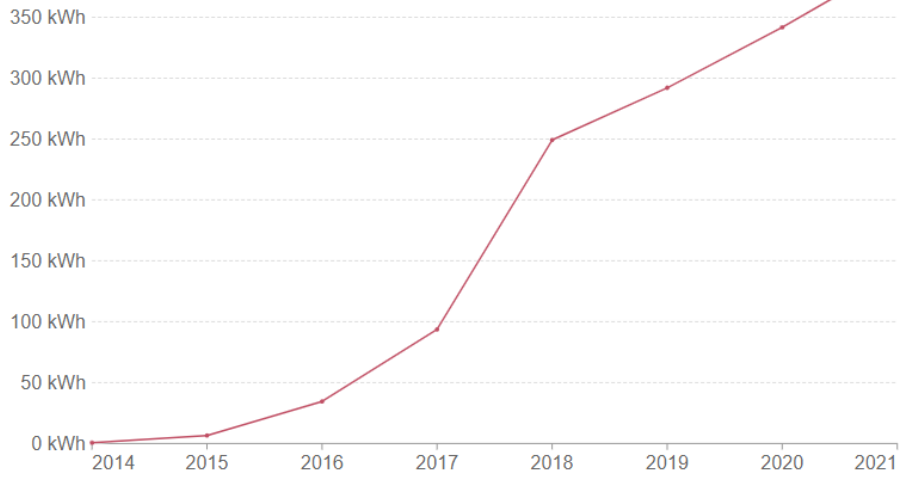
tipli yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlar yapmıştır. Aynı zamanda Güneş ve Rüzgâr enerji üretimi ve tüketimi yapan hane halkına da bazı vergi indirimleri de sunulmuştur. Bundan dolayı Pandemi dönemi sonrası Güneş ve Rüzgâr yenilenebilir enerji tüketimlerinde bir artış yaşanmış ve bu artışın yatırımların kesilmemesi şartıyla devamlı sürdürülebileceği gerçeği değişmemektedir.



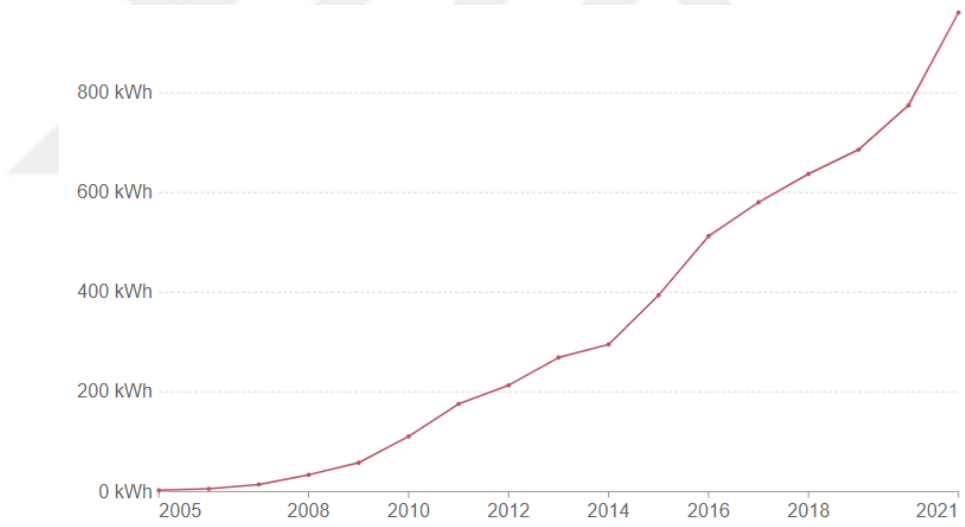
Şekil 11 Türkiye kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi, 1965-2021 (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)



Şekil 12 Türkiye kişi başı hidro enerji tüketimi, 1965-2021 (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)



Şekil 13 Türkiye kişi başı güneş enerjisi tüketimi, 2014-2021 (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)



Şekil 14 Türkiye kişi başı rüzgâr enerjisi tüketimi, 2005-2021 (Ritchie, Roser, & Rosado, 2021)

İKİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ

2.1. Büyüme Teorileri

Ekonomik büyüme, küresel ekonomi içinde önemli bir öneme sahiptir. Bir nüfusun yaşam standartlarının göstergesi olarak büyüme düzeyi ve hızının kullanılmasının doğruluğuna ilişkin eleştiriler olsa da refahın baskın ölçüsü olmaya devam etmektedir. Bununla birlikte, belirli bir ulus içindeki ekonomik fenomenlerin inceliklerini aydınlatmak için bir araç olarak kullanıldığında, bu ölçütün belirli sınırlamalar içerdiğini kabul etmek önemlidir. Genel olarak "karaborsa" olarak anılan kayıt dışı piyasadan kaynaklanan üretim düzeyi resmi kayıtlarda yer almaz, bu da ekonomik işlemlerin tüm çıktısının eksik bir şekilde temsil edilmesiyle sonuçlanmaktadır. Ayrıca, ekonomik büyümenin, toplumun genel refahını yadsınamaz bir şekilde etkileyen bir faktör olan emeğe ayrılan zaman miktarındaki dalgalanmaları dikkate almadığını belirtmekte fayda bulunmaktadır. Ayrıca, ekonomik büyümeyi ölçmek için kullanılan metrik, çevre kirliliği, kademeli bozulma ve gürültü kirliliği gibi ekonomik faaliyetlerle bağlantılı olumsuz dışsallıkları hesaba katmamaktadır. Bununla birlikte, bu zorluklara rağmen, ekonomik genişlemenin sayısallaştırılması, bir ulusun nüfusunun sosyo-ekonomik refahını değerlendirmek için baskın gösterge olarak hizmet etmeye devam etmektedir (Piğtak, 2014, s. 46).

İktisat literatüründe uyumlu büyüme kavramı bulunmaktadır. Adam Smith'e göre ekonomik hayatta doğal bir uyum bulunmaktadır. Smith bunları, piyasayı dengeleyen görünmez bir elin gücü olarak tanımlamıştır (Smith, 1776, s. 46). Öte yandan Frédéric Bastiat'a göre, çıkar çatışmalarına rağmen, Tanrı dünyada aklın keşfedemeyeceği bir uyum yaratmıştır (Bastiat, 1850, s. 9). Pierre Proudhon, üretimin yıkımına katkıda bulunabilecek veya oluşum sürecinde gerilime neden olabilecek ekonomik çelişkilere işaret etmiştir (Proudhon, 1847).

Ekonomik büyüme sorunu, büyümeyi ve ekonomik gelişmeyi belirleyen itici güçler sorusunu gündeme getirmektedir. Eğer ekonomik büyüme dinamik bir süreçse, aynı orandaki aynı faktörler onun gelecekteki gücünü belirleyecek mi? Klasik

iktisatçılar, ekonomik büyümenin belirleyicilerini yatırımlarda ve üretken kapasitenin geliştirilmesinde görmekteydiler Yirminci yüzyılın ilk yarısında neoklasik iktisat, ekonomik büyümenin üç faktörünü tanımlamıştır: toprak, sermaye ve emek. Bu, kapitalist ülkelerde ekonomik büyümenin nedenlerini açıklamak için yeterli olmaktadır. Bu faktörler ne kadar çok kullanılırsa, ekonomik büyüme o kadar büyük olmaktadır.

1957'de Robert M. Solow, makalesinde ABD'nin ekonomik büyümesinde toprak, sermaye ve emeğin önemsiz bir payı olduğunu göstermiş ve ABD ekonomisinde büyümenin bir kaynağı olarak teknik ilerlemenin rolünden söz etmiştir (Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, 1957). Öte yandan, Profesör Xavier Sala-i-Martin, ekonomik büyümeyi belirleyen aşağıdaki unsurları ayırt etmiştir:

1. Fiziki sermaye birikimi, beşerî sermaye ve eğitim,
2. Ekonomiye elverişli kurumların çeşitliliği,
3. Sermayenin, teknolojinin, fikirlerin, yabancı yatırımın ve bilgi akışının serbest dolaşımı.

Dolayısıyla, ekonomik büyüme faktörlerinin yansıttığı görüşlere dayalı olarak fikir ayrılıkları gözlemlenebilmektedir. Xavier Sala-i-Martin birkaç faktöre işaret ederken, Solow sorunu teknik gelişmeyle sınırlandırmıştır (Sala-i Martin, 2002).

Ekonomik Büyüme teorileri altında Klasik Büyüme teorileri, Marksist Büyüme teorisi, Keynesyen Büyüme teorisi, Harrod-Domar Büyüme teorisi, Neo-Klasik Büyüme teorisi, Rostow Büyüme teorisi ve İçsel Büyüme modeli incelenmektedir.

2.1.1. Klasik büyüme teorileri

18. yüzyılın sonunda ve 19. yüzyılın başında, ekonomik değişimler ekonomik teorileri her zamankinden daha fazla etkilemiştir Ekonomik büyüme oranları muazzam bir şekilde artmıştır. Zamanın bazı filozofları ilk iktisatçılar olmuş ve klasik ekonomik teoriyi geliştirmişlerdir.

O zamandan önce merkantilizm, bir ulusun refahını artırmak için kullanılan hâkim ekonomik sistem olarak geniş çapta kabul görmekteydi. Bununla birlikte, çağdaş iktisatçılar, üretken ve üretken olmayan faaliyetler arasında ayırım yapmanın yanı sıra, bir ulus içindeki fazlanın kaynağını, bu fazlalığın optimal tahsisini ve bir

denge durumuna ulaşmanın yollarını inceleyerek bu geleneksel paradigmayı aşmaya başlamışlardır

2.1.1.1. Adam Smith

Yazarı olduğu "A Study of the Nature and Reasons of the Wealth of Nations" başlıklı ünlü yayın, Smith'in öncelikli olarak ekonomik büyüme ve kalkınmaya odaklandığını uygun bir şekilde göstermektedir. Smith, kitabında sermaye birikimi, nüfus artışı ve işçi verimliliği kavramlarını ele almıştır. Sınırsız uluslararası ticaret ilkelerini benimsedi ve merkezi olarak planlanmış ekonomik sistemlere karşı olduğunu ifade etmiştir

Adam Smith'in yeni ufuklar açan eseri "Ulusların Zenginliği"nin birincil amacı, bir ulusun zenginliklerinin nicelleştirilmesi etrafındaki soruşturmayı ele almaktır. Smith'in amacı, bu çabada eksiksiz ve tutarlı bir yaklaşım elde etmektir. Merkantilistlere göre, ulusal çıktı, bir ülkenin ürettiği hazine veya para arzını ifade etmekteydi. Ulusal çıktı algısı, halkın refahının temeli olarak değil, bir çatışma durumunda erişilebilen parasal rezerv olarak görülmekteydi. Smith, servet üretiminin temel itici gücünün, piyasa sistemleri içinde üretilen ve bireyler için erişilebilir hale getirilen şeylerin sağlanmasında yattığını savunmuştur. Ayrıca, bir ulusun ekonomik çıktısının sermaye birikimine ve emeğin verimliliğine bağlı olduğunu öne sürmüştür. Gerçekten de bu, Smith'in teorik çerçevesinin ana ilkesini oluşturmaktadır.

Adam Smith'in çığır açıcı çalışması Ulusların Zenginliğinde, ekonomik büyüme için birincil katalizörün, bir ülkenin üretken emekle uğraşan işgücünde yattığını öne sürmüştür. Smith hem tarım hem de imalat sektörlerinin üretkenliğe önemli ölçüde katkıda bulunduğunu zekice gözlemlemiştir. Ancak Smith, hükümet harcamalarının verimsizlikle karakterize edildiğini öne sürmüştür. Sermaye birikimi, ekonomik büyüme olgusuna katkıda bulunan ek bir faktör olarak tanımlanmaktadır. Çalışan nüfusun üretken emekte istihdam düzeyini yüksek tutabilmesi için sermaye birikiminin önemli düzeyde kalması zorunludur. Bu, ekonomik ilerlemenin birincil katalizörleri olan görevlerin ve uzmanlığın tahsisi için gerekli koşulları oluşturacaktır. Bu fenomenin temel koşullarından biri, çıktıyı barındırabilen, dolayısıyla artan üretkenliği kolaylaştıran ve maliyetleri azaltan yeterince geniş pazarların varlığıdır (Blaug, 1962, s. 37-39). Pazarın büyüklüğü ve işgücü verimliliği de iç ve dış ticaretin

düzenlenmesine bağlıdır. Herhangi bir kısıtlama, pazarın büyüklüğünü sınırlayacak, emeğin uluslararası uzmanlaşmasını ve yerel üretkenliği azaltacaktır (Adelman, 1961, s. 27).

Smith, iş bölümünü üretkenlikteki artışla ilişkilendiren üç yönü belirlemiştir. Birincisi işçi sayısındaki artış; ikincisi, işçilerin verimliliğinin artması; üçüncüsü ise sermaye birikimidir. Bunu bir pasajında çok net bir şekilde açıklamıştır:

“İş bölümünün bir sonucu olarak, aynı sayıda insanın yapabileceği iş miktarındaki bu büyük artış, üç farklı duruma aittir; ilk olarak, her işçinin maharetindeki artışa; ikinci olarak, bir iş türünden diğerine geçerken genellikle kaybedilen zamandan tasarruf edilmesi ve son olarak, emeği kolaylaştıran ve kısaltan ve bir kişinin birçok işi yapmasını sağlayan çok sayıda makinenin icadına bağlıdır” (Smith, 1776, s. 7).

Sermaye birikimi süreci, Smith'in ekonomik büyüme teorisinde önemli bir rol oynamaktadır. Smith, sermaye birikiminin pazarın genişlemesine katkıda bulunduğuna inanmaktaydı. Daha fazla sermaye ile işgücü, uzmanlaşmış faaliyetler gerçekleştirebilir ve ücretler, yaşama düzeyinin üzerine çıkabilir. Bu, nüfusu ve dolayısıyla arzı arttırmakta ve pazarın genişlemesine imkân sağlamaktadır (Rostow, 1990, s. 33-50).

Ulusların Zenginliğindeki ana katkılardan biri “görünmez el” kavramı olmuştur. Bu kavramın arkasındaki fikir, kârlarını artırmak isteyen kapitalistlerin ülkeye en yüksek katkıyı sağlayabilecek faaliyetlere yatırım yapmaları olmuştur. Sermaye birikimi, Smith için büyümenin temel koşuluysa. O, kapitalistlerin sermaye biriktirerek ulusun ekonomik büyümesine katkıda bulunduklarını ve bu arada kâr elde ettiklerini düşünmekteydi (Taylor, 1960, s. 111).

Teknolojik ilerleme de büyümeyi artırabilmektedir. Smith'in iş bölümünün (uzmanlaşmanın) büyümeyi iyileştirdiğine dair ünlü tezi buna temel bir argüman olmuştur. Smith ayrıca makine ve uluslararası ticaretteki gelişmeleri, daha fazla uzmanlaşmayı kolaylaştırdıkları için büyümenin motorları olarak görmüştür. İlaveten "iş bölümünün pazarın kapsamı ile sınırlı olduğuna" inanmış ve böylece bir ölçek ekonomileri argümanı öne sürmüştür. İş bölümü çıktıyı artırdıkça ("piyasanın kapsamını" artırır) daha fazla bölünme ve emek olasılığını ve dolayısıyla daha fazla büyümeyi teşvik eder. Böylece Smith, ölçeğe göre artan getiriler sergilediği için

büyümenin kendi kendini güçlendirdiğini savunmuştur. Teoriye göre çıktı büyümesi, nüfus artışı, yatırım ve topraklardaki büyüme ve genel üretkenlikteki artışlardan kaynaklanmıştır (Uçak, 2013, s. 35-36).

2.1.1.2. Robert Malthus

Malthus'a göre iktisadi büyümenin en önemli faktörü nüfustur. Malthus, nüfusun giderek artmasının besin sorunlarını kendiyle beraber getireceği ve bunun da fakirliğe yol açacağını söylemiştir. Bu durumda nüfusun artması ekonomik büyüme karşısında engel haline gelmektedir. Bunun sebebi, nüfus artışının geometrik, hasıla artışının ise aritmetik bir artış olduğundan dolayıdır. Bu artışlar arasındaki fark bir zaman sonra bir-birine uyumsuz şekilde devam edecektir ve dolayısıyla ekonomik büyüme sorunları ortaya çıkacaktır (Ünsal, 2013, s. 20-21).

Malthus'un ekonomik büyüme teorisinin dört ana bileşeni bulunmaktadır (Malthus, 1798, s. 19-20; Cannan, 1892, s. 66, 68).

a) Birincisi, nüfus artışının geometrik olduğuna inanmaktaydı. Bu, gıda üretiminin sabit bir oranda büyümesine karşın, nüfusun artan bir oranda artması anlamına gelmektedir.

b) İkincisi, Malthus ekonomik büyüme için gerekli kaynakların sınırlı olduğunu varsaymaktaydı. Bu, ekonomik kalkınma için yalnızca sınırlı sayıda kaynağın mevcut olduğu anlamına gelmektedir.

c) Üçüncüsü, Malthus, ekonomik büyümenin azalan getirilere yol açtığını varsaymıştır. Bu, ekonomi büyüdükçe aynı büyüme oranını sürdürmenin giderek zorlaştığı anlamına gelmektedir. Malthus, kaynakların sınırlı olması nedeniyle ekonomik büyümenin sonunda yavaşlayacağını savunmuştur. Ekonomik büyümenin ancak kısa vadede mümkün olduğuna ve sonunda azalan getirilere yol açacağına inanmıştır. Diğer bir deyişle, ekonomi büyüdükçe aynı büyüme hızını sürdürmek giderek zorlaşmaktadır. Malthus, bunun ekonomik büyüme için gerekli kaynakların sınırlı olmasından kaynaklandığına ve ekonomi büyüdükçe bu kaynakların kıt hale geldiğine inanmaktaydı.

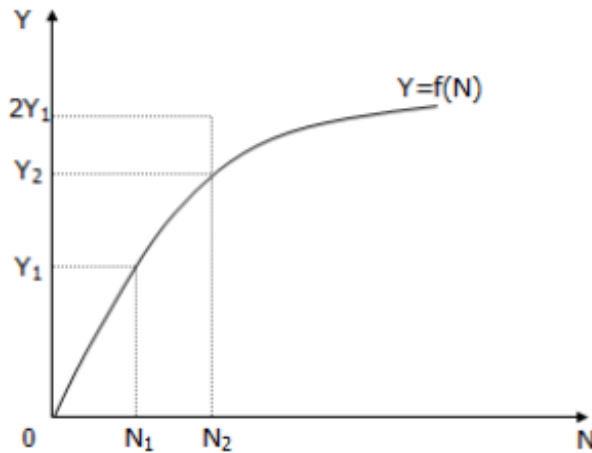
d) Son olarak, yoksulluğu ve açlığı önlemenin tek yolunun önleyici kontroller ve olumlu kontroller olduğunu öne sürmüştür.

Önleyici kontroller, geç evlilik ve doğum kontrolü gibi şeyleri içermektedir. Olumlu kontroller ise kıtlık, savaş ve hastalık gibi şeyleri ifade etmektedir. Malthus, bu olayların nüfus artışının kaynakları aşmasını önlemek için gerekli olduğuna inanmıştır. Malthus, Nüfus Tuzağını önlemenin tek yolunun önleyici tedbirler yoluyla nüfus artışını sınırlamak veya olumlu kontrollerin yoluna girmesine izin vermek olduğunu savunmuştur. Malthus'un teorisi o dönemde ekonomik düşünce üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Nüfus artışını sınırlayan ve aile planlamasını teşvik eden yasa ve politikaları haklı çıkarmak için kullanılmıştır. Malthus'un çalışması, arz ve talebe güçlü bir vurgu yapan klasik iktisadın gelişmesinde de etkili olmuştur (Malthus, 1798, s. 20).

Malthus, modelini Tablo 5'teki hasıla ve çıktı büyüme oranları arasındaki anlaşmazlık üzerinde kurmuştur. Bu anlaşmazlık, nüfus artışını sınırlayan eğilimler yaratmaktadır.

	T (Zaman)					
Çıktı (Y)	1	2	3	4	5	6
Nüfus (N)	1	2	4	8	16	32
Kişi Başına Çıktı $y=Y/N$	1	1	0.75	0.5	0.3125	0.1875

Tablo 5 Nüfus ve Üretim Artışı (Güneş, 2009, s. 134)



Şekil 15 Azalan Verimler Durumunda Üretim

Malthus, üretime daha fazla arazi koymanın ancak maliyetlerin artmasıyla sağlanabileceğine inanmaktaydı, bu nedenle ekonomik hayatta azalan getiriler yasası geçerli olmaktadır.

Malthus'a göre, bir ekonomideki ürün çıktısı (Y), toprak ve emek kullanılarak üretilmektedir. Arazi miktarı sabit olduğundan, fiili ürün çıktısının miktarı emeğe ve nüfusa bağlı olmaktadır. Ancak Malthus'a göre, Şekil 15'de gösterildiği gibi, ortalama üretim çıktısının verimi emek girdisine göre azalmaktadır (Güneş, 2009, s. 134).

Etkisine rağmen, Malthus'un teorisi çeşitli gerekçelerle eleştirilmiştir. Bazı eleştirmenler, Malthus'un teknolojinin gıda üretimini artırma yeteneği konusunda aşırı kötümser olduğunu iddia etmiştir. Diğerleri, Malthus'un kaynakların mevcudiyetini belirlemede gelir dağılımının rolünü hesaba katmadığına işaret etmiştir. Malthus'un teorisine yönelik temel eleştirilerden biri, yeniliğin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini dikkate almamasıdır. Tarım ve sanayideki teknolojik gelişmeler, artan üretkenliğe ve daha yüksek yaşam standartlarına olanak sağlamıştır. Bu yenilikler aynı zamanda kaynak arzının artmasına yardımcı olarak artan bir nüfusu desteklemeyi kolaylaştırmıştır. Malthus'un teorisine yönelik bir başka eleştiri, gelir dağılımının rolünü hesaba katmaması olmuştur. Malthus, yoksulluğun ve açlığın aşırı nüfustan kaynaklandığına inanırken, modern iktisatçılar bu sorunların genellikle kaynakların eşitsiz dağılımının sonucu olduğunu savunmaktadırlar. Başka bir deyişle, yoksulluk ve açlığın nedeni kaynak eksikliği değil, kaynaklara erişim eksikliğidir (Woolston, 1924, s. 170, 177; Rahman M. , 2018, s. 18).

2.1.1.3. David Ricardo

David Ricardo, iktisadi büyümenin kendiliğinden ortaya çıktığını ve bunun ardından ekonominin bir çıkmaza girdiğini söylemiştir. Ona göre, dış ticarete karşılaştırmalı maliyetler veya avantajlar teorisine dayanarak, büyümenin göreceli olması için toplam çıktıyı artırmak mümkün olmaktadır (Özgüven, 1988, s. 12-14). Ekonomik büyüme sürecinde üretim maliyetlerinin dağılımını yöneten yasaları araştıran Ricardo, kendi adını taşıyan büyüme teorisini yaratmıştır (Kazgan, 1991, s. 98).

Ricardo'nun ekonomik büyüme teorisinin ana kriterleri:

- a) Rekabet ekonomisi

- b) Tam istihdam
- c) Devletin müdahaleci politikalarından vazgeçmesi
- d) Tarım sektöründe azalan verimler kanunun geçerliliği
- e) Ücretler, kısa vadede emeğin arzına ve talebine bağlıyken, uzun vadede geçim düzeyine bağlıdır (Özgüven, 1991, s. 12).

Ricardo, üretimin nüfustaki artışa bağlı olarak artacağını, dolayısıyla kalkınma sürecinin başlayacağını ve bu vadede karların artacağını iddia etmiştir. Karlardaki artış sonucunda tasarruf-yatırım dengesi değişmekte ve tasarruflar yatırımlara yönlendirilmekte ve bu da sermaye birikiminde bir artışa yol açmaktadır. Bu durum işçilerin ücretlerini de etkileyeceğinden, cari ücret de geçim maliyetini aşmaktadır (Ricardo, 2008, s. 129-144). Ancak sonunda karlar düşecek, sermaye akışı ve ekonomik büyüme duracaktır. "Azalan Getiriler Yasası" bu durumun uygulanmasında etkindir. Smith ve Ricardo'nun ekonomik büyüme modeli konusunda hemfikir oldukları genel görüş, artan verimler yasasının emek faktörü için geçerliyken, azalan verimler yasasının tarım sektörü için geçerli olacaktır (Berber, İktisadi Büyüme ve Kalkınma, 2006, s. 6-7).

Ricardo'nun modeline farklı eleştiriler gelmiştir. Bunlardan birisi tam istihdam ve tam rekabet varsayımlarının gerçeğe dayalı olmaması ve yalnızca "ceteris paribus" durumunda geçerli olmasıdır. Bundan ilave gelişmiş bir ekonomide faktör paylarında bir trend ve süreç bazlı bir büyüme modeli oluşturmak için "azalan verimler yasası" yeterli değildir (Alkin, 1987, s. 54-55).

Ricardo'nun fikirlerinin özellikle etkili olduğu bir alan, uluslararası ticaretin incelenmesidir. Ricardo, bir ülke tüm malları üretmede daha verimli olsa bile neden ülkelerin birbirleriyle ticaret yapmaktan fayda sağladığını açıklayan karşılaştırmalı üstünlük teorisiyle tanınmaktadır. Ricardo'ya göre ülkeler, en verimli şekilde üretebilecekleri malları üretmekte uzmanlaşmalı ve verimli olarak üretmedikleri mallar için diğer ülkelerle ticaret yapmalıdır. Bu uzmanlaşma ve ticaret, daha yüksek ekonomik verimlilik ve büyüme seviyelerine yol açmaktadır. Ricardo'nun karşılaştırmalı üstünlük teorisi, 200 yılı aşkın bir süredir uluslararası ticaret teorisinin temel taşı olmuştur. Doğal kaynaklar bakımından nispeten fakir olan ülkelerin neden hala yüksek ekonomik büyüme seviyelerine sahip olabildiklerini ve benzer gelişmişlik

seviyelerine sahip ülkelerin neden birbirleriyle ticaretten fayda sağlayabildiklerini açıklamak için kullanılmıştır (Ruffin, 2002, s. 4-6).

Ancak Ricardo'nun ekonomik büyüme konusundaki fikirleri de eleştirilere maruz kaldı. Temel eleştirilerden biri, ekonomik büyüme üzerindeki çevresel kısıtlamaları dikkate almamasıydı. Örneğin, Ricardo'nun teorisi kaynakların sınırsız olduğunu varsayar, ancak gerçekte kaynaklar sınırlıdır ve kullanımları olumsuz çevresel sonuçlar doğurabilir. Bazı iktisatçılar, kaynakların sınırlı doğasını ve çevreyi koruma ihtiyacını dikkate alan daha sürdürülebilir bir ekonomik büyüme modeline ihtiyaç olduğunu savunmuştur.

2.1.2. Marksist büyüme teorisi

Marx, insanlık tarihinin ana aşamalarını analiz etti. Ona göre, tüm tarihsel olaylar, toplumdaki farklı sınıflar arasında sürekli bir ekonomik mücadelenin sonucudur. Tüm tarihi olaylar toplumun sosyal, kültürel, hukuki ve kurumsal yapısını belirleyecek olan ekonomik koşullardan etkilenmiştir. Bu arka planla Marx, tarihin dört aşamasını tanımlamaktadır. Bunlar: 1. İlkel Toplum 2. İlkel Komünizm 3. Feodalizm 4. Kapitalizm (McDonough, 2007).

Kabile toplumunun sosyal sınıfları yoktur, ancak erkeklerin işi avlamak ve kadınların işi ev işleri ile akrabalık ilişkileri etrafında yapılandırılmıştır. Marx ve Engels'e göre kabile biçimi, bu aşamada oldukça temeldir, "ailede var olan doğal iş bölümünün daha ileri bir uzantısıdır". Bu aşamada, özellikle nüfus arttıkça, "isteklerin büyümesine" ve dış medeniyetlerle ilişkilerin (savaş veya takas yoluyla) büyümesine yol açan bir köle kültürünün kurulduğunu görmek de mümkündür. Köle kültürü ile sınıflı toplumun başlangıç aşamasına geçildiği görülmektedir (Marx & Engels, 2001, s. 44).

İlkel komünizm, özellikle birkaç kabilenin anlaşma veya fetih yoluyla bir şehre birleşmesinden kaynaklanan eski komünal ve devlet mülkiyetidir. Bu aşamada, özel mülkiyet kavramı gelişmeye başlamaktadır (Marx & Engels, 2001, s. 45).

Feodalizm, "kabile ve komünal mülkiyet gibi, yine bir topluluğa dayanmaktadır; ancak onun karşısında duran doğrudan üretici sınıf, eski topluluk durumunda olduğu gibi köleler değil, küçük köylülüktür". Şehirde feodal yapı, tüccar loncalarında kendini göstermiştir. Hem köyün hem de şehrin örgütlenmesi "sınırlı üretim koşulları

tarafından belirlenmiştir (toprağın küçük ve ilkel ekimi, zanaat tipi sanayi)", bu da feodalizmin en parlak çağında iş bölümü anlamına gelmekteydi (Marx & Engels, 2001, s. 46).

Sermaye birikiminin artması metalar ve kâr etrafında yapılandırılmış bir toplumun yani kapitalizmin oluşmasına yol açmıştır. Böyle bir toplumda proletarya, emeğinin karşılığını aldığı için özgür olduğuna inandırılmaktadır. Aslında, emeğin piyasada alınıp satılabilen soyut bir niceliğe dönüştürülmesi, proletaryanın sömürülmesine yol açarak, sermayenin kontrolünde nüfusun küçük bir yüzdesinin yararlanmasına yol açmaktadır. Böylece işçi sınıfı yabancılaşmayı deneyimler, çünkü bu sınıfın üyeleri, kendilerini belirli bir işe iten güçlerin kontrolünde olmadıklarını hissetmektedirler. Bu durumun nedeni, özel mülkiyet gibi muamele gören üretim araçlarına başkasının sahip olmasıdır (Marx & Engels, 2001, s. 47).

Marx, kapitalizm ilerledikçe zenginliğin daha az elde yoğunlaşma eğiliminde olduğuna inanmıştır. Bazı kapitalistler, yüksek kârlar ve hayatta kalmak için kendi aralarında bir rekabet sonucunda ortadan kaybolmaktadırlar. Bunun sonucunda, üretim araçları birkaç kapitalistin elinde toplanmakta ve servet yoğunlaşmaktadır.

Kapitalist, işçilere asgari düzeyde ücret öder ve kalan artı değeri kendileri için uygun hale getirmektedir. Bu durumda, ekonomik gelişmeyle birlikte kâr artsa da sermaye talebi sermaye arzının gerisinde kalmaktadır. Geliri yüksek olan kapitalist, genellikle gelirlerinin büyük bir kısmını biriktirmektedir. İşçiler geçimlik ücret aldıkları için fazla tasarruf edememektedirler. İşçilerin, tüm artı değeri alan kapitalistler tarafından sömürülmesi, sermaye arzında bir artışla sonuçlanmaktadır (Felluga, 2011).

2.1.3. Keynesyen büyüme teorisi

Adından da anlaşılacağı gibi, Keynesyen büyüme teorisi, Keynes'in (1936) "Genel Teorisi'nde geliştirilen makroekonomik büyüme teorisi olarak tanımlanabilmektedir. Keynesyen ekonomi, kısa vadeli makroekonomideki gelişmeleri çeşitli şekilde karakterize etmiştir: toplam talep, çıktı ve istihdamın belirlenmesinde önemli bir rol oynar; gayri-iradi işsizlik devam edebilmektedir; ekonomi, ekonomik dalgalanmalara ve istikrarsızlığa tabidir; ekonomik karar vericilerin davranışlarını etkilemede belirsizlik ve psikolojik faktörlerin önemli bir

rolü bulunmaktadır; maliye ve para politikası çıktı ve istihdam düzeyini etkileyebilmektedir (Dutt, 2010, s. 41). Bu nedenle Keynesyen büyüme teorisini analitik özellikleri açısından tanımlamak tercih edilebilir görünmektedir.

Tüketim ve yatırım talebinin belirleyicilerine bağlı olan toplam talebe odaklanma, Keynesyen büyüme teorisini, toplam arzın rolünü, yani sermaye ve emek gibi üretim faktörlerinin arzının belirleyicilerini ve bunların üretkenliğini vurgulayan hem klasik hem de neoklasik teorilerden ayırmaktadır. Aynı zamanda işsizliğin varlığı, onu büyümenin tam istihdamla gerçekleştiği neoklasik büyüme teorilerinden ayırmaktadır.

İstikrarlı büyümeli büyüme modellerine kıyasla toplam talep dalgalanmaları ve istikrarsızlık üzerinde durulmuştur. Keynesyen büyüme modellerinde, belirsiz bir ortamda içgüdülerin önemi, daha fazla ticari iyimserliğin daha yüksek büyümeyle sonuçlandığı vurgulanırken, diğer modellerde belirsizliğin yerini rasyonel beklentiler biçimindeki hesaplanabilir riskler almaktadır. Son olarak, makroekonomik politika değişikliklerinin bu tür modellerde uzun vadeli etkileri vardır, oysa örneğin paranın tam yansız olduğu ve maliye politikasının ya Ricardo denkliği nedeniyle hiçbir etkisinin olmadığı ya da dışlama nedeniyle olumsuz etkilerin olmadığı diğer modellerde politika etkisiz gibi görünmektedir (Toye, 2006, s. 266).

Klasik teori ya ücretli emeğin olmadığı ya da uzun vadeli bir değer deposu olarak para talebinin olmadığı bir ekonomiyi tanımlamıştır. Parasal ücret, işçilere çıktı payıyla değil para olarak ödenmesi gereken girişimci veya parasal üretim ekonomisinin ayırt edici özelliğidir. Klasik istihdam teorisi, işgücü kiralama kararının olmadığı, yalnızca emek tekliflerinin olduğu ve Keynes'in anlamıyla gayri-iradi işsizliğin imkânsız olduğu serbest meslek sahibi veya kooperatif bir ekonomiyi tanımlamaktadır.

Keynes, Klasik istihdam teorisini hem ampirik hem de mantıksal gerekçelerle eleştirmiştir. İşsizler, teorinin öngördüğü gibi davranmazlar ve mantık gereği, toplam reel ücretler parasal ücretlerle belirlenmemektedir. Klasik teorinin yerini almak için Keynes, etkin talep ilkesini getirerek Marshall'ın rekabetçi arz ve talep analizini kısmi sistemden sistem dengesine genişletmiştir. Parasal üretim ekonomisinin rekabetçi denge konumu, efektif talep noktasıdır ve otomatik olarak tam istihdama karşılık

gelmemektedir. Gelir, efektif talep ve toplam talep arasındaki farklar büyük önem taşımaktadır (Keynes, 1936).

AD-AS analizi ders kitaplarında özetlendiği gibi modern Klasik toplam talep teorisi, Pigou etkisinin uzun vadede Say Yasasını sunmaya devam ettiği miktar teorisinin yeni bir biçimidir; işgücü piyasasında toplam arz, iş ve boş zaman arasındaki seçimle belirlenmeye devam eder ve para, "neo-klasik" kısa vadeli dengesizlik mümkün olsa bile, uzun vadede yansız kalmaktadır. Genel Teori, kısmen Keynes'in faktör hizmet sahiplerinden ziyade işverenlerin, tüketicilerin ve yatırımcıların kararları açısından tamamen farklı sistem dengesi kavramı nedeniyle, Klasik teori tarafından sabit veya yapışkan fiyat dengesizliğinin özel bir durumu olarak yanlış yorumlanmaktadır (Hayes, 2006, s. 59).

2.1.4. Harrod-Domar büyüme teorisi

Keynesyen kısa vadeli statik analizi uzun vadeye yaymayı amaçlayan Domar modeli, yatırımın ekonomik etkisini daha geniş olarak ele almıştır. Domar'a göre bir ekonomide yatırım harcamalarının iki farklı etkisi bulunmaktadır.

(i) Ekonominin arz tarafında "kapasite geliştirici etki"
(ii) Ekonominin talep yönünde "gelir yükseltici etki" (Berber, 2006, s. 108).

(i) Yatırımların kapasite geliştirici etkisi: Yatırım harcamaları nedeniyle teçhizat ve makine gibi malların miktarında veya yol, köprü, baraj, liman gibi altyapıların miktarında artışlar yaşanmaktadır. Yatırım malları ve bu altyapıların miktarındaki artış, ekonominin bir önceki döneme göre daha fazla mal ve hizmet üretmesini sağlamaktadır. Yani yatırım, ekonominin üretken kapasitesini artırarak potansiyel arzı artırmaktadır (Berber, 2006, s. 109).

(ii) Yatırımların gelir yükseltici etkisi: Yatırımın kapasiteye bağlı geliştirici etkisi arz tarafıyla ilişkiliyken gelir yükseltici etkisi talep tarafına bağlı olmaktadır. Yatırımlar olgunlaşırken yapılan harcamalar, ekonomideki çarpan mekanizmalarının rolüyle tutarlı olarak artan gelirlere yol açmaktadır. Keynes'in kısa vadede analiz ettiği bu etki, uzun vadede tam istihdam için önemli kriterlerden biridir (Berber, 2006, s. 110).

Bu durumda, tam istihdam dengesindeki bir ekonomiye yapılan yatırım, bir yanda üretken kapasitede, diğer yanda toplam talepte bir artışa yol açmaktadır. Bu yatırımın ikili karakteri, tam istihdamda dengeli büyümeyi sürdürmek isteyen ekonomiler için bazen sorunlu olabilmektedir. Tam istihdam dengesinin sürdürülebilmesi için artan üretim kapasitesinin tamamının kullanılması gerekmektedir. Domar'a göre bir yatırımın kapasite geliştirici etkisi ile gelir yükseltici etkisi denkliliğini korumalıdır (Berber, 2006, s. 116).

Harrod'un modeli Domar'ınkiyle örtüşse de büyüme sırasında yatırım ve üretim arasındaki ilişkiyi açıklamasında farklılık göstermektedir. Harrod, gelir ve üretime göre ne kadar yatırım yapılabilceği konusuna bakmıştır. Domar ise gelir ve üretimin yatırımları ne kadar artırılabilceğini incelemiştir (Berber, 2006, s. 124).

Harold'a göre kalkınma için temel soru, gelirlerin artan yatırımın mevcut tasarrufları emmesine izin verecek seviyelere yükselip yükselmeyeceğidir. Domar modelinde çarpan katsayısını kullanılırken Harrod, Domar'dan farklı olarak modelinde hızlandıran katsayısını kullanmıştır (Savaş, 1986, s. 322).

Bu modelde, bir ekonominin büyüme hızı üç türe ayrılmıştır. Bunlar (i) reel büyüme oranları, (ii) tatmin-edici büyüme oranları ve (iii) doğal büyüme oranlarıdır.

(i) Reel Büyüme Oranı: Belirli bir dönemin sonunda bir ekonominin büyüme oranıdır.

(ii) Tatmin-edici Büyüme Oranı: Yatırımcıları kararlarından tamamen memnun eden büyüme oranıdır, bu nedenle ekonominin, çıktıyı artırmalarına veya azaltmalarına neden olmadan sorunsuz bir şekilde büyüdüğünü varsayılan bir büyüme oranıdır.

(iii) Doğal Büyüme Oranı: Teknik gelişme ve nüfus artışına bağlı olarak elde edilen büyümedir (Berber, 2006, s. 124-134).

2.1.5. Neo-Klasik büyüme teorisi

Neoklasik ekonomik büyüme teorisi 1950'lerde ortaya çıktı ve o zamandan beri uzun vadeli ekonomik büyümeyi anlamak için kullanılan baskın teorik çerçevelerden biri haline geldi. Neoklasik teorinin amacı, büyümenin bazı önemli unsurlarının olası anlaşılması için bu konular hakkında düşünceleri organize etmek için bir yol sağlamaktır. Örneğin, teori, teknolojik ilerlemenin işsizlikle ilişkili olup olmadığı

sorusuna açık bir cevap veremez, ancak cevabın bağlı olduğu kesin hususları belirlemek için büyük önem taşımaktadır.

Ekonomik büyümeye ilişkin neoklasik teoriler bir dizi varsayıma dayanmaktadır (Kenton, 2023).

a) Birincisi, bireylerin ve firmaların rasyonel davrandıklarını ve piyasaların etkin olduğunu varsayarlar. Bu, kaynakların ekonomik refahı en üst düzeye çıkaracak şekilde tahsis edildiği anlamına gelmektedir.

b) İkincisi, neoklasik teoriler teknolojinin dışsal olduğunu, yani yatırım ve insan sermayesi gibi ekonomik faktörlerden bağımsız olduğunu varsaymaktadırlar.

c) Üçüncüsü, sermayenin azalan getirileri olduğunu varsaymaktadırlar. Bu, bir ekonomiye daha fazla sermaye eklendikçe, sermayenin marjinal ürününün azaldığı anlamına gelmektedir.

Ekonomik büyümeye ilişkin neoklasik teorilerin temel kavramları arasında sermaye birikimi, teknolojik ilerleme ve üretim fonksiyonu yer almaktadır.

a) Sermaye birikimi, bir ekonomide makine ve teçhizat gibi fiziki sermaye stokundaki artışı ifade etmektedir. Neoklasik teorilere göre, sermaye birikiminin ana itici gücü yatırımdır (Cesaratto, 1999, s. 773-774).

b) Teknolojik ilerleme, daha verimli üretim yöntemlerine izin veren teknolojiadaki gelişmeleri ifade etmektedir. Neoklasik teorilere göre teknolojik ilerleme dışsaldır, yani ekonomik aktörlerin kontrolü dışındadır (Butter, 2006).

c) Son olarak, üretim fonksiyonu emek ve sermaye gibi girdilerin çıktı üretmek için nasıl birleştirildiğini gösteren matematiksel bir denklemdir. Üretim fonksiyonu, sermaye ve teknolojiadaki değişikliklerin ekonomik büyümeyi nasıl etkilediğini açıklamak için kullanılmaktadır (Banton, 2020).

Teorinin çoğu, zaman içinde rekabetçi bir ekonominin dengesine ayrılmıştır. Özellikle sermaye mallarının birikimine, nüfus artışına ve teknolojik ilerlemeye dikkat edilmektedir. İki tür denge bulunmaktadır. Biri, sermaye malları stoğunun, çalışan nüfusun ve teknik bilgi birikiminin sabit olarak kabul edilebileceği kısa dönem veya ekonominin anlık dengesidir. Diğeri, bu üç unsurdan hiçbirinin olduğu gibi kabul edilmediği uzun vadeli dengedir. Uzun vadeli dengenin tüm tarihler için anlık bir dengeyi ima ettiğini anlamak önemlidir, ancak bir anlık denge dizisinin uzun vadeli bir denge oluşturması söz konusu değildir. Zira ikincisi, müteakip tarihlerdeki olaylara

ilişkin beklentileri ışığında belirli bir tarihte iktisadi aktörlerin yaptıklarından, o tarihler geldiğinde pişman olunmama özelliğine sahip olmaktadır. Başka bir deyişle, bu durum rasyonel beklentiler adlandırılmaktadır. Harrod (1939), bu özelliğe sahip bir ekonominin yolunu garantili yol olarak adlandırmıştır (Hahn, 2010, s. 172-192).

Yaygın olarak Solow Modeli olarak anılan bu teori, Swan'ın yardımıyla geliştirilmiştir. Neoklasik büyüme teorisi, nüfus artışı ile ekonomik büyüme arasında tek yönlü bir ilişki olduğunu kabul etmektedir. Bununla birlikte teknolojik gelişmeden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Bundan dolayı teori, teknolojik gelişme ve nüfus artışının dışsal olduğunu savunmaktadır (Parasız, 2003, s. 131).

Solow modeli, sermaye birikimi, büyüme ve tasarruf arasındaki uyumu açıklayan ölçeğe göre sabit getirileri olan bir büyüme modelidir. Aşağıdaki formülünden de görüldüğü gibi, çıktı düzeyi sermaye ve emek miktarına bağlı olmaktadır.

$$Y=F(K, L)$$

Emek ve sermaye ile çıktı miktarı arasındaki ilişki ikiye ikidir. Yani sermaye ve emek iki kat artarken çıktı da iki kat artmaktadır. Bunun sebebi fonksiyonun sabit getirili fonksiyon olmasıdır.

Genel üretim fonksiyonunda, her iki bölümden de emek miktarına oranı alınırsa;

$$Y/L=F(K/L,1)$$

biçiminde yazılabilmektedir. Denklem gereğince işçi başına düşen sermaye işçi başına çıktı hacmini belirlemektedir. Yani sermaye arttıkça çıktı hacmi de dolayısıyla artmaktadır. Ancak modelde artışlar hep aynı olmayacaktır, sermayedeki artışlar belli bir zamandan sonra çıktıda daha az artışa sebep olmaktadır. Bunun nedeni azalan verimler kanunudur (Ünsal, 2013, s. 266).

Model, kullanılan varsayımlar ve araçlar açısından tutarlı bir yaklaşıma sahiptir. Ancak üretim fonksiyonunun birinci aşamada aynı(homojen) yapıda olması, dışsal ekonomiler ile teknolojik gelişmeler sebebiyle kullanılan girdiden çok daha yüksek bir çıktının üretilmesi olasılığı bulunmasından dolayı çoğu iktisatçı tarafından eleştirilmiş ve gerçeğe uymadığı söylenmiştir. Bundan ilave azalan verimler yasası modelde gösterildiği gibi sürekli değildir (Alkin, 1987, s. 191).

Neoklasik İçsel büyüme modeli, 1980'lerde ve 1990'larda geliştirilen neoklasik bir ekonomik büyüme teorisidir. Model, ekonomik büyümeyi teşvik etmede beşerî

sermaye birikiminin ve yeniliğin önemini vurgulamaktadır. Model, teknolojik ilerlemenin dışsal bir değişken olmadığını, aksine ekonomideki bireylerin ve firmaların eylemleri tarafından içsel olarak belirlendiğini savunmaktadır. İçsel büyüme modeli, araştırma ve geliştirmeye (Ar-Ge) yapılan yatırımın daha yüksek seviyelerde teknolojik ilerlemeye ve ekonomik büyümeye yol açacağını öngörmektedir. Model ayrıca ekonomik büyümeyi teşvik etmede eğitimin ve beşerî sermaye birikiminin önemini vurgulamaktadır. Modele göre, ekonomideki eğitim ve beşerî sermaye düzeyindeki bir artış, daha yüksek düzeyde yenilik ve üretkenliğe ve dolayısıyla daha yüksek ekonomik büyümeye yol açmaktadır (Liberto, 2020).

Neoklasik yeni büyüme teorisi, 1990'larda geliştirilen neoklasik bir ekonomik büyüme teorisidir. Model, ekonomik büyümeyi teşvik etmede bilgi taşmalarının ve dışsallıkların önemini vurgulamaktadır. Model, teknolojik ilerlemenin yalnızca Ar-Ge yatırımı tarafından belirlenmediğini, aynı zamanda ekonomideki bireyler ve firmalar arasında bilgi ve teknolojinin yayılmasından da etkilendiğini savunmaktadır. Yeni büyüme teorisine göre, iki tür bilgi yayılımı bulunmaktadır: yerelleştirilmiş yayılmalar ve küresel yayılmalar. Yerel yayılmalar firmalar veya endüstriler içinde meydana gelirken, küresel yayılmalar farklı firmalar ve endüstriler arasında meydana gelmektedir. Teori, devlet tarafından finanse edilen Ar-Ge ve patent koruması gibi bilgi taşmalarını ve dışsallıkları teşvik eden politikaların ekonomik büyümeyi destekleyebileceğini tahmin etmektedir (Liberto, 2021).

Solow-Swan modeli, içsel büyüme modeli ve yeni büyüme teorisi, ekonomik büyümeyi teşvik etmede teknolojik ilerlemenin önemini vurgulamaktadır. Ancak, teknolojik ilerleme ve ekonomik büyümenin belirleyicileri hakkındaki varsayım ve tahminlerinde farklılık göstermektedirler. Solow-Swan modeli, teknolojik ilerlemenin dışsal bir değişken olduğunu varsayar ve bir ekonominin uzun vadeli büyüme hızının, teknolojik ilerleme ve sermaye birikimi oranı tarafından belirlendiğini öngörmektedir. İçsel büyüme modeli ise, teknolojik ilerlemenin içsel olarak Ar-Ge ve eğitim yatırımları tarafından belirlendiğini savunur ve daha yüksek beşerî sermaye ve yenilikçilik düzeylerinin daha yüksek ekonomik büyüme düzeylerine yol açacağını öngörmektedir. Son olarak, yeni büyüme teorisi, ekonomik büyümeyi teşvik etmede bilgi taşmalarının ve dışsallıkların önemini vurgular ve bilgi yayılmasını ve teknoloji

transferini teşvik eden politikaların daha yüksek ekonomik büyüme seviyelerine yol açabileceğini öngörmektedir.

2.1.6. Rostow büyüme teorisi

Rostow, ekonomik büyümenin beş aşamasını belirlemiştir (Rostow, 1960):

Aşama 1 Geleneksel Toplum- Ekonomiye geçimlik faaliyet hakimdir. Çıktı üreticiler tarafından kullanılmaktadır ve ticaret kategorisine girmemektedir. Ticaret, öğeler doğrudan diğer mallarla değiştirildiğinde, takasın ekonomik uygulamasını ifade etmektedir. Tarım sektörü çok önemli bir etken olmaktadır. Üretim süreci, yalnızca sınırlı bir sermaye kaynağı tahsisi ile emeğe yüksek bir güven ile karakterize edilmektedir. Teknolojinin kullanımı sınırlıdır ve kaynakların tahsisi ağırlıklı olarak geleneksel üretim tekniklerinden etkilenmektedir

Aşama 2 Geçiş aşaması- Artan uzmanlaşma, ticaret için bir fazla yaratmaktadır. Ticareti desteklemek için ulaşım altyapısı ortaya çıkmaktadır. Girişimciler gelirler, tasarruflar ve yatırımlar arttıkça ortaya çıkmaktadır. Dış ticaret de emtialar üzerinde yoğunlaşarak gerçekleşmektedir. Güçlü bir merkezi hükümet özel girişimi teşvik etmektedir.

Aşama 3'te, bireylerin tarım sektöründen imalat sektörüne geçmesiyle birlikte sanayileşme süreci hız kazanmaktadır. Ekonomik büyüme olgusu, sınırlı sayıda imalat işletmesinin yanı sıra, çoğunlukla ülke içindeki belirli bölgelerde gözlemlenen yoğun bir model sergilemektedir.

Ekonomik değişim sürecine genellikle sanayileşmenin ilerlemesini kolaylaştıran yeni siyasi ve sosyal kurumların ortaya çıkması ve gelişmesi eşlik etmektedir. Büyüme olgusu, yatırımlar ile daha yüksek gelirler arasındaki pozitif ilişki nedeniyle kendi kendini devam ettiren bir olgu olarak kabul edilmektedir. Bunun nedeni, yatırımların ek tasarruflar yaratması ve bunun da daha sonraki yatırımları finanse etmek için kullanılabilmesidir.

Ekonomik kalkınmanın 4. Aşamasında, ekonomi yeni sektörlerle doğru genişledikçe çeşitlendirmeye yönelik dikkate değer bir eğilim bulunmaktadır. Teknolojik yenilik, çok çeşitli yatırım beklentileri sunmaktadır. Ekonomi, çok çeşitli mal ve hizmetler sergiler, dolayısıyla ithal ürünlere bağımlılığı azaltmaktadır.

Kentleşme olgusu kayda değer bir yükseliş trendi yaşamış, teknolojiden yararlanma giderek yaygınlaşmıştır.

Ekonomik kalkınmanın 5. Aşamasında, ekonominin yüksek bir ekonomik faaliyet düzeyinde işlemesiyle kitlesel tüketime belirgin bir odaklanma bulunmaktadır. Teknolojinin kullanımı yaygındır; yine de büyüme hızı yavaşlamıştır. Hizmet sektörünün ağırlığı giderek artmıştır. Kentleşme süreci, küresel şirketlerin ortaya çıkmasıyla sonuçlanan doruk noktasına ulaşmıştır. Nüfusun önemli bir kısmı için kazançları, beslenme, barınma ve giyim gibi temel ihtiyaçları kapsayan geçim için asgari gereksinimleri aşmıştır. Sosyal refahın teşviki için toplumsal ilgede dikkate değer bir artış olmuştur (Rostow, 1960).

Rostow'un teorisinin zayıflıklarından biri, tüm ülkelerin aynı gelişme aşamalarından geçtiğini varsayması olmuştur. Bu varsayım, ülkelerin ekonomik kalkınmalarını etkileyebilecek farklı tarihlere, kültürlere ve kurumlara sahip olduğu gerçeğini göz ardı etmektedir. Örneğin, bazı ülkeler ekonomik büyümeyi sağlayan bol miktarda doğal kaynağa sahipken, diğerleri olmayabilir. Rostow'un teorisinin bir başka zayıflığı da ekonomik kalkınmanın şekillenmesinde dış faktörlerin rolünü dikkate almaması olmuştur. Örneğin teori, küresel ekonomik eğilimlerin, uluslararası ticaret politikalarının veya çok uluslu şirketlerin ekonomik büyümeyi şekillendirmedeki rolünü dikkate almamaktadır. Son olarak, Rostow'un teorisinin bazı eleştirmenleri, onun ekonomik büyümeye fazla odaklandığını ve gelir eşitsizliği, sosyal ve politik istikrar ve çevresel sürdürülebilirlik gibi diğer önemli faktörleri hesaba katmadığını iddia etmektedir (Itagaki, 1963, s. 3-8).

2.1.7. İçsel büyüme modeli

"İçsel büyüme" terimi, 1980'ler boyunca ortaya çıkan çok çeşitli teorik ve ampirik araştırmaları ifade etmektedir. Bu çalışma, ekonomik büyümenin dışsal faktörler tarafından yönlendirilmek yerine ekonomik sistemin içsel bir sonucu olduğu fikrine vurgu yaparak neoklasik büyüme teorisinden ayrılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan teorik çerçeve, sanayi devrimini takiben kişi başına düşen gelirdeki önemli artışı açıklamak için harici teknolojik yenilikleri bir araç olarak içermemektedir. Ampirik araştırmanın kapsamı, farklı ülkelerde değişen oranlar sergileyen büyüme muhasebesi kalıntısının ölçümünün ötesine geçmektedir. Buna karşılık, amaç, uluslar

arasında gözlenen artık büyüme oranlarındaki farklılıklara katkıda bulunan özel ve kamu sektörlerindeki belirleyicileri aydınlatmaktır. Neoklasik büyüme teorisine benzer şekilde, içsel büyüme teorisi de ekonominin toplam davranışını incelemektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, endüstriyel veya kurumsal bağlamda yürütülen araştırma ve geliştirme veya performans çabalarından farklı olsa da tamamlayıcı niteliktedir (Romer, 1994, s. 3).

2.1.7.1. AK modeli

AK büyüme modeli, ekonomik büyümeyi beşerî sermaye birikimi ve teknolojik ilerleme açısından açıklayan neoklasik bir ekonomik modeldir. Adını, o zamana kadar baskın olan Solow büyüme modeline alternatif olarak 1986 yılında onu tanıtan yaratıcısı Paul Romer'den almıştır. AK büyüme modeli iktisatçılar arasında yaygın bir kabul görmüş ve dünyadaki birçok ülkede ekonomik büyümeyi açıklamak için kullanılmıştır (Brown University, 2008, s. 20).

AK Büyüme Modelinin Varsayımları (Freitas, 2022, s. 174-175, 185):

- a) Birincisi, ekonominin iki girdi kullanılarak üretilen tek bir nihai maldan oluştuğunu varsayar: fiziki sermaye ve beşerî sermaye.
- b) İkincisi, üretimde ölçeğe göre sabit getirilerin olduğunu varsayar; bu, fiziksel ve beşerî sermaye girdilerinin iki katına çıkarılmasının, çıktının iki katına çıkmasıyla sonuçlanacağı anlamına gelmektedir.
- c) Üçüncüsü, nihai mal için üretim fonksiyonunun fiziksel ve beşerî sermaye arasında sabit bir ikame esnekliği sergilediğini varsaymaktadır.
- d) Dördüncüsü, üretim fonksiyonunun fiziksel veya beşerî sermayeye azalan getiriler göstermediğini varsaymaktadır.

AK büyüme modelinin ekonomik büyüme için birkaç önemli sonucu bulunmaktadır (Kotlikoff, 1998, s. 1-3, 7-9):

- a) İlk olarak, fiziksel veya beşerî sermayenin azalan getirileri olmadığı için ekonomik büyümenin doğal bir sınırı olmadığını ileri sürmektedir. Bu, bir ekonominin fiziksel ve beşerî sermaye biriktirmeye devam ettiği sürece sonsuza kadar büyümeye devam edebileceği anlamına gelmektedir.
- b) İkincisi, teknolojik ilerlemenin ekonomik büyümenin önemli bir itici gücü olduğunu öne sürmektedir çünkü emeğin üretkenliğini artırmakta ve aynı

miktarda fiziksel ve beşerî sermaye kullanılarak daha fazla çıktının üretilmesine izin vermektedir.

- c) Üçüncüsü, eğitim ve öğretime yapılan yatırımın, emeğin üretkenliğini artırması ve aynı miktarda fiziksel sermaye kullanılarak daha fazla çıktının üretilmesine izin vermesi nedeniyle ekonomik büyümenin önemli bir itici gücü olduğunu öne sürmektedir.

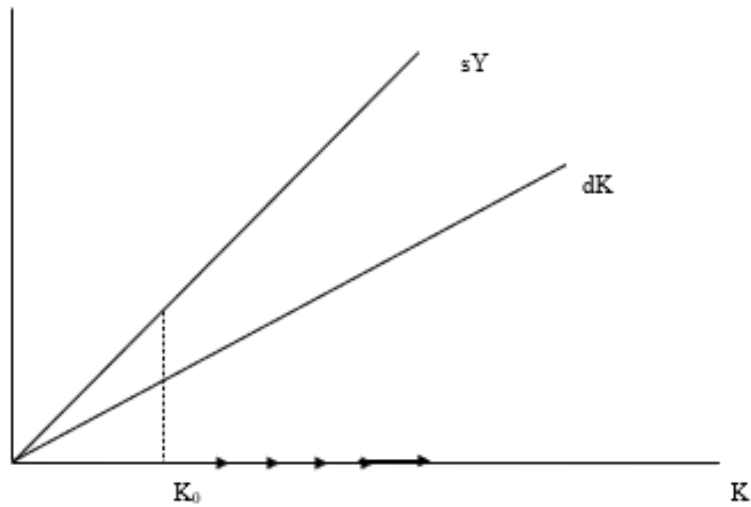
İçsel büyümeye izin veren en basit modellerden biri olan AK modeli (politikaların uzun vadeli büyüme oranını etkileyebilmesi anlamında), orijinal Solow (1956) modeli dikkate alınarak kolayca türetilmektedir.

$$Y=AK$$

AK modeline adını veren bu üretim fonksiyonu olmuştur. İnsanlar ekonomide üretilen çıktının bir kısmını tüketmek yerine biriktirip yatırım yaptıkça sermaye birikmektedir:

$$\dot{K}=sY-dK,$$

Burada s yatırım oranı ve d amortisman oranıdır, her ikisinin de sabit olduğu varsayılmaktadır. Büyük harfleri kişi başına değişkenler olarak yorumlayabilmek için, basitlik için nüfus artışı olmadığı varsayılmaktadır (örneğin, ekonomide yalnızca bir kişinin yaşadığını varsayalım) (Rebelo, 1991, s. 502). Şekil 16'da bu model için Solow diyagramı çizilmiştir.



Şekil 16 AK modeli için Solow diyagramı

dK doğrusu, sermaye stokunun amortismanını değiştirmek için yapılması gereken yatırım miktarını yansıtmaktadır. sY eğrisi, sermaye stokunun bir fonksiyonu olarak toplam yatırımı gösterir. Toplam yatırımın çizildiği gibi toplam amortismandan daha büyük olduğu varsayılmaktadır.

K0 noktasında başlayan bir ekonomide toplam yatırım amortismandan daha büyük olduğu için sermaye stoku büyümektedir. Zamanla bu büyüme devam etmektedir: K0'ın sağındaki her noktada toplam yatırım, amortismandan daha büyüktür. Bu nedenle, sermaye stoku her zaman büyümekte ve modeldeki büyüme asla durmamaktadır (Rebelo, 1991, s. 505-507).

Solow modelinde ekonomiye eklenen her yeni sermaye birimi bir öncekinden biraz daha az üretken olmuştur. Bu, nihayetinde toplam yatırımın amortisman düzeyine düşeceği ve sermaye birikimini (işçi başına) sona erdireceği anlamına gelmektedir. Ancak burada, sermaye birikiminin sabit getirileri bulunmaktadır. Her bir sermaye biriminin marjinal ürünü her zaman A'dır. Ek sermaye yerleştirildikçe azalmamaktadır. (Rebelo, 1991, s. 508-509)

Böylece AK modeli içsel büyüme sağlamaktadır. Yani, kişi başına büyümeyi sağlamak için modeldeki herhangi bir şeyin dışsal bir oranda büyüdüğünü varsaymaya gerek bulunmamaktadır.

AK büyüme modeli ekonomistler arasında geniş çapta kabul görürken, aynı zamanda birçok eleştiriye de konu olmuştur. Bir eleştiri, tüm malların mükemmel ikameler olduğunu varsaymasıdır, ki bu gerçekçi değildir. Gerçekte, bazı mallar tamamlayıcıdır, yani üretim fonksiyonu ölçeğe göre artan getiri sergilemektedir. Diğer bir eleştiri ise, ekonomik büyümeyi sınırlayabilecek kirlilik veya tıkanıklık gibi dışsallıkların olmadığını varsayması olmuştur. Son olarak, bazı eleştirmenler, modelin ekonomik büyümeyi engelleyebilecek siyasi istikrarsızlık veya yolsuzluk gibi önemli faktörleri ortadan kaldırdığını iddia etmektedir (Brown University, 2008, s. 13, 14).

Bu eleştirilere rağmen, AK büyüme modeli dünyadaki birçok ülkede ekonomik büyümeyi açıklamak için kullanılmıştır. Örneğin, 1970'ler ve 1980'lerde eğitim ve teknolojiye büyük yatırımlar yapan Güney Kore ve Tayvan gibi Asya ülkelerinin hızlı ekonomik büyümesini açıklamak için kullanılmıştır. Son yıllarda eğitim ve teknolojiye büyük yatırımlar yapan Çin ve Hindistan gibi ülkelerin ekonomik büyümelerini açıklamak için de kullanılmıştır. Son olarak, araştırma ve geliştirmeye büyük

yatırımlar yapan Amerika Birleşik Devletleri gibi gelişmiş ülkelerin ekonomik büyümesini açıklamak için kullanılmıştır.

2.1.7.2. ARGE modeli

Bir diğer adıyla Romer modeli olarak tanınan İçsel Büyümenin Ar-Ge modeli kendi içinde araştırma ve geliştirme görevlerini barındırmaktadır. Modelin temelini bu sektörde kullanılan beşerî sermaye ve üretim teknikleri oluşturmaktadır. Uzun vadede sürdürülebilir bir büyüme oranı elde etmek, ekonominin Ar-Ge sektörüne kanalize ettiği bilim adamları, araştırmacılar ve teknik işçiler gibi vasıflı işgücü havuzuna bağlıdır. Bu girdiler ekonominin beşerî sermayesini ne kadar oluştursa ve ekonomi bu kaynakları ne kadar Ar-Ge sektörüne yönlendirir ve yeni bilgi ve teknolojilerin gelişimini gerçekleştirirse, bu ekonominin büyümesi o kadar büyük olur. Böyle içsel büyüme teorilerinde, kar odaklı araştırma ve geliştirme yatırımlarından kazanılan yeni düşünceler ve enformasyonlar toplusu önemli yere sahiptir (Romer, 1991, s. 537).

Romer'in modeli üç dayanak üzerine kurulmuştur. Birincisi, teknolojik gelişmenin iktisadi büyümenin tam ortasında yer almasıdır. İkinci, teknolojik gelişme piyasa teşvikleri tarafından yönlendirilen bilinçli iş kararlarına dayanmaktadır. En önemli olan üçüncü varsayım ise, enformasyonun diğer üretim faktörlerine benzemediği ve üretimde kullanımının farklılık taşıdığıdır. Tek seferlik üretim maliyetleri haricinde bu bilgiler üretimde kullanılan miktar ne olursa olsun üretim maliyetlerini artırmaz. Bu konum, modeldeki teknolojinin ana özelliklerini belirlemektedir (Romer, 1990, s. 71).

Bu modelin en önemli niteliği, ürün çeşitliliğinin sağlanması ve devletler arasında ticaret vasıtasıyla pazar büyüklüğünün genişlemesinin gelir ve refah etkilerine ek olarak büyüme etkilerini de beraberinde getirmesidir. Piyasa ne kadar büyükse araştırmalar da bir o kadar büyük olmakta ve daha hızlı büyümeyi kendinde getirmektedir. Romer'e göre insan sermayesi stoku piyasa büyüklüğünde bir ölçüt rolünü oynamaktadır (Özer & Çiftçi, 2009, s. 221).

Modelde dört ana girdi bulunmaktadır. Modelde ele alınan girdiler fiziki sermaye, beşerî sermaye, emek ve teknoloji düzeyi endeksi. Teknoloji düzeyi endeksi (A) sınırsız büyüme potansiyeline sahiptir ve dayanıklı tüketim mallarındaki her yeni

buluş teknoloji düzeyi endeksini arttırmaktadır. Modele üç sektör dahil edilmiştir. Birincisi, araştırma ve geliştirme sektörüdür, yeni bilgi üretmek için elde olan bilgi rezervlerini ve insan sermayesini kullanmaktadır. İkincisi, ara mal sektörü, nihai ürün sektöründe kullanılabilecek sürdürülebilir üretim girdileri üretmek için araştırma ve geliştirme sektörünün ürettiği yeni bilgi ve tasarımları kullanmaktadır. Üçüncüsü ve sonuncusu, nihai mal sektörü, nihai malları üretmek için ara mallar sektörünün ürettiği dayanıklı üretim girdilerini, emeği ve insan sermayesini kullanmaktadır. Modelde istihdamın ve nüfusun değişmez olduğu varsayılmaktadır.

Üretimde, emek, fiziksel sermaye ve toplam insan sermayesinin üretime özgü olan hissesi H_A kullanılmaktadır. Model, Cobb-Douglas fonksiyonu tarzında gösterilmektedir.

$$(1) \quad Y(H_Y, L, x) = H_Y^\alpha L^\beta \sum_{i=1}^{\infty} x_i^{1-\alpha-\beta}$$

Ar-Ge sektöründe A değerinin artması, insan sermayenin verimliliği üzerinde pozitif bir etki yaratmaktadır.

$$(2) \quad A = \delta H_A A$$

Bu denklemde H_A araştırma ve geliştirme sektöründe kullanılan toplam insan sermayesidir. Denklem (2) iki ana varsayımda bulunmaktadır. Birincisi, araştırma ve geliştirme sektörüne ayrılan daha fazla insan sermayesi, yeni üretimlerin oranını arttırmaktadır. İkincisi, toplam bilgi ne kadar fazla olursa sektörde çalışan araştırmacıların üretkenliği de o kadar artmaktadır.

2.1.7.3. *Beşerî sermaye modeli*

Beşerî sermaye teorisi yaklaşık 300 yıldır ekonomi ve istatistik literatüründe yer almasına rağmen, Schultz (1961), Becker (1962) ve Mincer (1974) tarafından geliştirilmiştir. Dolayısıyla bu alanda öncü çalışmalar yapanlar, beşerî sermayeye yapılan yatırımı şöyle açıklamıştır:

İnsanların yararlı beceri ve bilgi edindikleri açık olsa da bu becerilerin ve bilginin bir sermaye biçimi olduğu, bu sermayenin büyük ölçüde kasıtlı bir yatırımın ürünü olduğu, Batı toplumlarında geleneksel (insanlık dışı) sermayeden çok daha hızlı büyüdüğü ve bu büyümenin ekonomik sistemin en belirgin özelliği olabileceği açık değildir (Phelps, 1969, s. 106).

Ekonomik düşüncede sözde insan sermayesi devrimi, kişilerin üretici ve tüketici olarak yeteneklerini kendilerine yatırım yaparak geliştirmeleri önermesine dayanmaktadır. Bu tür bir yatırımın doğrudan faydası, en az maddi sermayeye yapılan yatırım kadar büyük ve "kârlı" olarak tahmin edilmektedir. Ülke üretimindeki artışın, toprak, çalışma saati ve tekrarlanabilir sermaye artışına kıyasla büyük olduğu yaygın olarak gözlemlenmiştir. İnsan sermayesine yapılan yatırım muhtemelen bu farkın en önemli açıklamasıdır.

Tüketimin çoğu insan sermayesine yapılan yatırımı oluşturmaktadır. Daha iyi iş fırsatlarından yararlanmak için eğitim, sağlık ve iç göçe yapılan doğrudan harcamalar bunun açık örnekleridir. Okula giden olgun öğrenciler ve iş başında eğitim alan işçiler tarafından önceden kazanılan kazanç eşit derecede açık örneklerdir (Qaisar & Zafar, 2002, s. 990).

Çeşitli özel işgücü piyasası teorileri tarafından yeterince açıklanmayan veya "açıklanmayan" birkaç ampirik gizem bulunmaktadır. Ardından Becker, insan sermayesi teorisinin bu gözlemlerin her birini tutarlı bir şekilde nasıl açıkladığını göstermiştir. Bu gizemler şunları içermektedir:

- (1) Kazanç, iş tecrübesi ile azalan oranda artmaktadır.
- (2) İşsizlik oranı beceri düzeyi ile negatif ilişkilidir.
- (3) Gençler, yaşlılara göre daha sık iş değiştirmekte ve işyerinde daha fazla eğitim ve öğretim almaktadır.
- (4) Gelişmekte olan ülkelerde, firmalar genellikle işgücüne ilişkin ataerkil bir görüşe sahiptir.
- (5) Daha yetenekli insanlar genellikle daha az yetenekli olanlardan daha fazla eğitim ve öğretim almaktadırlar.
- (6) Okul grupları içinde gelir dağılımındaki eşitsizlik ve asimetri, eğitim seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır (Qaisar & Zafar, 2002, s. 991).

Doğal kaynaklar, fiziki sermaye ve ham emek, oldukça üretken bir ekonomi geliştirmek için yeterli değildir. Gelişim dinamiklerini beslemek için çok çeşitli insan becerileri gereklidir. Onlar olmadan, ekonomik beklentiler sıkıntı içine girmektedir. Birçok uzman, ulusal topraklarda doğal kaynaklara sahip olmanın gerekliliğini abartmaktadır. Erken dönem Akdeniz şehirlerinin, eyaletlerinin, Kuzey Avrupa'nın özgür şehirlerinin ve şu anda Hong Kong ve Singapur'un ekonomik başarısı bu ihtiyacı

desteklememektedir. Danimarka, İsviçre ve Japonya'nın elde ettiği ekonomik başarılar da öyle değildir. Dinamik bir ekonomi ancak hem geleneksel öğrenmeyi hem de teknik manipülatif becerileri bünyesinde barındıran tüm sosyal seviyelerdeki insanın çabalarıyla başlatılabilmekte ve sürdürülebilmektedir. Karmaşık bir ekonomi, iletişim, depolama ve bilgiye erişim için geniş çapta yayılmış araçlara dayanmaktadır (Anderson & Mary, 1965, s. 761).

Beşerî sermaye H , eğitim sektörüne tahsis edilen beşerî sermaye H_H ve toplam sosyal sermaye S miktarı kullanılarak üretilmektedir:

$$H = \varepsilon H_H + \alpha S - \delta_H H$$

$\varepsilon > 0$ okullarda verimliliği ölçen bir parametredir, $\alpha \geq 0$ beşerî sermaye birikiminin sosyal sermaye stokuna duyarlılığını ölçer, $\delta_H \geq 0$ beşerî sermayenin amortismanıdır.

Bu modelde ekonomik büyümenin ana itici gücü beşerî sermayedir. Bu ifade aynı zamanda Coleman (1988) ve Tichman'ın (1997) tüm sosyal sermaye stokunun beşerî sermaye üretimi için önemli olduğu fikrini de yansıtmaktadır. Bu, iyi kurumlara ve ülke vatandaşları arasında önemli bir güvene sahip olmak gibi bir ülkedeki sosyal sermayenin belirleyicilerinin somutlaşmış bilgiyi iyileştirebileceği fikrine çevrilebilir. Aynı zamanda beşerî ve sosyal sermayenin beşerî sermayenin üretiminde ikame olduğunu göstermektedir (Sequeira & Ferreira-Lopes, 2011, s. 469).

2.1.7.4. Yaparak öğrenme teorisi

Yaparak Öğrenme Teorisi, firmaların ve çalışanların tekrarlanan uygulamalarla deneyim kazanarak üretkenliklerini nasıl artıracabileceklerini açıklayan ekonomik bir modeldir. 1980'lerde ekonomist Paul Romer tarafından geliştirilen model, teknolojinin ve yeniliğin ekonomik büyümedeki rolünü açıklamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Romer Yaparak Öğrenen Model'inin arkasındaki temel fikir, firmaların ve çalışanların tekrarlanan uygulamalarla deneyim kazanarak üretkenliklerini artıracabilecekleridir. Örneğin, birkaç yıldır araba montajı yapan bir işçi, işi tamamlamak için gereken zaman ve çabayı azaltarak görevde muhtemelen daha verimli hale gelecektir. Benzer şekilde, uzun yıllardır belirli tipte bir ürün üreten bir firma, muhtemelen üretim sürecinde daha verimli olacak, maliyetleri düşürecek ve karı artıracaktır (Ning & Shun, 2021, s. 466-467).

Model, iki tür bilgi olduğunu varsaymaktadır: açık ve örtük. Açık bilgi resmileştirilir ve ders kitapları, eğitim programları ve diğer resmi eğitim yöntemleri aracılığıyla öğretilmektedir. Örtülü bilgi ise deneyim yoluyla kazanılır ve resmi yöntemlerle kolayca öğretilmemektedir. Romer Yapararak Öğrenme Modeli, genellikle "zımni bilgi" olarak adlandırılan örtük bilgiye odaklanmaktadır. Modele göre, firmalar ve işçiler, üretim sürecine zaman içinde tekrar tekrar katılarak zımni bilgi edinebilmektedirler. Deneyim kazandıkça görevlerinde daha verimli ve etkili hale gelirler, bu da üretkenliğin artmasına yol açmaktadır. Bu artan verimlilik, karşılığında ekonomik büyümeye yol açmaktadır (Zhang, 2019).

Romer Yapararak Öğrenme Modeli, ekonomi politikası için önemli çıkarımlara sahiptir. Temel çıkarımlardan biri, eğitim ve öğretime yapılan yatırımların uzun vadeli ekonomik büyümeye yol açabileceğidir. Eğitim ve öğretim, işçilere işlerini etkili bir şekilde yapmaları için ihtiyaç duydukları açık bilgiyi sağlayarak firmaların ve işçilerin zımni bilgiyi daha hızlı ve verimli bir şekilde elde etmelerine yardımcı olabilmektedir. Bu, verimliliğin artmasına ve ekonomik büyümeye yol açabilmektedir. Modelin bir başka çıkarımı da teknolojik ilerlemenin, firmaların ve işçilerin zımni bilgi edinmesini kolaylaştırarak ekonomik büyümeye yol açabileceğidir. Örneğin, bilgi teknolojisindeki gelişmeler, çalışanların bilgiye erişmesini ve birbirlerinden öğrenmesini kolaylaştırmaktadır, bu da örtülü bilgi edinme sürecini hızlandırabilmektedir. Benzer şekilde, otomasyon ve robot teknolojisindeki ilerlemeler, firmaların mal ve hizmet üretmesini kolaylaştırarak, zımni bilgi elde etmek için gereken zaman ve çabayı azaltabilmektedir (Ning & Shun, 2021).

Romer Yapararak Öğrenme Modeli, ekonomideki çok çeşitli olguları açıklamak için kullanılmıştır. Örneğin, model, yarı iletken endüstrisi gibi bazı endüstrilerin neden hızlı teknolojik ilerleme ve yenilik yaşarken, çelik endüstrisi gibi diğerlerinin neden yaşamadığını açıklamak için kullanılmıştır. Model ayrıca, Japonya gibi bazı ülkelerin savaş sonrası dönemde hızlı ekonomik büyüme yaşarken, birçok Afrika ülkesi gibi diğerlerinin neden yaşamadığını açıklamak için de kullanılmıştır (Sengupta & Okamura, 1996; Jones & Barr, 1996).

Pek çok kavrayışına rağmen, Romer Yapararak Öğrenme Modeli bazı eleştirilere maruz kalmıştır. Yaygın eleştirilerden biri, modelin firmaların ve işçilerin sermaye, hammaddeler ve vasıflı işgücü gibi zımni bilgi elde etmek için ihtiyaç duydukları

kaynaklara sınırsız erişime sahip olduğunu varsaymasıdır. Gerçekte, bu kaynaklara erişim genellikle sınırlıdır, bu da firmaların ve çalışanların zımni bilgi edinmesini ve üretkenliği artırmasını zorlaştırabilmektedir. Modele yöneltilen bir başka eleştiri de firmaların ve işçilerin üretim süreci ve pazar hakkında tam bilgiye sahip olduğunu varsaymasıdır. Gerçekte, bilgi genellikle kusurludur ve bu da üretim sürecinde verimsizliklere ve hatalara yol açabilmektedir. Bu, firmaların ve işçilerin zımni bilgi edinme ve üretkenliği artırma yeteneklerini sınırlayabilmektedir (Young, 2021).

2.1.7.5.İşsel büyüme modelleri ve yenilenebilir enerji ilişkisi

AK Modeli ve AR-GE modelleri, teknolojik yeniliklerin ekonomik büyümeye katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu modeller, AR-GE faaliyetlerinin ve yenilikçiliğin ekonomik büyümeye olan etkisini vurgulamaktadırlar. Yenilenebilir enerji yatırımları, AR-GE faaliyetlerini teşvik edebilmekte ve bu da teknolojik yenilikleri artırarak ekonomik büyümeye olumlu bir katkı sağlayabilmektedir. Örneğin, yenilenebilir enerji sektöründe yapılan AR-GE faaliyetleri, güneş enerjisi teknolojilerindeki verimliliği artırabilmektedir. Daha verimli fotovoltaik panellerin geliştirilmesi, güneş enerjisi sistemlerinin maliyetlerini düşürebilmekte ve dolayısıyla yenilenebilir enerjiye olan talebi artırabilmektedir. Bu talep artışı, AR-GE faaliyetlerini daha da teşvik etmekte ve teknolojik yeniliklerin hızlanmasına yol açabilmektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji sektöründeki AR-GE faaliyetleri, yeni iş modellerinin geliştirilmesine de olanak sağlamaktadır. Örneğin, enerji depolama teknolojilerindeki gelişmeler, güneş enerjisi veya rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektriğin depolanmasını ve daha sonra kullanılmasını mümkün kılabilmektedir. Bu da enerji sektöründeki iş fırsatlarını artırabilmekte ve ekonomik büyümeye katkı sağlayabilmektedir.

Beşeri sermaye modeli, ekonomik büyümeyi insan sermayesinin, özellikle de eğitim ve beceri seviyelerinin artışına bağlayan bir teorik çerçevedir. Yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımlar, genellikle teknik ve uzmanlık gerektiren işlerin artmasına neden olmaktadır. Örneğin, güneş paneli montajı veya rüzgar türbini bakımı gibi işler, spesifik beceri ve uzmanlık gerektirmektedir. Bu tür işlerin artması, işgücü piyasasında talep edilen beceri profillerinin değişmesine yol açmaktadır. Bu da işgücü arzının ve talebinin dengelenmesini sağlayarak istihdamı artırmaktadır. Yenilenebilir

enerji sektöründeki iş fırsatlarının çeşitlenmesi, eğitim ve mesleki gelişim fırsatlarını da artırmaktadır. Teknolojik gelişmeler ve yeniliklerin hızla gerçekleştiği bu alanda çalışmak isteyenler için eğitim ve mesleki kurslara olan talep artmaktadır. Bu da eğitim seviyesinin yükselmesine ve işgücünün niteliğinin artmasına katkı sağlamaktadır.

Yaparak Öğrenme Modeli, deneyim ve uygulama yoluyla teknolojik yeniliklerin ekonomik büyümeye katkıda bulunduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerji sektöründeki uygulamalar ve deneyimler, sektördeki verimliliği artırmaktadır. Özellikle, büyük ölçekli güneş ve rüzgar enerjisi santrallerinin kurulumu ve işletilmesi sürecinde elde edilen deneyimler, maliyetleri düşürmektedir ve sektörün büyümesini hızlandırmaktadır. Bu model, yenilenebilir enerji sektöründeki işletmelerin ve uzmanların, sürekli olarak yeni yöntemler ve teknolojiler geliştirmek için deneyimlerinden öğrenmektedir. Örneğin, güneş enerjisi panellerinin verimliliğini artırmak için yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetlerinden elde edilen bilgiler, güneş enerjisi projelerinin daha etkin bir şekilde tasarlanmasına ve işletilmesine yardımcı olabilir. Yaparak öğrenme, aynı zamanda hatalardan ve başarısızlıklardan da öğrenmektedir. Yenilenebilir enerji projelerindeki başarısız deneyimler, sektörün gelecekteki projelerinde daha iyi kararlar alınmasına ve risklerin azaltılmasına olanak sağlayabilir. Örneğin, bir rüzgar enerjisi projesinin belirli bir bölgede düşük rüzgar hızları nedeniyle beklenenden daha az verimli olması durumunda, gelecekteki projelerin yer seçimi sürecinde daha dikkatli bir yaklaşım benimsenebilir.

2.2. Yenilenebilir Enerjinin Ekonomik Etkileri

Yenilenemeyen enerjiyi tüketmek çıktı üretebilir ve ekonomik kalkınmayı teşvik edebilir, ancak şüphesiz önemli bir karbon emisyonu ve çevresel bozulma kaynağıdır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanılması, ülkeleri, kirliliğin azaltılması ve ekonomik büyüme arasındaki politika önceliği konusunda ikilemde bırakmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir veya yenilenemez enerji kaynakları sınırlı olduğundan dikkatli ve verimli kullanılmalıdır. Ayrıca, iklim değişikliği ve küresel ısınma durumu nedeniyle, yenilenebilir enerji, CO2 emisyon sürecini azaltarak fosil yakıta en cazip alternatif olabilmektedir. Ancak yeni yenilenebilir enerji teknolojilerinin tanıtılması, tüketilmesi ve vatandaşlara sunulması çok zaman alıcı ve maliyetlidir. Öte yandan, ülkeler ekonomik büyüme ve kalkınmayı sürdürmek için mücadele etmektedir.

COVID-19 krizi nedeniyle durum daha da kötüleşmektedir. Hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerin hükümetleri, iklim değişikliğinin azaltılması ve ekonomik büyüme için harcamaları dengelemek zorundadır (Adewuyi & Awodumi, 2017, s. 276-277).

Ayrıca, tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişte algılanan tüm kritik faktörler hakkında hala sınırlı bilgi bulunmaktadır.

Enerji kaynağı, bir ekonomi veya ekonomik kalkınma için temel unsur olmuştur. Ekonomik büyümenin temel olarak, Gabr ve Mohamed (2020) tarafından belirtildiği gibi, başta CO₂ olmak üzere sera gazı (GHG) emisyonlarından yüksek oranda sorumlu olan enerji tüketimine bağlı olduğu açıktır. CO₂ emisyonları, fosil yakıtlar gibi yenilenemeyen enerjinin birincil tüketim kaynakları tarafından üretilen bir yan üründür. Yenilenemeyen kaynaklardan kaynaklanan bu genel çevresel çerçeveden yola çıkan birçok ulusal ekonomi, çeşitli felaketler yaşadıktan sonra, üretim yöntemlerinde ve enerji kullanımında yapısal bir değişiklik getirmeye çalışmıştır. Bazı ülkeler esas olarak yenilenebilir kaynaklara geçerek fosil yakıtları artık yenilenemez enerji kaynaklarına dayalı olmaktan çıkarmıştır (Irfan, Zhao, Rehman, Ozturk, & Li, 2020, s. 441). Yeni küresel eğilimleri bütünleştiren EY Şirketinin Yenilenebilir Enerji Ülke Çekicilik Endeksi'ne göre, yenilenebilir enerji yatırımları için en önemli fırsatlara sahip ülkeler, birkaç yıldır bu pozisyonlar için rekabet eden üç büyük ekonomi olan ABD, Çin ve Hindistan'dır (RECAI, 2020). Yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanması zorunludur, ancak bazı Avrupa ülkelerinde hala bazı zorluklarla karşı karşıyadır.

2.2.1. Büyümeye etkileri

Ekonomik büyüme, enerji kullanım düzeyini, özellikle fosil yakıtlara olan ihtiyacı artırmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar çevre dostu ve düşük karbonlu enerji kaynaklarıdır. Güneş, rüzgâr, jeotermal ve hidroelektrik enerji, sera gazı (GHG) üretmez. Son yıllarda birçok ülke çevreyi korumak için yenilenebilir enerji teknolojilerini benimsemiştir (Chaaboun & Saidi, 2017, s. 138). Ayrıca, enerji arz güvenliği, enerji bağımlılığı, iklim değişikliği, enerji fiyatlarındaki oynaklık, sağlık sorunları ve çevresel felaketler gibi çeşitli faktörler, gelişmekte olan ekonomileri yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimini teşvik etmiştir. İktisatçılar, hükümetler,

politika yapıcılar ve araştırmacılar artık sürdürülebilir sağlıklı bir çevre sağlamak ve aynı zamanda ekonomik büyüme için yöntemler aramaktadırlar (Akbar & Ammar, 2020, s. 1471).

Yenilenebilir enerji, istihdam yaratmaktan fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmaya kadar değişen önemli ekonomik faydalara sahiptir. Yenilenebilir enerjinin birincil ekonomik faydalarından biri istihdam yaratmasıdır. Yenilenebilir enerji sektörü, özellikle kurulum, bakım ve imalat alanlarında önemli istihdam artışına tanık oldu. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'na (IRENA) göre, yenilenebilir enerji sektörü 2018'de dünya genelinde 11 milyondan fazla kişiye istihdam sağladı ve bu sayının 2050 yılına kadar 28 milyona ulaşması beklenmektedir. Bu iş büyümesi özellikle kırsal topluluklar ve istihdam olanaklarının az olduğu gelişmekte olan ülkeler için faydalıdır (International Renewable Energy Agency, 2021, s. 56).

İstihdam yaratmanın yanı sıra yenilenebilir enerji, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak ekonomik büyümeyi de teşvik edebilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, petrol ve gaz olan talebi azaltmakta, dolayısıyla bu malların fiyat oynaklığını azaltmaktadır. Bu da enerji fiyatlarını dengeleyerek ekonomik büyümeyi teşvik edebilmekte ve bu da işletmelerin uzun vadeli plan yapmasına yardımcı olabilmektedir. Yenilenebilir enerji sektörü, özellikle elektrik fiyatlarının yüksek olduğu ülkelerde, uzun vadede enerji maliyetinin düşürülmesine de yardımcı olabilmektedir (International Renewable Energy Agency, 2022).

Siyasi, finansal ve ekonomik ülke riskleri, yenilenebilir enerji ve ekonomik kalkınmayı doğrudan veya dolaylı olarak etkilemekte ve dolayısıyla yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkide önemli rol oynamaktadır. Ekonomik risk, temel olarak istikrarsız bir ekonomik ortamdan kaynaklanmaktadır. İstikrarsız bir ekonomik ortam, özellikle yenilenebilir enerji için enerji talebini büyük ölçüde azaltabilmektedir. Yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerjiye kıyasla daha yüksek geliştirme maliyetlerine ve daha fazla altyapı inşaatı talebine sahiptir. Bu, yenilenebilir enerji geliştirme ve tüketiminin ekonomik maliyetinde önemli bir artışa yol açmaktadır. İstikrarlı bir ekonomik ortam, daha iyi teknoloji, sermaye ve yetenek koşulları sağlayarak, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik maliyetinde azalmayı teşvik etmektedir (Wang, Dong, & Li, 2022, s. 2).

Ayrıca yenilenebilir enerji, sera gazı emisyonlarını azaltarak ekonomik büyümeye katkıda bulunabilmekte ve bu da önemli çevresel ve sağlık yararlarına yol açabilmektedir. Rüzgâr, güneş ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, iklim değişikliğinden sorumlu olan karbondioksit gibi sera gazlarının emisyonunu azaltabilmektedir. Sera gazı emisyonlarında bir azalma, solunum yolu hastalıkları ve diğer sağlık sorunlarının insidansını azaltabilen iyileştirilmiş hava kalitesine yol açabilmektedir. Bu, ekonomik büyümeye katkıda bulunabilecek sağlık harcamalarında bir azalmaya yol açmaktadır (Benson, 2019).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi, özellikle petrol ve gaz ithalatına büyük ölçüde bağımlı olan ülkelerde enerji güvenliğine de katkıda bulunabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, yabancı petrol ve gaza bağımlılığı azaltabilir, bu da arz kesintileri ve fiyat dalgalanması riskini azaltmaya yardımcı olabilir. Bu da enerji sektöründe istikrar ve güvenliği sağlayarak ekonomik büyümeye katkı sağlayabilmektedir (Yu, ve diğerleri, 2020).

Yenilenebilir enerji, aynı zamanda, ekonomik büyümeyi yönlendirebilecek teknolojide önemli ilerlemelere yol açmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artan kullanımı, enerji depolama sistemleri ve akıllı şebeke teknolojileri gibi yeni teknolojilerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu teknolojiler, maliyetleri düşürerek ve üretkenliği artırarak ekonomik büyümeye katkıda bulunabilen enerji sektörünün verimliliğini ve güvenilirliğini artırmaya yardımcı olabilmektedir (Solarin, Bello, & Tiwari, 2022).

Uluslararası Enerji Ajansı'na (2015) göre, yenilenebilir enerji tüketimi yıllık yaklaşık %3 büyüme oranına sahiptir ve dünya çapında en hızlı büyüyen enerji kaynağı olmaktadır. Son yıllarda, teşvikler, vergi kredileri ve sübvansiyonlar gibi devlet destekli programlar, yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinde başlıca itici güçler olmuştur. Şu anda ülkeler yenilenebilir kaynaklardan teknoloji ve enerji üretimine odaklanmış durumda ve bu unsurlar enerji politikası formülasyonunun baskın bileşenleri haline gelmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesiyle ilgili bazı zorluklar da vardır. Başlıca zorluklardan biri, yenilenebilir enerji altyapısı oluşturmak için gereken yüksek başlangıç yatırımdır. Yenilenebilir enerjinin maliyeti düşüyor olsa da yenilenebilir enerji altyapısını inşa etmek için gereken ilk sermaye yatırımı hala

yüksektir. Bu, özellikle mali kaynakların sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde önemli bir engel olabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesiyle ilgili bir diğer zorluk, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi bazı yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili olmasıdır. Bu kaynakların mevcudiyeti, onları güvenilir hale getirebilen hava koşullarına bağlıdır. Bu, ekonomik büyümeyi etkileyebilecek istikrarlı bir enerji arzını sürdürmede zorluklara yol açabilmektedir (Lakeh, 2022).

2.2.2. Sanayiye etkileri

Yenilenebilir enerji kaynakları endüstri için yeni değil. Sanayi, binlerce yıl önce Bronz ve Demir Çağlarında metalleri işlemek için odun ve odun kömürünün kullanılmasından kaynaklandığı için durum tam tersidir. Başka bir yenilenebilir enerji, mekanik güç için kullanılan hidroelektrik ile daha da geliştirilmiştir. 19. yüzyılın sonunda, kömür, petrol ve nihayet doğal gazın yakılmasıyla ısı, buhar ve elektrik üretildiğinde, dünyamızı derinden değiştiren sanayi devrimi gerçekleşmiştir (Philibert, 2017, s. 4).

Bazı endüstriler uzun süredir yenilenebilir enerjiye bağlıdır: en uygun fiyatlı elektrik kaynaklarından biri olan hidroelektrik, şelalelerin yakınındaki vadilerin sanayileşmesine katkıda bulunmuştur. Alüminyum külçelerin taşınması kolay olduğundan, büyük alüminyum izabe tesisleri genellikle önemli hidroelektrik barajlarının yakınında bulunmuştur. Hidroelektrik ayrıca, Avrupa ülkelerine azotlu gübrelerin sağlandığı Norveç'teki hidrojen ve amonyak fabrikalarını da işletiyordu. Brezilya'da metalurji endüstrisi, bir enerji kaynağı ve cevher indirgeme maddesi olarak sürekli olarak kömür kullanmaktadır. Uzay sanayisi, telekomünikasyon ve petrol endüstrileri, uydular, telekomünikasyon röleleri veya boru hatları için katodik korozyon koruması aracılığıyla uzak yerlere paha biçilmez elektrik sağlamak için fotovoltaiik (PV) hücrelerin kullanımına öncülük etmiştir. Zamanla, endüstriyel üretim büyüdükçe ve genellikle yeni bölgelere doğru genişledikçe, giderek daha fazla fosil yakıt tüketilmiştir (Philibert, 2017, s. 6).

1973 petrol şokundan sonra, özellikle büyük miktarlarda biyomateriyalleri manipüle eden kâğıt hamuru ve kâğıt endüstrisi gibi kolayca ulaşılabilecek fırsatlara sahip enerji yoğun endüstrilerde, yenilenebilir enerji kaynaklarının yeniden gözden geçirilmesine yönelik bir hareket başlamıştır. Bu hareket özellikle yirmi birinci

yüzyılın başlarında, karadaki rüzgâr türbinlerinin bazı endüstriyel tesislere, özellikle elektrik şebekesine bağlı olmayan veya zayıf bir şekilde bağlı olan veya aralıklı ve düşük kaliteli elektrik sağlayan şebekelere bağlı olan ekstraktif endüstrilerde maliyet etkin bir şekilde elektrik sağlayabildiği zaman ivme kazandı. Bu hareket özellikle yirmi birinci yüzyılın başında, karadaki rüzgâr türbinlerinin bazı endüstriyel tesislere, özellikle de elektrik şebekesine bağlı olmayan veya zayıf bir şekilde bağlı olan madencilik endüstrilerinde, uygun bir şekilde elektrik sağlayabildiği zaman ivme kazanmıştır. Karar vericilerin motivasyonları tekno-ekonomik gerekçelerden havayı temizlemek, tükenbilir kaynakları korumak, yerel veya ulusal kaynakları ve iş fırsatlarını geliştirmek ve iklim değişikliğini azaltmak için küresel veya yerel çabalara katılma istekliliğine doğru genişledikçe, özellikle bilgi ve iletişim endüstrisindeki “marka” şirketler tarafından yönlendirilen yenilenebilir enerji tedariki hızlanmıştır (World Energy Investment , 2017, s. 40-41).

Endüstri sektöründe, yenilenebilir enerjinin güvence altına alınmasındaki mevcut hız, enerji verimliliği iyileştirmeleri ve karbon yakalama ve depolama gibi sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltmaya yönelik diğer teknolojilerin veya eylemlerin devreye alınmasıyla birlikte, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ne ulaşma yolunda olmaktan uzaktır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Referans Teknoloji Senaryosunda (RTS) (2017, s. 19), sanayi sektöründen (enerjiyle ilgili emisyonlar ve endüstriyel süreçlerden kaynaklanan CO₂ emisyonlarını içeren) küresel doğrudan karbondioksit (CO₂) emisyonlarının 2014'ten 2050'ye kadar %24 oranında artacağını tahmin etmektedir.

Yenilenebilir hidrojen, demir cevherini pik demire dönüştürmek için kullanılabilir, bu daha sonra bir miktar hurda demir ile elektrik ark ocaklarında eritilerek çelik üretiminden kaynaklanan CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azaltır. İsveç çelik endüstrisi şu anda bu seçeneği geliştirmektedir. Hidrojen bazlı yenilenebilir enerji ve hidrojen açısından zengin kimyasallar, biyoyakıtlar gibi diğer yeşil yakıtların enerji yoğunluğunu artırabilir ve özellikle kimya ve çimento endüstrilerinde, çeşitli endüstriyel durumlarda bir ısı kaynağı olarak fosil yakıtların yerini alabilmektedir. Bu hidrojen açısından zengin kimyasallardan bazıları karbon içermeyecek (amonyak gibi), diğerleri karbon içerecek ancak taşıyıcı görevi görecek ve karbon yakılmayacaktır (Philibert, 2017, s. 6-7).

Genel olarak, depolanabilir hidrojen açısından zengin kimyasalların ve elektrikten üretilen yakıtların kullanımının bir kombinasyonu, çeşitli endüstriler tarafından yenilenebilir enerji alımı için en büyük potansiyeli sunabilmektedir.

2.2.3. Gelişmişlik düzeyine etkileri

Enerji talebinin artmasıyla birlikte fosil kaynaklar giderek azalmakta ve sınırlı hale gelmektedir. Dolayısıyla böyle bir durum kaçınılmaz olarak bu kaynakların kurumasına yol açabilecek ve herhangi bir ülkenin kalkınmasını olumsuz etkileyecektir. Bu sebepten devletler bu krizi önlemek için fosil yakıtlara alternatif olarak kaynaklar arasında daha temiz ve daha sınırsız kabul edilen yenilenebilir kaynaklardan yararlanmaktadırlar.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının teknoloji ve inovasyon makinelerinin yüksek maliyete sahip olması, onları şimdilik fosil yakıtla neredeyse rekabetsiz hale getiriyor, ancak bu enerji fosil yakıt bağımlılığını önlemek ve ekonomik büyümeyi desteklemek için uzun dönemde en önemli önlemlerden biri olacaktır (Hassoun, 2018, s. 71).

Ayrıca, gelişmiş ülkelerin çoğu yenilenebilir enerjiyi uygun şekilde kullanabilecek donanım ve makinelere hemen hemen sahipken, gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir projeleri destekleyebilecek yeterli finansal varlıkları bulunmamaktadır. Bununla birlikte, birçok ülke yenilenebilir enerjiyi diğer enerjilere iyi bir alternatif olarak kabul etmeye ve yenilenebilir kaynaklara sahip olmak için güneş enerjisi santralleri ve rüzgâr çiftlikleri gibi büyük yatırımlar yapmaya başlamaktadırlar (Hassoun, 2020, s. 42).

Bu nedenle yenilenebilir enerjilerin benimsenmesi her ülkeye ekstra bir destek sağlayacak ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından açıklanan 17 hedef olan sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin kusursuz bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlayacaktır. Birleşmiş Milletler (2015) ve Brundtland'a (1987) göre sürdürülebilir kalkınma (SD), kaynakların sömürülmesini, yatırımların yönlendirilmesini ve devlet kurumunun birlikte çalışmasını sağlayan ve ihtiyaçlarını karşılamak için mevcut ve gelecekteki durumlarını güçlendiren bir değişim sürecidir. Sürdürülebilir kalkınma süreci üç ana hedefe dayanmaktadır: ekonomik büyümenin geliştirilmesi (ekonomik amaç), insan ihtiyaçlarının karşılanması, eşitlik ve sosyal

uyum (sosyal amaç) ve kirlilik oranının azaltılması (çevre hedefi) (Hassoun, 2020, s. 42).

Ayrıca, yenilenebilir enerji, sürdürülebilir kalkınma programları için bir öncelik olarak kabul edilmektedir. Birleşmiş Milletlerin SEFA(Sustainable Energy For All) raporuna göre göre, modern enerji hizmetlerine evrensel erişimin sağlanmasının, enerji verimliliğindeki iyileşmenin küresel payının artırılmasının ve yenilenebilir enerjinin küresel enerjideki payı 2030 yılında %15'ten %30'a çıkarılacaktır (United Nations, 2011).

2.2.4. İstihdama etkileri

Mevcut enerji sisteminin karbondan arındırılması ve çevreye zarar vermeyen üretim ve tüketim kalıplarına geçişin gerekliliği ve ekonomik gerilemenin üstesinden gelme ve istihdam paylarını artırmanın zorlukları göz önüne alındığında, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından 2008 yılında (2008, s. 3) "yeşil ekonomi" kavramı ortaya atılmıştır. İdeal bir durumda, "...yeşil bir ekonomi, sera gazı emisyonları, kirlilik veya atık üretmeyen ve enerji, su ve malzeme kullanımında aşırı verimli olan bir ekonomidir" (United Nations Environment Programme, 2008, s. 35). Yeşil istihdam, UNEP tarafından tanımlandığı şekliyle yeşil ekonomiye geçişin temel taşı temsil eder çünkü yeşil işler çevresel kalitenin korunmasına veya geri kazanılmasına ve dünyanın ekosistemlerine gelecekteki zararların önlenmesine katkıda bulunmaktadır. Özellikle, yeşil işler "...çevresel kalitenin korunmasına veya eski haline getirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunan bilimsel ve teknik, idari ve hizmetle ilgili faaliyetlerin yanı sıra tarım, imalat, inşaat ve kurulumdaki pozisyonlardır. Spesifik olarak, ekosistemleri ve biyoçeşitliliği korumaya ve eski haline getirmeye, yüksek verimlilik ve kaçınma stratejileri yoluyla enerji, malzeme ve su tüketimini azaltmaya, ekonomiyi karbondan arındırmaya ve her türlü atık ve kirliliğin oluşumunu en aza indirmeye veya tamamen önlemeye yardımcı olan işleri içermektedir" (United Nations Environment Programme, 2008, s. 36).

UNEP tarafından sağlanan bu nitel tanım, çok çeşitli yeşil istihdam yelpazesini sunar, ancak açık ve kesin bir tanım sağlamaz. Evrensel olarak uygulanabilecek ve istatistiksel olarak ölçülebilecek çeşitli yeşil iş kategorileri için hala üzerinde anlaşmaya varılmış sistematik bir yaklaşım bulunmamaktadır. Yeşil işler, ekonominin

farklı sektörlerini etkilediği için, hükümet ve diğer istatistiklere de iyi yansımamaktadır. Bu nedenle, yeşil işler hakkındaki veriler, endüstri sınıflandırma sistemlerinin farklı sektörlerine dağılmıştır. Bu tür sektörler arası endüstrilere bir örnek, çevresel mal ve hizmetler endüstrisi (Eurostat, 2009, s. 29) veya turizm endüstrisidir (United Nations, 2008, s. 1).

Genel olarak, yeşil istihdama ilişkin veriler, belirli endüstriler veya ülkeler gibi belirli bölümler için mevcuttur ve bunlar, tutarlı zaman serilerini temsil etmekten ziyade anlık görüntü olma ve firma rakamlarından daha çok tahmin ve projeksiyon olma eğilimindedir (International Renewable Energy Agency, 2013, s. 21). Teknoloji ilerledikçe ve yeni ortaya çıkan teknolojiler ve ekonomik sektörler geliştikçe, neyin "yeşil" olduğuna ve neyin "düşük karbon" olarak tanımlandığına ilişkin farklı standartlar geçerli olacaktır. Yeşil istihdama yönelik gerçekçi veya pragmatik bir yaklaşım bu nedenle süreç odaklıdır ve ekonominin farklı sektörlerinde yeni teknolojilere açık haldedir. Bununla birlikte, yeşil istihdama ilişkin kavramsal bir perspektif, yeşil istihdamı ölçmek için yol gösterici bir ilke olarak türetilmektedir. Buna dayanarak, düşük karbonlu, yeşil bir ekonomiye geçiş, aşağıdaki istihdam değişimlerini içermektedir:

- yaratılan ek işler,
- bazı işlerin değiştirilmesi (ikame edilmesi),
- bazı işler değiştirilmeden ortadan kaldırılması ve
- birçok mevcut işin yeşil beceriler, yöntemler ve profiller olarak yeniden tanımlanması (Meyer, 2016, s. 7).

Son olarak, yeşil işleri tanımlamada temel yol gösterici soru, çevreye zararsız teknolojilere yapılan yatırımın daha fazla/daha az emek yoğun olup olmadığı ve alternatiflere yatırıma kıyasla harcama birimi başına daha fazla/daha az kirlilikle sonuçlanıp sonuçlanmadığıdır. Düşük karbonlu teknolojilere yapılan yatırımlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarındaki azalmanın "yeşil" kabul edilebilmesi için bu azalmanın önemli bir miktarda olması gerekmektedir. Bu nedenle, bir "yeşil ekonomi" oluşturmaya yönelik stratejik yaklaşımlardan biri, emek verimliliğinden ziyade kaynak verimliliğini artırmaya daha güçlü bir vurgu yapmaktır (Meyer, 2016, s. 7-8).

2.2.5. Çevreye etkileri

Rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrik gibi yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretmenin çevresel etkilerini anlamak önemlidir. Çevresel etkilerin tam türü ve yoğunluğu, kullanılan belirli teknolojiye, coğrafi konuma ve bir dizi başka faktöre bağlı olarak değişmektedir (Klugmann-Radziemska, 2014, s. 105).

Tarım arazisine kurulmuş bir rüzgar çiftliği, herhangi bir enerji kaynağının en düşük çevresel etkilerinden birine sahiptir: üretilen her kilovat saat (kWh) elektrik için diğer herhangi bir güç dönüştürme sisteminden daha az yer kaplamaktadır; Çalışması sırasında hiçbir emisyon veya kirlilik oluşmaz; temel yükün (çoğunlukla kömür) rüzgar enerjisiyle değiştirilmesi, sera gazı emisyonlarında ve hava kirliliğinde net bir azalmanın yanı sıra biyolojik çeşitlilikte net bir artışla sonuçlanmaktadır (Macintosh & Downie, 2006).

Fotovoltaik, bazı tehlikeli elektrik üretim teknolojilerinin aksine, artık doğası gereği güvenli olan kanıtlanmış bir teknolojidir. Tahmini ömrü boyunca bir fotovoltaik modül, üretiminde kullanılan çok daha fazla elektrik üretmektedir. 100 W'lık bir modül, iki tondan fazla CO₂ emisyonunu önlemektedir. Fotovoltaik sistemler çalışırken gürültü yapmaz ve kirliliğe neden olmamaktadır. Fotovoltaik hücre teknolojileri diğer elektrik kaynakları türlerine kıyasla çevresel riskleri nispeten daha düşük olmaktadır (Klugmann-Radziemska, 2014, s. 107).

Jeotermal enerji nispeten iyi huylu bir enerji kaynağıdır. Çoğunlukla, gelişimin etkileri olumludur. Dünya çapında jeotermal enerji kullanımı, ithal ve yerli fosil yakıtları yakmaya çekici bir alternatif olduğu için her yıl artmaktadır. Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi, fosil yakıtlardan çok daha düşük sera gazı (GHG) emisyon oranları içermektedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na (IAEA) göre, bir kilovat saatlik (kWh) fosil enerjiyi bir kilovat saatlik jeotermal enerjiyle değiştirmek, tahmini küresel ısınma etkisini yaklaşık %95 oranında azaltmaktadır (Hunt, 2001, s. 12).

Biyokütle enerji santralleri, fosil yakıtlı enerji santralleri ile bazı benzerliklere sahiptir: her ikisi de elektrik üretmek için bir hammaddenin yakılmasını içermektedir. Bu nedenle, biyokütle santralleri, fosil yakıt santralleri gibi hava emisyonları ve su kullanımı konusunda benzer ancak aynı olmayan endişeleri gündeme getirmektedir.

Kömür ve doğal gazla çalışan enerji santralleri gibi biyokütle enerji santralleri, soğutma için suya ihtiyaç duymaktadır. Biyokütle enerji üretiminden kaynaklanan arazi kullanımı etkileri, öncelikle hammadde türü tarafından yönlendirilmektedir: ya bir atık akışı ya da özellikle elektrik üretmek için yetiştirilen bir enerji mahsulü. Biyokütle besleme stokunun büyütülmesi ve hasat edilmesi, hammaddenin enerji santraline taşınması ve hammaddenin yakılması veya gazlaştırılmasıyla ilişkili küresel ısınma emisyonları bulunmaktadır. Taşıma ve yanma emisyonları, tüm biyokütle türleri için kabaca eşdeğer olmaktadır. Bununla birlikte, biyokütle besleme stoğunun tedarik edilmesinden kaynaklanan küresel ısınma emisyonları büyük ölçüde değişmektedir. Bir zamanlar biyokütlenin net sıfır küresel ısınma emisyonuna sahip olduğu düşünülmüştür, çünkü büyüyen biyokütle, yanma yoluyla salınan miktara eşit miktarda karbon emmektedir, ancak şimdi bazı biyokütle hammadde kaynaklarının önemli küresel ısınma emisyonlarıyla ilişkili olduğu anlaşılmaktadır (Spath & Mann, 2004, s. 1).

Hidroelektrik enerji üretiminin hava kalitesi üzerinde gözle görülür bir etkisi olmasa da hidroelektrik barajların inşa edilmesi ve işletilmesinin, doğal nehir sistemlerinin genel bütünlüğü kadar balık ve yaban hayatı popülasyonları üzerinde de önemli bir etkiye sahip olabileceğini kabul etmek önemlidir. Belirli bir hidroelektrik altyapısı ile ilgili çevresel sonuçların değerlendirilmesi, bireysel olarak titiz bir incelemeyi gerektirmektedir (Klugmann-Radziemska, 2014, s. 108).

Barajların olumsuz etkileri şöyledir:

- a) Düz havzalarda büyük barajlar geniş arazilerin su basmasına, yerel hayvanların ve yaşam alanlarının tahrip olmasına neden olmaktadır; insanlar yerinden edilmek zorunda kalır ve yaşam tarzı ve geleneklerde değişikliğe neden oluyor- dünya çapında yaklaşık 40 ila 80 milyon insan barajlar tarafından fiziksel olarak yerinden edilmiştir;
- b) Büyük miktarda bitki yaşamı su altında kalır ve anaerobik(havasızlık) olarak bozunur(değişikliğe uğrar);
- c) Somon ve alabalık gibi nehir hayvanlarının göç düzeni etkilenir;
- d) Barajlar, mansaptaki verimli topraklardan sorumlu tortuları sınırlar;
- e) Deltalara tuzlu su girmesi, tuzlu suyun sulama için kullanılamayacağı anlamına gelir;

- f) Büyük barajlar sivrisinekler için üreme alanlarıdır ve hastalığın yayılmasına neden olur;
- g) Barajlar bir ısı emici görevi görür ve su normal nehir suyundan daha sıcaktır - bu ılık su nehir aşağı akışına bırakıldığında hayvan yaşamını etkileyebilir (Klugmann-Radziemska, 2014, s. 108).

2.2.6. Verimliliğe etkileri

Günümüzde pek çok alanda olduğu gibi enerji bağlamında da toplam faktör verimliliğine ilişkin genel kanaat, fosil yakıt enerji tüketiminden yenilenebilir enerji tüketimine yönelik artan eğilimin toplam faktör verimliliğini artırdığı yönündedir (Rahman, Shahari, Rahman, & Noman, 2017). Öncelikle ülkelerin enerji tüketiminde böyle bir süreç, yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaştırılması yoluyla toplam faktör verimliliğini etkilemektedir. Buna göre, bu tür teknolojilerin geliştirilmesi nitelikli işgücü istihdamını artırmakta ve yeni teknolojilerin kullanılması uluslararası rekabetin artmasını, işgücü hareketliliğini, yeni yatırımları ve ülkeye giriş projelerini mümkün kılmaktadır. Ayrıca çevre dostu enerji kullanımı yaygınlaştıkça ülkelerin petrol fiyatlarındaki dalgalanmalara karşı kırılganlıkları da büyük ölçüde azalmaktadır (Altınöz, 2021, s. 55). İlaveten yenilenebilir enerji tüketiminin kullanımı çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlaması nedeniyle işgücü verimliliğini artırmakta ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olmaktadır. Böylece toplam faktör verimliliği artışı desteklenmektedir (Sohag, Chukavina, & Samargandi, 2021, s. 2).

Toplam faktör verimliliği artışı için enerji tüketimi önemli olmakla birlikte, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında toplam faktör verimliliği artışı ve enerji tüketim kalıplarında heterojenlik mevcuttur. Verimlilik bir ülkenin ekonomik performansını ölçtüğünden, enerji tüketimi ile toplam faktör verimliliği büyümesi arasındaki ilişki çok önemlidir. Enerjinin üretim fonksiyonuna girdi olarak dahil edilmesi, toplam faktör verimliliği artışını da etkileyecektir. Enerji girdisine vurgu yaparak bir ekonominin toplam düzeyinde üretkenlik artışını artırarak, fosil yakıt tüketimi ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki enerji kullanımını ayarlamak için politika yönü sağlamaktadır. Ülke ayrıca, ülkelerin yeşil büyüme politikasını hedeflemesine yardımcı olacak enerji tüketiminin kalitesine vurgu yaparak daha fazla enerji verimliliği üretebilmektedir (Rath, Akram, Bal, & Mahalik, 2019, s. 187).

2.2.7. Tarıma etkileri

Güneş enerjisinin tarımda kullanımı sayısız faydası nedeniyle son zamanlarda ivme kazanmıştır. Güneş enerjisinin tarımda kullanımı, çiftlik içi ve çiftlik dışı güneş enerjisi olarak ikiye ayrılmaktadır (World Economic Forum, 2022).

- a) Çiftlik içi güneş enerjisi, çeşitli tarımsal faaliyetler için elektrik üretmek üzere çiftliklere güneş panellerinin kurulmasını içerir. Bu, şebekeye bağımlılığı azaltma potansiyeline sahiptir ve önemli maliyet tasarruflarına yol açar. Ek olarak, çiftlik içi güneş enerjisi sulama sistemlerine güç sağlamak için kullanılabilir ve bu da su kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yol açar. Güneş enerjisi kullanan sulama sistemlerinin su kullanımını %70'e kadar azalttığı ve bazı durumlarda mahsul verimini %90'a kadar artırdığı gösterilmiştir.
- b) Çiftlik dışı güneş enerjisi, tarımsal ürünlerin işlenmesi ve depolanması için güneş enerjisinin kullanılmasını içerir. Bunun, bazı bölgelerde %50'ye kadar çıkabilen hasat sonrası kayıpları azalttığı gösterilmiştir. Güneş enerjisinin işleme ve depolama için kullanılması aynı zamanda dizel gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmakta ve sera gazı emisyonlarının azalmasına yol açmaktadır.

Rüzgâr enerjisi, tarımda giderek daha fazla benimsenen bir başka yenilenebilir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisinin tarımda kullanımı, çiftlik içi ve çiftlik dışı rüzgâr enerjisi olarak ikiye ayrılabilir (Hort Innovation, 2022).

- a) Çiftlik içi rüzgâr enerjisi, çeşitli tarımsal faaliyetler için elektrik üretmek üzere çiftliklere rüzgâr türbinlerinin kurulmasını içermektedir.
- b) Çiftlik dışı rüzgâr enerjisi, tarımsal ürünlerin işlenmesi ve depolanması için rüzgâr enerjisinin kullanılmasını içerir. Bunun, bazı bölgelerde %50'ye kadar çıkabilen hasat sonrası kayıpları azalttığı gösterilmiştir.

Tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesinin sayısız faydası vardır. Avantajlardan bazıları şunlardır (University of Massachusetts Amherst, 2020; Union of Concerned Scientists of USA, 2008):

- a) Maliyet tasarrufu: Güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, çiftçiler için önemli maliyet tasarruflarına yol

açabilir. Bunun nedeni, yenilenebilir enerji kaynaklarının, yenilenemeyen enerji kaynakları gibi fiyat dalgalanmalarına maruz kalmamasıdır.

- b) Artan verimlilik: Tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, su ve enerji gibi kaynakların kullanımında verimliliğin artmasına neden olabilir. Bu, mahsul veriminin artmasına ve hasat sonrası kayıpların azalmasına yol açabilir.
- c) Sera gazı emisyonlarında azalma: Tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, sera gazı emisyonlarında azalma sağlayabilir. Bunun nedeni, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının, yenilenemeyen enerji kaynakları gibi sera gazı salmamasıdır.
- d) Geliştirilmiş gıda güvenliği: Tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi, gıda güvenliğinin iyileştirilmesine yol açabilir. Bunun nedeni, yenilenebilir enerji kaynaklarının mahsul veriminin artmasına, hasat sonrası kayıpların azalmasına ve kaynakların kullanımında verimliliğin artmasına neden olabilmesidir.

2.2.8. Turizme etkisi

Turizm endüstrisi, özellikle ısıtma, soğutma ve aydınlatmanın büyük enerji talepleri olduğu oteller ve tatil köylerinde en büyük enerji tüketicilerinden biridir. Otel ve tatil köylerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, enerji tüketiminin azaltılması ve sera gazı emisyonlarının düşürülmesi konusunda önemli bir etkiye sahiptir. Güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri gibi yenilenebilir enerji teknolojileri, oteller ve tatil köyleri için güvenilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlayabilir, yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan bağımlılıklarını azaltabilir ve karbon tüketimini azaltabilir (Bohdanowicz & Kalhauge, 2001, s. 1-2).

Turizmde yenilenebilir enerji kullanımının yerel ekonomi üzerinde de olumlu etkileri vardır. Yenilenebilir enerji projeleri bölgede istihdam yaratabilir ve ekonomik büyümeyi teşvik edebilir. Yenilenebilir enerji altyapısının geliştirilmesi, bölgedeki turizm endüstrisinin değerini de artırabilir. Turistler çevre sorunlarının giderek daha fazla farkına varmaktadır ve yenilenebilir enerji kullanımı oteller ve tatil köyleri için önemli bir satış noktası olabilme potansiyeline sahiptir (Bohdanowicz & Kalhauge, 2001, s. 2-3).

Yenilenebilir enerjinin doğal çevre üzerinde de olumlu bir etkisi olabilir. Turizm endüstrisi, su ve toprak gibi doğal kaynaklara büyük ölçüde bağımlıdır ve yenilenebilir enerji kullanımı bu kaynakların korunmasına yardımcı olabilir. Güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri gibi yenilenebilir enerji teknolojileri, tarım veya diğer kullanımlar için uygun olmayan arazilere kurularak doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltabilir. Yenilenebilir enerjinin kullanımı, turizmin mercan resifleri ve yaban hayatı habitatları gibi hassas ekosistemler üzerindeki etkisini de azaltabilir.

Turizm sektörünün karşı karşıya olduğu en büyük sorunlardan biri iklim değişikliğidir. İklim değişikliği, yükselen deniz seviyeleri, daha sık görülen aşırı hava olayları ve sıcaklık ve yağış modellerindeki değişikliklerle turizm endüstrisi üzerinde şimdiden önemli bir etkiye sahip. Turizmde yenilenebilir enerji kullanımı, sera gazı emisyonlarını azaltarak ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik ederek iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmeye yardımcı olabilir (Bohdanowicz & Kalhauge, 2001, s. 2-3).

Yenilenebilir enerji, turizm endüstrisinin imajı ve itibarı üzerinde de olumlu bir etkiye sahip olabilir. Turizm endüstrisi genellikle yüksek düzeyde karbon emisyonu ve çevresel bozulma ile ilişkilendirilir. Yenilenebilir enerjinin kullanılması bu imajı değiştirmeye ve turizm endüstrisini sürdürülebilir uygulamalarda lider konuma getirmeye yardımcı olabilir. Turistler, çevresel sorunların giderek daha fazla farkına varıyor ve sürdürülebilirliğe ve yenilenebilir enerjiye öncelik veren destinasyonlar arıyor.

Turizmde yenilenebilir enerjinin birçok faydasına rağmen, ele alınması gereken zorluklar da var (Nizic & Grdic, 2017, s. 635-636, 640-642).

- a) En büyük zorluklardan biri yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyetidir. Yenilenebilir enerjinin maliyeti son yıllarda önemli ölçüde düşerken, birçok durumda yenilenemeyen enerji kaynaklarından hala daha pahalıdır. Bu durum başta küçük ve orta ölçekli işletmeler olmak üzere birçok turizm işletmesi için engel teşkil edebilir.
- b) Diğer bir zorluk, belirli bölgelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcudiyetidir. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji teknolojileri, belirli çevresel koşullara bağlıdır. Yenilenebilir enerji için elverişli koşullara sahip

olmayan bölgeler, bu teknolojilerin benimsenmesinde zorluklarla karşılaşabilir.

2.2.9. Cari açığa etkisi

Cari hesap, bir ülkenin ticaret dengesini, net geliri ve net transfer ödemelerini içeren uluslararası ticaretinin bir ölçümüdür. Cari açık, bir ülkenin ihraç ettiğiinden daha fazla mal ve hizmet ithal etmesi durumunda ortaya çıkar ve bu da negatif bir ticaret dengesine yol açar. Bu açık, ülkenin ihracattan kazandığından daha fazla ithalata harcadığı ve net bir para çıkışına neden olduğu anlamına gelir. Bir cari hesap açığı, para biriminin devalüasyonu ve yüksek enflasyon oranları gibi ciddi sonuçlar doğurabilir (Banton, 2022).

Bir ülkenin cari açığını azaltmanın bir yolu, ihracat gelirlerini artırmaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları bunu yapmak için bir fırsat sağlayabilmektedir. Rüzgâr, güneş ve hidroelektrik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılabilir ve diğer ülkelere meta olarak satılabilmektedir. Uygun iklime sahip ülkeler yenilenebilir enerjiyi verimli bir şekilde üretebilir ve fazlasını diğer ülkelere ihraç ederek döviz kazanabilir (Orun, 2021, s. 67).

Ayrıca yenilenebilir enerji, bir ülkenin ithal fosil yakıtlara bağımlılığını azaltabilir. Çoğu ülke, enerji taleplerini karşılamak için ithal fosil yakıtlara güvenmektedir ve bu da önemli bir para birimi çıkışına yol açmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, ülkelerin ithal fosil yakıtlara bağımlılıklarını azaltmalarına yardımcı olabilir ve bu da sonuçta cari açıklarını azaltacaktır. Örneğin, ithal fosil yakıtlara oldukça bağımlı olan Japonya, 2030 yılına kadar elektriğinin %22-24'ünü yenilenebilir kaynaklardan üretme hedefi belirlemiştir. Bu hedefe ulaşılması, Japonya'nın cari açığını önemli ölçüde azaltacaktır (Bildirici & Kayıkçı, 2022).

Ek olarak, yenilenebilir enerji iç piyasada iş fırsatları yaratabilir ve bu da ihracat kazançlarını artırabilir. Yenilenebilir enerji sektörü, yetenekli bir işgücü gerektirir ve yerel nüfus için iş fırsatları yaratır. İş gücü daha sonra becerilerini diğer ülkelere ihraç edebilir. Örneğin, Danimarka rüzgâr enerjisi teknolojisinde dünya lideri haline geldi, iş fırsatları yarattı ve rüzgâr türbinlerinin satışından ihracat geliri elde etmiştir.

2.2.10. Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelere etkisi

Gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerjinin ana faydalarından biri, elektriğe erişimi artırma potansiyelidir. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, çoğunluğu Sahra altı Afrika ve Asya'da olmak üzere, dünya çapında elektriğe erişimi olmayan 759 milyondan fazla insan bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji, bu nüfuslara uygun fiyatlı ve güvenilir enerjiye erişim sağlamak için bir fırsat sunmaktadır. Örneğin, ulusal şebekeye bağlı olmayan uzak bölgelere elektrik sağlamak için güneş enerjisi kullanılabilir (International Energy Agency, 2021).

Yenilenebilir enerjinin bir diğer faydası da sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyelidir. Hindistan ve Çin gibi gelişmekte olan ülkeler, büyük ölçüde enerji üretimi için fosil yakıtlara olan yoğun bağımlılıkları nedeniyle, küresel olarak en büyük sera gazı yayıcıları arasındadır. Yenilenebilir enerjiyi benimseyerek, bu ülkeler karbon ayak izlerini önemli ölçüde azaltabilir ve iklim değişikliğini hafifletmeye yönelik küresel çabalara katkıda bulunmaktadır.

Yenilenebilir enerji, gelişmekte olan ülkelerde istihdam yaratma ve ekonomik büyümeyi teşvik etme fırsatı da sunmaktadır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'na (IRENA) göre, yenilenebilir enerji sektörü 2018'de dünya çapında çoğunluğu Çin, Brezilya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde olmak üzere 11 milyondan fazla kişiye istihdam sağlamıştır. Gelişmekte olan ülkeler, yenilenebilir enerjiye yatırım yaparak vatandaşları için iş fırsatları yaratabilir, ekonomik büyümeyi hızlandırabilir ve ithal fosil yakıtlara olan bağımlılıklarını azaltabilmektedir (International Energy Agency, 2021, s. 56).

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'na göre, gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji dağıtımı son yıllarda önemli ölçüde artmış ve yalnızca 2019'da 200 Giga watt'ın üzerinde yenilenebilir enerji kapasitesi eklenmiştir. Gelişmekte olan ülkelerin 2030 yılına kadar küresel yenilenebilir enerji dağıtımının yarısından fazlasını oluşturmasıyla bu eğilimin önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenmektedir (IRENA, 2022, s. 9, 12).

Gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji dağıtımını hızlandırmak için politika desteğine ve yatırıma ihtiyaç bulunmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki hükümetler, yenilenebilir enerji projelerinin uygulanmasını teşvik etmek için vergi indirimleri, tarife garantileri ve yenilenebilir enerji hedefleri gibi teşvikler getirerek politika desteği sağlayabilmektedir. Yenilenebilir enerji projelerine yatırım,

gelişmekte olan ülkelerdeki yenilenebilir enerji projelerini desteklemek için finansman ve teknik yardım sağlayan Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşlar tarafından teşvik edilebilmektedir

Yenilenebilir enerjinin gelişmiş ülkeler üzerindeki en önemli etkilerinden biri, karbon emisyonlarını azaltma potansiyelidir. Karbon emisyonları, iklim değişikliğine önemli bir katkı sağlamaktadır ki, bu emisyonların azaltılması, iklim değişikliğinin etkileriyle mücadele etmek için çok önemli olmaktadır. Gelişmiş ülkeler, yüksek enerji tüketim seviyeleri nedeniyle tarihsel olarak küresel karbon emisyonlarına önemli katkılarda bulunan ülkeler olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, elektrik üretiminde ve ulaşımda fosil yakıtların yerini alarak karbon emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. Yenilenebilir enerji, karbon emisyonlarını azaltmanın yanı sıra gelişmiş ülkelerde hava kalitesini de iyileştirebilmektedir. Fosil yakıt yanması, halk sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabilecek önemli bir hava kirliliği kaynağı olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, enerji için yakılan fosil yakıtların miktarını azaltarak hava kirliliğini azaltmaya yardımcı olabilmektedir (Vandaele & Porter, 2015, s. 6).

Yenilenebilir enerji, enerji sektöründe de yeni istihdam yaratma potansiyeline sahiptir. Daha fazla ülke yenilenebilir enerji hedeflerini ve politikalarını benimserken, yenilenebilir enerji sektörünün önümüzdeki yıllarda hızla büyümesi beklenmektedir. Bu büyümenin yenilenebilir enerji kurulumu, bakımı ve araştırma ve geliştirme gibi alanlarda yeni işler yaratması beklenmektedir.

Yenilenebilir enerjinin birçok faydasına rağmen, gelişmiş ülkelerde benimsenmesiyle ilgili zorluklar da bulunmaktadır. Başlıca zorluklardan biri, yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyetidir. Yenilenebilir enerjinin maliyeti son yıllarda düşerken, birçok durumda hala fosil yakıtlardan daha pahalıdır. Bu, bazı ülkelerin, özellikle de fosil yakıt altyapısına mevcut yatırımları varsa, büyük ölçekte yenilenebilir enerjiyi benimsemelerini zorlaştırabilir. Diğer bir zorluk, güneş ve rüzgâr gibi bazı yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili olmasıdır. Bu kaynaklar hava koşullarına bağlıdır ve enerji üretimi için fosil yakıtlardan daha az güvenilir olabilir. Bu, özellikle enerji şebekesi enerji arzındaki dalgalanmaları kaldıracak donanımına sahip değilse, yenilenebilir enerjinin mevcut enerji sistemlerine entegre edilmesini zorlaştırabilir. Bu zorluklara rağmen, gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji için

gelecek beklentileri olumlu olmaktadır. Birçok gelişmiş ülke iddialı yenilenebilir enerji hedefleri belirledi ve yenilenebilir enerji teknolojilerine büyük yatırımlar yapmaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği 2030 yılına kadar enerjisinin %32'sini yenilenebilir kaynaklardan üretme hedefi koyarken, Amerika Birleşik Devletleri 2035 yılına kadar elektriğinin %100'ünü temiz enerji kaynaklarından üretme hedefi belirlemiştir (European Commission, 2022).

2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dışsalılığı

Yenilenebilir enerjiye yönelik kamu tutumu tipik olarak olumludur, çünkü yenilenebilir enerji, fosil yakıtlardan (hava kirliliği ve sera gazları) ve nükleer enerjiden (nükleer risk ve atık bertarafı) kaynaklanan elektrikle ilişkili dışsallıklardan kaçınılmaktadır (VZBV, 2013). Welsch ve Ferreira (2014), çok ülkeli bir çalışmada, dile getirilen görüşlerle tutarlı olarak, bir ülkenin ulusal elektrik karışımında güneş ve rüzgâr enerjisinin daha yüksek bir payının vatandaşlarının daha fazla öznel refahı ile ilişkili olduğunu bulmuştur.

Düşük karbonlu elektrik kaynakları, özellikle nükleer enerji veya yenilenebilir elektrik, taşınan hava kirliliği ve aynı zamanda iklim değişikliği dahil olmak üzere, verilen enerji birimi başına çok daha az dışsallık üretme eğilimindedir. Düşük karbonlu elektrik kaynakları, özellikle nükleer enerji veya yenilenebilir elektrik, taşınan hava kirliliği ve aynı zamanda iklim değişikliği dahil olmak üzere, verilen enerji birimi başına çok daha az dışsallık üretme eğilimindedir. Örneğin, Shindell ve Smith (2019), elektrik, endüstri ve ulaşımda fosil yakıtların aşamalı olarak kaldırılmasının hava kalitesi için faydalar sağladığını belirtmektedir (Sovacool & Monyei, 2021, s. 5260).

Daha büyük ölçekli dışsallıklara (çevre kirliliği) rağmen, yenilenebilir enerji tesisleri, biyokütle santralleri durumunda koku rahatsızlığı gibi yerel ölçekte dışsallıklara neden olabilir. Aslında, bu tür tesislerin kurulumu genellikle yerel direnişle, daha genel olarak sosyal ve toplumsal kabul sorunlarıyla karşılaşmaktadır (Batel, Devine-Wright, & Tangeland, 2013, s. 1).

Yapılan tüm çalışmalarda fosil yakıtların yenilenebilir kaynaklara göre çok yüksek dışsallıklara sahip olduğu görülmektedir. Yenilenebilirler arasında güneş, diğer yenilenebilir teknolojilere kıyasla maksimum miktarda dışsallığa sahiptir. Bu dışsallıklar öncelikle güneş enerjisi üretiminin yukarı akış sürecinden

kaynaklanmaktadır. Güneş enerjisinin daha yüksek teknik büyüme oranına sahip olduğu ve dolayısıyla malzeme ve verimlilikteki iyileşme ile güneş ile ilişkili dışsallıkların zamanla azalacağı belirtilmelidir. Ancak karşılaştırma bu kadar basit olmayabilir. Teknolojileri karşılaştırma amacına rağmen, her ulusun kendi geniş teknoloji yelpazesi, yakıtları ve azaltma seçenekleri bulunmaktadır. Tüm yenilenebilir teknolojiler arasında, nükleer ve biyokütle teknolojileri söz konusu olduğunda ülkeler arasında farklılıklar daha belirgindir, çünkü bu döngüler için yukarı akış süreci (yakıtın çıkarılması, taşınması, ön işleme) ülkeler arasında oldukça değişkendir ve bu nedenle bunların etkileri büyük ölçüde değişecektir. Genel olarak, fosil yakıtların önemli ölçüde yüksek dışsal maliyetlere sahip olduğu, yenilenebilir enerjilerin ise az miktarda dışsal maliyetlere sahip olduğu sonucuna varılabilmektedir (Sundaram, 2016, s. 3).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BENELÜKS ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİNİN EKONOMİK BÜYÜMEYE ETKİSİ ÜZERİNE AMPİRİK İNCELEME

3.1. Literatür Taraması

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ekonomik büyümenin ilerlemesi arasındaki ilişkiyi araştırmak için literatür alanında çok sayıda bilimsel araştırma yapılmıştır. Literatür taraması EndNote programı kullanılarak yapılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunun ekonomik genişleme ve ilerleme ile ilgili hedeflere ulaşılmasını kolaylaştırmada önemli bir potansiyele sahip olduğu yaygın olarak kabul edildiğinden, son zamanlarda bu araştırmaların miktarında dikkate değer bir artış olmuştur. Bazı araştırmalar, ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji kullanımı arasında pozitif bir ilişki olduğunu öne sürerken, zıt bakış açıları, bu faktörler arasında ne negatif bir ilişki ne de fark edilebilir bir ilişki olmadığını iddia ediyor. Önceki araştırmalar, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile genel ekonomik ilerleme arasında bir ilişki olduğu fikrini destekleyen kanıtlar sağlamıştır.

İskenderoğlu, & Akdağ (2018) çalışmalarında, 2007'den 2016'ya uzanan dönemde Avrupa Birliği üyesi 14 ülkenin yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemek için bir analiz yapmışlardır. Araştırma hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımının Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) üzerinde dikkate değer ve olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ancak analiz, nükleer enerji kullanımının GSYİH üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermediğini ortaya koymaktadır. Araştırma ayrıca, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin diğer değişkenlere kıyasla daha belirgin olduğunu göstermiştir.

Charfeddine ve Khediri (2015), 1990-2014 dönemi boyunca 31 Avrupa ülkesinin yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyümesi arasındaki ilişkiyi inceledikleri bir çalışma yürüttüler. Araştırma, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile uzun vadeli ekonomik büyüme arasında istatistiksel olarak anlamlı ve

pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bu, yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın, uzun bir süre boyunca ekonomik büyümeyi teşvik etme potansiyeline sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Doğan ve Şeker (2016) tarafından yapılan bir çalışmada araştırmacılar, 1980-2012 döneminde Avrupa Birliği ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmanın bulguları, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ekonomik büyüme ile ilgili hedeflere ulaşılmasında etkili bir yaklaşım olabileceğini düşündürmektedir.

Bhattacharya vd. (2016), 1991'den 2012'ye uzanan zaman dilimi boyunca en yüksek yenilenebilir enerji tüketimini sergileyen 38 ülke örneğinde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemek için bir analiz gerçekleştirmiştir. Araştırmanın bulguları, Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ekonomik büyümenin ilerlemesinde gözle görülür ve dikkate değer bir etkisi bulunmaktadır.

Inglesi-Lotz'un (2016) tarafından yürütülen çalışma, yenilenebilir enerjinin kullanımı ile ekonomik büyümenin desteklenmesi arasında kayda değer bir ilişki olduğunu göstermiştir. Araştırma, 1990'dan 2010'a kadar olan dönemi kapsayan 25 ülkeden oluşan bir örneklemi incelemek için panel veri analizi tekniklerini kullanmış ve yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının artırılmasının kişi başına düşen GSYİH'de artışa yol açabileceğini bulmuştur.

Fotourehchi'nin (2017) tarafından yürütülen çalışma, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel bağlantıyı incelemeyi amaçlamıştır. Çalışma, yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi belirlemek için 1990'dan 2012'ye kadar uzanan 47 gelişmekte olan ülkeden alınan verileri kullanarak panel veri ekonometrik yaklaşımları kullanmaktadır. Araştırma bulguları, sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya ulaşmak için gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesini teşvik eden politikaların uygulanmasına önem vermesinin zorunlu olduğunu göstermektedir.

Bhuiyan vd. (2022), yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ekonomik büyümenin ilerlemesi arasındaki ilişkiyi araştırmak için mevcut literatürün kapsamlı bir analizini üstlenmiştir. Araştırma, 2010 ile 2021 yılları arasında yayınlanan toplam 46 bilimsel makaleyi kapsamaktadır. Araştırmacılar, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi destekleme potansiyeline ilişkin yaygın bir anlaşıma olduğunu keşfetmiştir. Bununla birlikte, bu ilişkinin kapsamı ve doğası, farklı araştırmalar arasında farklılıklar göstermektedir. Birkaç çalışma, yenilenebilir enerji kullanımının ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği tek yönlü bir nedensel ilişki önermiştir. Tersine, alternatif araştırmalar hem yenilenebilir enerji tüketiminin hem de ekonomik büyümenin birbiri üzerinde karşılıklı etkileri olduğunu gösteren çift yönlü bir nedensellik ilişkisi önermektedir. İnceleme ayrıca, özellikle gelişmekte olan ülkelerde konu hakkında ek ampirik araştırmanın gerekliliğini vurgulamıştır. Özetle, araştırma bulguları, yenilenebilir enerji tüketiminin teşvik edilmesinin ekonomik büyüme açısından olumlu sonuçlar sağlayabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, bu iki faktör arasındaki karmaşık dinamikleri kapsamlı bir şekilde anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu kabul etmek önemlidir.

Chen vd. (2022), yenilenebilir enerji teknikleri ile sürdürülebilir ekonomik büyümenin elde edilmesi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada öncelikle Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler) ile yenilenebilir enerji politikasının uygulanması arasındaki ilişki incelenmiştir. Yazarlar tarafından gerçekleştirilen veri analizi, 2005'ten 2015'e uzanan bir dönemde toplam 38 ülkeden toplanan verilerin incelenmesini içermektedir. Bu analiz, panel veri regresyon modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulgular, yenilenebilir enerji çözümlerinin uygulanmasının, sürdürülebilir ekonomik büyümenin desteklenmesi üzerinde dikkate değer ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu ilişkinin gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere göre daha belirgin olduğu görülmektedir. Çalışma, yenilenebilir enerji politikasının benimsenmesinin, uluslar içinde sürdürülebilir ekonomik büyümenin ilerlemesini kolaylaştırma potansiyeline sahip olduğunu öne sürmüştür.

Xie vd. (2023) N-11 olarak bilinen bir grup ülkede yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyümenin ilerlemesi arasındaki ilişkiyi araştırmak için bir araştırma yürütülmüştür. N-11 ülkeleri Bangladeş, Mısır, Endonezya, İran, Meksika, Nijerya,

Pakistan, Filipinler, Türkiye, Güney Kore ve Vietnam'ı kapsamaktadır. Analizin zaman çerçevesi 1990'dan 2020'ye kadar uzanmaktadır. Bulgular, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yukarıda belirtilen ülkelerin ekonomik kalkınması üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca araştırma, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki uzun vadeli etkilerinin kısa vadede gözlemlenenleri aştığını ortaya koymuştur. Sonuçlar, yenilenebilir enerji kullanımının, gelişmekte olan ülkelerde ekonomik ilerlemeyi teşvik etmek ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için geçerli bir strateji olarak hizmet edebileceğini göstermektedir.

Zhe vd. (2021) yenilenebilir enerji kullanımı, finansal gelişme ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma, 1990-2015 yılları arasındaki Türkiye verilerini kapsamaktadır. Araştırmanın bulguları, yenilenebilir enerji kullanımının finansal sistemlerin ilerlemesi ve ekonomik büyümenin teşvik edilmesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, finansal sistemlerdeki ilerlemenin genel ekonomik büyüme üzerinde iyi bir etkiye sahip olduğunu belirtmekte fayda bulunmaktadır. Araştırma bulguları, yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasını ve finansal kalkınmanın ilerletilmesini hedefleyen politikaların uygulanmasının, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi etkili bir şekilde teşvik etme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Tariq, Awais ve Tania (2021) tarafından öne sürülen çalışma, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi küresel bağlamda, özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilere odaklanarak incelemektedir. Yazarlar, 1980-2019 döneminde 174 ülkeden verileri kullanmış ve yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi tahmin etmek için bir panel veri regresyon modeli kullanmışlardır. Sonuçlar, yenilenebilir enerji tüketiminin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ekonomilerde ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Öte yandan, yenilenemeyen enerji tüketimi, gelişmekte olan ekonomilerde ekonomik büyüme üzerinde negatif ve anlamlı bir etkiye sahipken, gelişmiş ekonomilerde ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamsız bir etkiye sahiptir.

Marinaş (2018), Orta ve Doğu Avrupa'da bulunan ülkelerde yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkiyi incelemek için bir çalışma

yürütmüştür. Çalışma, 1990 ile 2016 yıllarını kapsayan 11 Orta ve Doğu Avrupa ülkesinden alınan verileri kullanmıştır. Yazar, yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel bağlantıyı incelemek için bir panel vektör otoregresyon (PVAR) modeli kullanmıştır. Yönlendirilmiş bir nedensellik bağlantısının tanımlanması, ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Spesifik olarak, ekonomik ilerlemenin yenilenebilir enerji tüketimindeki artışta uyarıcı bir etkiye sahip olduğunu, yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın da ekonomik büyümeyi desteklemede rol oynadığını göstermektedir. Bu çalışmanın bulguları, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Spesifik olarak, sonuçlar, yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın, ekonomik büyümede buna karşılık gelen bir artışla ilişkili olduğunu göstermektedir. Çalışma ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ekonomik büyüme arasında olumlu ve dikkate değer bir ilişki olduğunu gösteren ampirik verileri de keşfetti. Bu, yenilenebilir enerji tüketiminin teşvikinin, Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinde sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı teşvik etmede etkili bir politika aracı olarak hizmet edebileceğini göstermektedir. Yazar, Orta ve Doğu Avrupa ülkelerindeki politika yapıcılarını, ekonomik büyümeyi desteklemek ve yenilenemeyen enerji tüketiminin çevre ve halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmesi gerektiği sonucuna varmıştır.

Soava vd. (2018), yenilenebilir enerji tüketiminin Avrupa Birliği (AB) içindeki ülkelerin ekonomik büyümesi üzerindeki etkisini inceledi. Araştırmacılar, 1995 ile 2015 yıllarını kapsayan 28 Avrupa Birliği üye ülkesinden alınan verileri kullandılar. Yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyüme oranı arasındaki ilişkiyi tespit etmek için bir panel veri regresyon modeli uyguladılar. Bulgular, yenilenebilir enerji kullanımının Avrupa Birliği üye devletlerinin ekonomik büyümesi üzerinde olumlu ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca araştırma, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin, kısa sürelerle kıyasla uzun sürelerde daha büyük olduğunu göstermektedir. Bu, yenilenebilir enerji tüketimini savunmanın avantajlarının ortaya çıkması için önemli miktarda zaman gerektirebileceği, ancak uzun bir süre boyunca kalıcı oldukları anlamına gelir.

Yazarlar, yenilenebilir enerji tüketiminin teşvik edilmesinin, özellikle uzun bir süre boyunca Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde ekonomik büyümeyi desteklemek için geçerli bir politika aracı olarak hizmet edebileceği sonucuna varmışlardır. Ayrıca araştırma, Avrupa Birliği içinde yenilenebilir enerji kaynaklarının ilerlemesini ve uygulanmasını kolaylaştırmayı amaçlayan devam eden harcamaların ve politika önlemlerinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Mohammadi vd. (2023), yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımı ile ekonomik büyümenin ilerlemesi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma, 1993-2019 yıllarını kapsayan gelişmekte olan ve gelişmiş ülke örneğini incelemek için panel veri analizi kullanmaktadır. Bulgular, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ekonominin ilerlemesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu, ancak yenilenemeyen kaynakların kullanımının enerji kaynaklarının ekonomik ilerleme üzerinde olumsuz bir etkisi vardır. Araştırma ayrıca, yenilenebilir enerjinin kullanımı ile ekonominin ilerlemesi arasında doğrusal olmayan bir ilişkinin göstergelerini de bulmuştur. Çalışma, sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı sağlamanın bir yolu olarak yenilenebilir enerji tüketimini savunmanın önemini vurgulamaktadır.

Ntanos vd. (2018), Avrupa ülkeleri arasında yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bu çalışmada 16 Avrupa Birliği ülkesinden 2007'den 2016'ya kadar olan verileri incelemek için panel veri analizi kullanılmıştır. Bulgular, yenilenebilir enerji kullanımının ekonominin ilerlemesi üzerinde olumlu ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Araştırma ayrıca, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonominin büyümesi arasında karşılıklı ve güçlendirici bir ilişki olduğunu öne süren çift yönlü nedensellik belirtilerini de keşfetti. Çalışma, istihdam fırsatlarının yaratılması ve yenilenemeyen enerji kaynaklarına bağımlılığın azaltılması gibi ekonomik kalkınmanın teşvik edilmesi açısından yenilenebilir enerjinin potansiyel avantajlarını vurgulamaktadır.

Öztürk vd. (2022), fosil yakıt ve yenilenebilir enerji tüketiminin Paris Kulübü'ne üye ülkelerin ekonomik büyümesi üzerindeki etkisini incelemiştir. Araştırma, 1991'den 2016'ya kadar olan dönemde 20 ülkenin veri setini incelemek için panel veri analizini kullanmıştır. Bulgular, fosil yakıtların kullanımının ekonominin ilerlemesi üzerinde zararlı bir etkiye sahip olduğunu, oysa yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesinin ekonomik ilerleme üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Ek olarak

araştırma, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin belirli bir uygulama derecesinin ötesinde daha belirgin hale geldiği bir eşik olgusunun varlığını ortaya çıkardı. Çalışma, sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın sağlanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin önemini vurgulamaktadır.

Sarkhanov ve Huseynli (2022) tarafından yapılan çalışma, Kazakistan ve Kırgızistan ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ekonomik kalkınma arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Çalışma, 1996'dan 2018'e uzanan dönemi incelemek için panel veri analizi kullanmıştır. Bulgular, yenilenebilir enerji kullanımının her iki ülkenin ekonomik gelişimi üzerinde olumlu ve istatistiksel olarak dikkate değer bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma ayrıca, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonominin büyümesi arasında karşılıklı ve güçlendirici bir ilişki olduğunu öne süren çift yönlü nedensellik belirtilerini de keşfetmiştir. Çalışma, yenilenebilir enerji kaynaklarının Kazakistan ve Kırgızistan'da ekonomik kalkınmayı teşvik etmede istihdam fırsatlarının oluşturulması ve yenilenemeyen enerji kaynaklarına bağımlılığın azaltılması gibi potansiyel avantajlarının altını çizmiştir

Gökçü'nün (2021) tarafından yapılan çalışma, yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin ekonomik büyümesi üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Araştırma, 1972'den 2018'e kadar uzanan zaman serisi verilerini kullanmış ve bir otoregresif dağıtılmış gecikme (ARDL) modeli uygulamıştır. Bulgular, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının Türkiye'nin ekonomik büyümesi üzerinde olumlu ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Araştırma ayrıca, yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik büyümenin ilerlemesi arasında simbiyotik bir ilişki olduğunu öne süren çift yönlü nedensellik belirtilerini de bulmuştur.

Mukhtarov (2022) tarafından yapılan çalışma, Azerbaycan'da yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkiyi incelemeyi amaçlamıştır. Araştırma, 1992'den 2015'e uzanan yıllık verileri kullanmıştır. Çalışma, ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tek yönlü bir zamansal nedensellik belirlemiştir

Yazar	Ülke	Yıllar	Sonuç
İskenderoğlu ve Akdağ (2018)	14 AB ülkesi	2007- 2016	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Chafeddine ve Khediri (2015)	31 AB ülkesi	1990- 2014	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Doğan ve Şeker (2016)	AB ülkeleri	1980- 2012	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Bhattacharya vd. (2016)	Yenilenebilir Enerji Tüketen 38 ülke	1991- 2012	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Inglesi-Lotz (2016)	Seçili 25 ülke	1990- 2010	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Fotourehchi (2017)	47 Gelişmekte Olan Ülke	1990- 2012	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Bhuiyan vd. (2022)	46 Araştırma	2010- 2021	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Chen vd. (2022)	Seçili 38 ülke	2005- 2015	Gelişmekte olan ülkelerde Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Xie vd. (2023)	N-11 ülkeleri	1990- 2020	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Zhe vd. (2021)	Türkiye	1990- 2015	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Tariq, Awais ve Tania (2021)	174 ülke	1980- 2019	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki

Marinaş (2018)	11 Orta ve Doğu Avrupa ülkesi	1990- 2016	Kısa dönemde Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi. Uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye tek yönlü bir nedensellik ilişkisi.
Soava vd. (2018)	28 AB ülkesi	1995- 2015	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Mohammadi vd. (2023)	Seçili Gelişmekte olan ve Gelişmiş Ülkeler	1993- 2019	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Ntanos vd. (2018)	16 AB ülkesi	2007- 2016	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Öztürk vd. (2022)	20 Paris Kulübü Ülkesi	1991- 2016	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Sarkhanov ve Huseynli (2022)	Kazakistan ve Kırgızistan	1996- 2018	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Gökçü (2021)	Türkiye	1972- 2018	Yenilenebilir enerjiden Ekonomik Büyümeye Pozitif etki
Mukhtarov (2022)	Azerbaycan	1992- 2015	Yenilenebilir Enerjiden Ekonomik Büyümeye nedensellik ilişkisi yoktur. Ekonomik Büyümeden Yenilenebilir Enerjiye doğru tek yönlü geçici nedensellik vardır.

Tablo 6 Literatür Taraması

Tablo 6`da adı geçen araştırmaların özeti verilmiştir. 19 araştırmanın 18`sinde yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye pozitif bir etkinin olduğunu bulunmuştur. Mukhtarov`un (2022) araştırmasında Azerbaycan`da Yenilenebilir Enerjiden Ekonomik büyümeye doğru bir ilişkinin olmadığı gözlemlenmiştir. Fakat Ekonomik büyümeden Yenilenebilir enerjiye doğru bir ilişki tespit edilmiştir.

3.2. Veri Seti ve Araştırma Yöntemi

Son yıllarda, yenilenebilir enerji hem çevresel hem de ekonomik zorluklara umut verici bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Benelüks ülkeleri (Belçika, Hollanda ve Lüksemburg) ve Türkiye, fosil yakıtlara olan bağımlılıklarını azaltmak ve iklim değişikliğini hafifletmek için aktif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapmaktadır. Yenilenebilir enerjiye geçiş, yalnızca çevresel faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik büyümeyi teşvik etme potansiyeline de sahiptir.

Bu çalışmanın amacı, Benelüks ülkeleri (Belçika, Hollanda ve Lüksemburg) ve Türkiye`de yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonları, enflasyonun ekonomik büyüme üzerindeki etkisini 1990`dan 2022`e kadar incelemektir. Benelüks ülkeleri güçlü ekonomik performansları ve sürdürülebilirliğe ilerici yaklaşımları ile tanınırken, Türkiye artan enerji ve kaynak talebi ile hızla gelişen bir ülkedir. Bu çalışma, bu ülkeler için panel verileri analiz ederek, ekonomik büyümeyi etkileyen faktörlere ve sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji tüketiminin potansiyel faydalarına ilişkin içgörü sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın bulgularının, yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisine ilişkin büyüyen literatüre katkıda bulunması ve çalışma yapılan ülkelerde enerji dönüşümüne ilişkin politika kararları için bilgi sağlaması beklenmektedir.

3.2.1. Veri seti

Çalışmada kullanılan veriler Dünya Bankası ve Uluslararası Enerji Ajansı tarafından paylaşılan istatistiklerden alınmıştır. Veriler her ülke için 1990-2022 yıllarını eksiksiz olarak temsil etmektedir.

Modelde hipotez belirtilen literatüre uygun olarak yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeyi arttıracadı yönündedir.

Tablo 7’de çalışmada analize dahil edilmiş değişkenler verilmiştir.

	Değişkenler	Kısaltma	Kaynak
Bağımlı Değişken	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla(miktar,\$)	GDP	Dünya Bankası
Bağımsız Değişkenler	Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Toplam Enerji Tüketiminin yüzdesi)	REN	Dünya Bankası Uluslararası Enerji Ajansı
	CO2 emisyonları (kişi başına metrik ton)	CO2	Dünya Bankası
	Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %)	INF	Dünya Bankası

Tablo 7 Analize dahil edilmiş değişkenler

3.2.2. Panel veri analizi

Boylamsal veri analizi olarak da bilinen panel veri analizi, ekonomi ve siyaset bilimi başta olmak üzere sosyal bilimlerde yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Bu yöntem hem kesit hem de zaman serisi ögelerine sahip verileri incelemektedir. Panel veri analizinin temel fikri, zaman içinde değişkenler arasındaki ilişkiyi kurmak için regresyon modellerini kullanmaktır. Bu yaklaşım, veri kümesindeki her varlık için sabit veya rastgele etkiler dahil ederek bireysel düzeydeki farklılıkları ayarlamaktadır. Trendler veya mevsimsel faktörler gibi zamanla ilgili değişkenler de zaman içindeki değişimleri hesaba katmak için dahil edilebilmektedir (Gujarati & Porter, 2009, s. 591-592).

Panel veri analizi kullanmanın birçok avantajı vardır. Çeşitli faktörlerin zaman içinde nasıl değiştiğini ve birbirleriyle nasıl ilişkili olduklarını araştırmamıza olanak tanımaktadır. Ayrıca, farklı faktörlerin belirli bir ilgi sonucu üzerindeki nedensel etkilerini belirlememize yardımcı olabilmektedir. Ek olarak, panel veri analizi, örneklem büyüklüğünü artırarak istatistiksel gücü artırmakta ve daha az yanlışlıkla daha doğru tahminler sağlamaktadır (Hsiao, 1985).

Ancak, panel veri analizinin sınırlamaları vardır. Bu sınırlamalardan biri, bazı varlıkların veri kümesine dahil edilmemesi veya zaman içinde örneklemden çıkarılması durumunda ortaya çıkan seçim yanlılığıdır. İçsellik, değişkenler arasındaki ilişkinin çift yönlü olduğu başka bir potansiyel sorundur. Panel veri analizi, regresyon

modellerinde gecikmeli değişkenler veya kukla değişkenler kullanarak içsellığı hafifletebilmektedir (Hsiao, 2007).

3.2.2.1. Değişkenlerin özet istatistiği ve EKK(en küçük kareler) regresyonu

Analiz Stata 17.0 uygulaması yardımıyla yapılmıştır. Değişkenlerin özet istatistiği Tablo 8`de verilmiştir.

Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
GDP	132	4.08E+11	3.08E+11	1.28E+10	1.01E+12
REN	132	8.136212	6.868396	0.94	24.37
CO2	132	11.07812	6.713705	2.562397	30.43928
INF	132	10.78276	21.85509	-0.0531457	105.215

Tablo 8 Değişkenlerin özet istatistiği

Değişkenler oran, yüzde ve miktarla ifade edildiklerinden yorumlamanın daha kolay olması açısından değişkenlerin logaritması alınmıştır. Tablo 9`da logaritması alınmış değişkenlerin özet istatistiği verilmiştir.

Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
LGDP	132	26.2258	1.23541	23.271	27.642
LREN	132	1.65930	1.005096	-0.0618	3.1933
LCO2	132	2.21778	0.6369878	0.9409	3.4157
LINF	132	1.26261	1.316577	-1.2350	4.6560

Tablo 9 Düzeltilmiş değişkenlerin özet istatistiği

Değişkenlerin özet istatistiği verildikten sonra EKK(En Küçük Kareler)`le model tahmin edilmiştir. EKK modeli Tablo 10`da verilmiştir.

LGDP	Katsayı	Standart Hata	T İstatistiği	Olasılık	%95 Güven Aralığı	
LREN	-0.3488733	0.0833774	-4.18	0.00	-0.51386	-0.18388
LCO2	-2.490491	0.1618844	-15.38	0.00	-2.8108	-2.1701
LINF	-0.6210229	0.0700751	-8.86	0.00	-0.75968	-0.48235

Tablo 10 En Küçük Kareler Modeli

Modelin EKK durumuna göre değişkenlerin olasılık değerleri 0.05 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır. Fakat bu modelin hangi etkiye bağlı olduğu(klasik model, sabit etkiler, tesadüfi etkiler) bilinmeden bu yöntemle yorumlanamamaktadır. Bu yüzden nihai modelde sonuçlar yorumlanmıştır.

Değişkenlerin olasılık değerlerinin anlamlı olması durumunda Çoklu Doğrusal Bağlantı testi yapılmakta ve bağımlı değişkenler arasında bir ÇDB sorununun olup olmadığı incelenmektedir.

3.2.2.2. Çoklu doğrusal bağlantı

Çoklu doğrusal bağlantı, bir regresyon modelindeki iki veya daha fazla bağımsız değişken birbiriyle yüksek oranda ilişkili olduğunda ortaya çıkan istatistiksel bir sorundur. Bu korelasyon, regresyon katsayılarının yanlış tahmin edilmesine yol açabilmekte, bu da her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin yorumlanmasını zorlaştırabilmektedir (Gujarati & Porter, 2009, s. 321).

Çoklu doğrusal bağlantı ile ilgili temel sorunlardan biri, regresyon katsayılarının yorumlanmasındaki zorluktur. İki veya daha fazla bağımsız değişken yüksek oranda ilişkili olduğunda, her değişkenin bağımlı değişken üzerindeki benzersiz etkisini belirlemek zor olabilmektedir. Bu, bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişki hakkında yanlış sonuçlara yol açabilmektedir. Çoklu doğrusal bağlantı, modelin doğruluğunu azaltabilen regresyon katsayılarının kesin olmayan tahminlerine de yol açabilmektedir. Bunun nedeni, bağımsız değişkenler yüksek oranda ilişkili olduğunda, tahmin edilen regresyon katsayılarının varyansının daha büyük hale gelmesidir. Sonuç olarak, regresyon katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek zor olabilmektedir (Gujarati & Porter, 2009, s. 321-323).

Bu modelde ÇDB sorununun olup olmadığını belirlemek için VIF testi kullanılmıştır.

Varyans Enflasyon Faktörü (VIF), regresyon analizinde çoklu doğrusal bağlantının ciddiyetini değerlendirmek için kullanılan bir ölçüdür. Belirli bir bağımsız değişken için tahmin edilen regresyon katsayısının varyansının, modeldeki diğer bağımsız değişkenlerin varlığından dolayı ne ölçüde arttığını nicel olarak ifade etmektedir (Gujarati & Porter, 2009, s. 340).

Testin Hipotezi:

H_0 :Modelde çoklu doğrusal bağlantı sorunu vardır (Ortalama VIF>10)

H_1 :Modelde çoklu doğrusal bağlantı sorunu yoktur (Ortalama VIF<10)

Tablo 10'da VIF test değerlerine yer verilmiştir. VIF testinde ortalama VIF değerine bakılmaktadır. Genel olarak, 10'dan büyük bir VIF değeri, ciddi çoklu bağlantıya işaret etmekte ve düzeltici eylem gerektirebilmektedir.

Değişkenler	VIF	1/VIF
LCO2	2.65	0.376861
LREN	2.11	0.474418
LINF	1.75	0.570638
Ortalama VIF	2.17	

Tablo 11 Çoklu Doğrusal Bağlantının belirlenmesinde VIF testi

Ortalama VIF değeri 2.17 çıkmıştır. Bu değer genel olarak kabul görülen kritik 10 değerinden küçüktür. Bu durumda H_0 hipotezi reddedilmekte ve modelde çoklu doğrusal bağlantı sorununun olmadığı söylenmektedir.

Çoklu doğrusal bağlantı sorunu incelendikten sonra modelin klasik, tesadüfi veya sabit model olduğunu öğrenmek için ilk önce modelde birim ve/veya zaman etkileri sınanmıştır.

3.2.2.3. Birim veya zaman etki arasında seçim

İstatistiksel modellemede, modelde birim etkisinin ve zaman etkisinin varlığını dikkate almak önemlidir.

Bir birim etkisi, farklı şirketler, şehirler veya insanlar gibi incelenen birimler veya bireyler arasındaki içsel farklılıkları ifade etmektedir. Bu etki, farklı birimleri

temsil eden kategorik değişkenler dahil edilerek modele dahil edilebilmektedir. Birim etkilerini hesaba katmamak, taraflı tahminlere ve yanlış sonuçlara yol açabilmektedir. Öte yandan bir zaman etkisi, zamanın sonuç değişkeni üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Bu etki, otoregresif entegre hareketli ortalama (ARIMA) veya üstel yumuşatma gibi zaman serisi teknikleri kullanılarak modellenebilmektedir. Borsa analizi veya iklim verileri gibi zaman içindeki eğilimleri ve kalıpları analiz ederken zaman etkilerinin dikkate alınması önemlidir (Imai & Kim, 2019).

3.2.2.3.1. LR testi

Neyman ve Pearson (1928) tarafından oluşturulmuş olan LR (Likelihood Ratio-Olasılık Oranı) testi, bir modele birim etkilerin mi yoksa zaman etkilerinin mi dahil edileceğini belirlemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. LR testi, hangi modelin verilere daha iyi uyduğunu belirlemek için tam model (hem birim hem de zaman etkileri dahil) altındaki verilerin olasılığını azaltılmış bir model (yalnızca birim etkileri veya yalnızca zaman etkileri ile) altındaki verilerin olasılığını karşılaştırmaktadır (Tatoğlu, 2020).

a) LR Testi Birim veya Zaman etkinin varlığının sınanması

Bu testte LR testi hem birim hem de zaman etkinin ikisinden en az birinin varlığını test etmektedir.

Testin Hipotezi:

H_0 : Birim veya Zaman etkisi yoktur (Klasik modeldir)

H_1 : Birim veya Zaman etkisi vardır (Birim etkili veya Zaman etkili modeldir)

Testte Chi-kare veya Olasılık değerlerinden birine bakılmaktadır. Eğer hesaplanan chi-kare değeri tablo chi-kare değerinden büyükse veya olasılık değeri 0.05 anlamlılık düzeyinden büyükse H_0 hipotezi reddedilmektedir. Eğer H_0 hipotezi kabul edilirse modele klasik model olarak devam edilmektedir.

Tablo 12’de LR Testinin Birim veya Zaman etkisini sınaması testi verilmiştir.

Testin sonuçlarına göre olasılık değeri 0.05 anlamlılık düzeyinden küçüktür. Bu durumda H_0 hipotezi reddedilmiştir yani LR testine göre Birim veya Zaman etkisi vardır ve model klasik model değildir.

LR testi Birim veya Zaman etkisi	
chi2(2)	289.96
Olasılık Değeri	0.000

Tablo 12 LR Testi Birim veya Zaman etkisi

b) LR Testi Birim etkinin varlığının sınanması

Bu testte LR testi birim etkinin varlığını test etmektedir.

Testin Hipotezi:

H_0 : Birim etki yoktur

H_1 : Birim etki vardır

Tablo 13`de LR Testinin Birim etkisini sınaması testi verilmiştir.

LR testi Birim etki	
chi2(2)	155.16
Olasılık Değeri	0.000

Tablo 13 LR testi Birim etkisi

LR testi birim etki sınamasında Olasılık değeri 0.05 anlamlılık düzeyinden küçüktür. Bu durumda H_0 hipotezi reddedilmiştir. Modelde birim etki vardır

c) LR testi Zaman etkinin varlığının sınanması

Bu testte LR testi birim etkinin varlığını test etmektedir.

Testin Hipotezi:

H_0 : Zaman etki yoktur

H_1 : Zaman etki vardır

Tablo 14.`de LR Testinin Zaman etkisini sınaması testi verilmiştir.

LR testi Zaman etki	
chi2(2)	72.45
Olasılık Değeri	0.000

Tablo 14 LR testi Zaman etkisi

LR testi zaman etki sınamasında Olasılık değeri 0.05 anlamlılık düzeyinden küçüktür. Bu durumda H_0 hipotezi reddedilmiştir. Modelde zaman etki vardır.

LR testi sonuçlarına göre model klasik model değildir. Modelde Birim ve Zaman etkileri vardır. Fakat bu etkilerden hangisinin kesin olarak var olduğunu araştırmak için LR testinden ilave olarak F ve LM testleri de kullanılmıştır.

3.2.2.3.2. F testi

İsmi Ronald Fisher'den almış ve George Snedecor'un (1989) kurmuş olduğu F testi, bir modele birim veya zaman etkilerinin dahil edilip edilmeyeceğini belirlemek için kullanılan başka bir istatistiksel yöntemdir. Uygulamada, F testi genellikle veriler için en uygun modeli belirlemek için LR testi gibi diğer model seçme yöntemleriyle birlikte kullanılmaktadır. Araştırmacılar, birim veya zaman etkilerine sahip uygun modeli dikkatli bir şekilde seçerek, sonuç değişkenini etkileyen temel faktörleri daha iyi anlayabilir ve gelecekteki eğilimler hakkında daha doğru tahminler yapabilmektedir (Gujarati & Porter, 2009).

Bu testte de sırasıyla Birim veya Zamanı, Birimi, Zamanı ölçen 3 test yapılmıştır.

a) F Test Birim veya Zaman Etkisi

Bu testte F testi hem birim hem de zaman etkinin ikisinden en az birinin varlığını test etmektedir.

Testin Hipotezi:

H₀: Birim veya Zaman etkisi yoktur (Klasik modeldir)

H₁: Birim veya Zaman etkisi vardır (Birim etkili veya Zaman etkili modeldir)

Tablo 15`te F testi Birim veya Zaman etkisinin varlığı sınanmıştır.

F testi Birim veya Zaman etkisi	
F(35,92)	129.68
Olasılık Değeri	0

Tablo 15 F testi Birim veya Zaman etkisi

Tablo 15`e göre F testinin olasılık değeri 0.05 anlamlılık düzeyinden küçük çıkmıştır. H₀ hipotezi reddedilmiştir. Model klasik model değildir.

b) F Testi Birim etkinin varlığının sınanması

Bu testte F testi birim etkinin varlığını test etmektedir.

Testin Hipotezi:

H₀: Birim etki yoktur

H_1 : Birim etki vardır

Tablo 16`da F Testinin Birim etkisini sınaması testi verilmiştir.

F testi Birim etki	
F(3,124)	130.41
Olasılık Değeri	0.000

Tablo 16 F testi Birim etki

Tablo 16`a göre F testinin olasılık değeri 0.05 anlamlılık düzeyinden küçük çıkmıştır. H_0 hipotezi reddedilmiştir. Modelde Birim etki vardır.

c) F testi Zaman etkinin varlığının sınanması

Bu testte F testi birim etkinin varlığını test etmektedir.

Testin Hipotezi:

H_0 : Zaman etki yoktur

H_1 : Zaman etki vardır

Tablo 17`de F Testinin Zaman etkisini sınaması testi verilmiştir.

F testi Zaman etki	
F(32,95)	12.14
Olasılık Değeri	0.000

Tablo 17 F testi Zaman etki

Tablo 17`e göre F testinin olasılık değeri 0.05 anlamlılık düzeyinden küçük çıkmıştır. H_0 hipotezi reddedilmiştir. Modelde Zaman etki vardır.

LR testinde olduğu gibi F testinde de Birim ve Zaman etkilerinin olduğu görülmüştür. LM testinde de eğer birim ve zaman etkisi çıkarsa. Hem birim hem de zaman etkili model olacaktır. Yalnız Birim etki çıkarsa birim etkili, yalnız zaman etki çıkarsa zaman etkili model olacaktır.

3.2.2.3.3. LM testi

Breusch ve Pagan (1980) tarafından oluşturulan LM (Lagrange Multiplier-Lagrange Çarpanı) testi, bir modele birim veya zaman etkilerinin dahil edilip edilmeyeceğini belirlemek için kullanılan başka bir istatistiksel yöntemdir. LM testi,

veriler için en uygun modeli belirlemek için genellikle F testi ve LR testi gibi diğer model seçme yöntemleriyle birlikte kullanılmaktadır.

LM testinde Birim ve Zamanı ölçen 2 test yapılmıştır.

a) LM testi Birim etkinin varlığı

Testin Hipotezi:

H_0 : Birim etki yoktur (Klasik Modeldir veya Zaman etkili modeldir)

H_1 : Birim etki vardır (Klasik Model değildir)

Tablo 18`de LM testinin Birim etkini sınaması verilmiştir.

	LM testi Birim etki
	Olasılık Değeri
Çift Taraflı Alternatif Hipotez	0.000
Otokorelasyona Karşı Dirençli LM (Çift)	0.000
Tek Taraflı Alternatif Hipotez	0.000
Otokorelasyona Karşı Dirençli LM (Tek)	0.000

Tablo 18 LM testi Birim etki

LM testi Birim etkinin sınanmasında Çift ve Tek taraflı Alternatif hipotezlerinin olasılık değerinin 0.05`ten küçük olduğu görülmüştür. LM testine göre Birim etkinin olduğu gözlemlenmiştir. H_0 hipotezi reddedilmiştir, model klasik model değildir, modelde Birim etki vardır.

b) LM testi Zaman etkinin varlığı

Testin Hipotezi:

H_0 : Zaman etki yoktur

H_1 : Zaman etki vardır

Tablo 19`da LM testinin Zaman etkini sınaması verilmiştir.

LM testi Zaman etki	
chi2(1)	0.00
Olasılık Değeri	1.00

Tablo 19 LM testi Zaman etki

LM testi Zaman etkinin sınanmasında olasılık değerinin 0.05`ten büyük olduğu görülmüştür. LM testine göre Zaman etkinin olmadığı gözlemlenmiştir. H0 hipotezi kabul edilmiştir, modelde Zaman etki yoktur.

Tablo 20`de 3 testin(LR,F ve LM testleri) genel sonucu verilmiştir.

F ve LR testine göre her 2 etki vardır. LM testine göre ise Zaman etkisi yoktur. Bundan dolayı modelde birim etkinin olduğu gözlemlenmektedir. Bu yüzden modele birim etkilerle devam edilmiştir.

	F Testi	LR Testi	LM Testi
Birim veya Zaman	+	+	+
Birim	+	+	+
Zaman	+	+	-

Tablo 20 Birim ve Zaman etkileri testlerin geneli

Modelde birim etkinin varlığını belirledikten sonra, modelin tesadüfi veya sabit etkilerle devam edebilmesi için Hausman testi ile seçim yapılmıştır.

3.2.2.4. Hausman testi

Hausman testi, bir panel veri modelinde sabit etkilerin mi yoksa rastgele etkilerin mi kullanılacağını belirlemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Test, adını ekonomist Jerry A. Hausman`dan (1978) almıştır ve ekonometride popüler bir yöntemdir.

Sabit etkiler modeli, bireye özgü etkilerin değişkenlerle korelasyonsuz(bağılantısız) olduğunu varsayarken, rastgele etkiler modeli, bireye özgü etkilerin değişkenlerle korele(bağılantılı) olduğunu varsaymaktadır. Başka bir deyişle, sabit etkiler modeli, gözlemlenmemiş heterojenliğin(farklılığın) bireye özgü etkiler tarafından yakalandığını varsayarken, rastgele etkiler modeli, gözlemlenmemiş heterojenliğin rastgele bir hata terimi tarafından yakalandığını varsaymaktadır. Hausman testi, sabit etkiler modeli ile rastgele etkiler modeli tarafından tahmin edilen katsayılar arasındaki farkı karşılaştırmaktadır. Test istatistiği, iki katsayı seti arasındaki fark alınarak ve varyanslarındaki farkın tersi ile çarpılarak

hesaplanmaktadır. Test istatistiği, iki model arasında farklılık gösteren katsayı sayısına eşit serbestlik dereceli ki-kare dağılımını izlemektedir (Tatoğlu, 2020).

Test istatistiğinin istatistiksel olarak anlamlı olması, rastgele etkiler modelinin tutarsız olduğunu ve sabit etkiler modelinin kullanılması gerektiğini göstermektedir. Tersine, test istatistiğinin istatistiksel olarak anlamlı olmaması, rastgele etkiler modelinin tutarlı olduğunu ve rastgele etkiler modelini kullanmanın daha uygun olabileceğini göstermektedir.

Test hipotezi:

H_0 : Model Sabit etkilidir ($\text{prob} < 0.05$)

H_1 : Model Tesadüfi etkilidir ($\text{prob} > 0.05$)

Sabit ve Tesadüfi Etkiler arasında tercih Hausman Testi	
Chi2(3)	41.78
Olasılık	0.0000

Tablo 21 Hausman testi

Tablo 21`de Hausman test sonucuna göre olasılık değeri 0.05 anlamlılık düzeyinden küçük olduğu için H_0 hipotezi kabul edilmiş ve Sabit Etkiler modeli tercih edilmiştir.

Testin daha da güvenli olması için Dirençli Hausman Testi uygulanmıştır.

Dirençli Hausman testi, Hausman testinden farklı olarak, hataların normallik, otokorelasyon ve homoskedastisite varsayımlarının yerine getirilmediği durumlarda da kullanılabilir. Ayrıca, veri setindeki dışsal faktörlerin değişmesi veya örneklemdaki yüksek korelasyon gibi durumlarda daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, Dirençli Hausman testi, Hausman testine göre daha hassas ve güvenilir bir sonuç elde etmek için kullanılan bir yöntemdir.

Dirençli Hausman Testi	
Chi2(5)	24.87
Olasılık	0.0000

Tablo 22 Dirençli Hausman testi

Dirençli Hausman testine göre de H_0 hipotezi kabul edilmiş ve Sabit etkiler çıkmıştır.

Tablo 23`te Sabit Etkili Modelin çıktısı verilmiştir.

LGDP	Katsayı	Standart Hata	t	Olasılık değeri	[95% güven aralığı]	
LREN	0.620078	0.0657968	9.42	0.00	0.489848	0.750308
LCO2	1.559647	0.2654313	5.88	0.00	1.034284	2.085009
LINF	-0.274818	0.0438767	-6.26	0.00	-0.36166	-0.18797
Sabit	22.07954	0.6922395	31.9	0.00	20.70941	23.44968

Tablo 23 Sabit Etkiler Modeli

Tablo 23`e baktığımız zaman Sabit etkili modelin tüm değişkenlerinin anlamlı olduğunu görmekteyiz.

Modelin Sabit etkili model olduğuna emin olduktan sonra modelde Normal Dağılım, Homoskedastisite, Otokorelasyon, Birimler arası Korelasyon varsayımları denenmektedir.

3.2.2.5. Normal dağılım testi

Normallik testi, belirli bir veri setinin normal dağılıma uyup uymadığını kontrol etmek için kullanılan istatistiksel bir testtir. Normallik, t testleri, ANOVA ve regresyon analizi dahil olmak üzere birçok istatistiksel testte önemli bir varsayımdır ve bu varsayımın ihlal edilmesi hatalı sonuçlara yol açabilmektedir (Gujarati & Porter, 2009, s. 816).

Hata terimlerinin normal dağılıp dağılmadığını görmek için Jarque Bera (1987) Normal dağılım testi uygulanmıştır.

Testin hipotezi:

H0: Hata terimleri normal dağılmaktadır

H1: Hata terimleri normal dağılmamaktadır.

Jarque Bera Normal dağılım testi	
Chi(2)	5.807
Normal Dağılım Olasılık Değeri	0.054

Tablo 24 Jarque Bera normal dağılım testi

Jarque Bera normal dağılım testinin olasılık değeri 0.05`ten büyük olduğu için H_0 hipotezi kabul edilmekte ve modelin hata terimlerinin normal dağıldığı varsayılmaktadır.

3.2.2.6. Heteroskedastisite testi

Heteroskedastisite(Değişken varyans), istatistikte, bir regresyon modelindeki hataların varyansının, bağımsız değişkenlerin tüm düzeylerinde sabit olmadığı bir durumu tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Homoskedastisite(Eş varyans) varsayımının bu ihlali, regresyon katsayılarının yanlış ve tutarsız tahminlerine yol açabilmektedir (Gujarati & Porter, 2009, s. 365).

Modelde heteroskedastisitenin var olup olmadığı Düzeltilmiş Wald testi ile denenmiştir.

Testin Hipotezi:

H_0 : birimlere göre varyanslar homoskedastiktir

H_1 : birimlere göre varyanslar heteroskedastiktir

Düzeltilmiş Wald Testi(Heteroskedastisite)	
Chi2(3)	158.78
Olasılık	0.0000

Tablo 25 Düzeltilmiş Wald heteroskedastisite testi

Tablo 25`te Düzeltilmiş Wald heteroskedastisite testi sonuçları verilmiştir. Olasılık değeri 0.05`ten küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmiş ve modelde heteroskedasitenin olduğu söylenmektedir.

3.2.2.7. Otokorelasyon testi

Seri korelasyon olarak da bilinen otokorelasyon, bir regresyon modelindeki hataların veya artıkların zaman içinde ilişkili olduğu bir durumu ifade etmektedir. Panel verilerdeki otokorelasyon, tüm varlıkları etkileyen ortak şoklar veya varlıklar arasındaki dinamik karşılıklı bağımlılıklar gibi bir dizi nedenden dolayı ortaya çıkabilmektedir. Otokorelasyon, regresyon katsayılarının yanlış ve tutarsız tahminlerine yol açabilmekte ve istatistiksel testlerin etkinliğini ve güvenilirliğini de

etkileyebilmektedir. Bu nedenle panel veri analizinde otokorelasyonun tespit edilmesi ve düzeltilmesi önemlidir (Gujarati & Porter, 2009, s. 412).

Modelde otokorelasyonun varlığını sınamak için Bhargava, Durbin-Watson, Baltagi-Wu (1982; 1999) testleri denenmiştir.

Testin Hipotezi:

H_0 :Otokorelasyon yoktur (Değerler 2`den büyüktür)

H_1 :Otokorelasyon vardır (Değerler 2`den küçüktür)

Bhargava, Durbin-Watson, Baltagi-Wu Otokorelasyon Testi	
Bhargava, Durbin-Watson test değeri	0.29060618
Baltagi-Wu test değeri	0.46033054

Tablo 26 Bhargava, Durbin-Watson, Baltagi-Wu Otokorelasyon testi

Otokorelasyon testinin sonuçlarına göre değerler 2`den küçük çıkmıştır. H_0 hipotezi reddedilmiştir, otokorelasyon bulunmaktadır.

3.2.2.8. Birimler arası korelasyon testi

Birimler arası korelasyon sorunu, farklı ölçeklerde ölçülen iki değişken arasındaki ilişkinin yanlış yorumlanması veya hatalı bir şekilde ölçülmesiyle ilgilidir. Bu sorun, iki değişken arasındaki korelasyon katsayısının yanlış yorumlanmasına neden olabilmektedir. Örneğin, iki değişken arasındaki korelasyon katsayısı pozitif olarak yüksekse, bu genellikle iki değişken arasında güçlü bir ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Ancak, bu ilişki, birbirinden farklı ölçeklerde ölçülen iki değişken arasında olduğunda yanlış anlaşılabilir. Örneğin, bir ülkedeki doğal afetlerin sayısı ile o ülkedeki insan nüfusu arasındaki korelasyon pozitif olarak yüksek olabilmektedir, ancak bu, doğal afetlerin artması ile nüfusun artması arasında bir nedensellik ilişkisi olduğu anlamına gelmemektedir (Gujarati & Porter, 2009; Tatoğlu, 2020).

Birimler Arası Korelasyon Breusch-Pagan (1980) LM testi ile sınanmıştır.

Testin Hipotezi:

H_0 :Birimler arası korelasyon yoktur

H_1 : Birimler arası korelasyon vardır

Breusch-Pagan LM Otokorelasyon Testi	
chi2(6)	30.467
Olasılık	0.000

Tablo 27 Breusch-Pagan Otokorelasyon testi

Tablo 27.'de verilmiş Breusch-Pagan LM Otokorelasyon testinin sonuçlarına göre olasılık değerinin 0.05 anlamlılık düzeyinden küçük olduğu tespit edilmiştir. H_0 hipotezi reddedilmiştir, Birimler arası korelasyon söz konusudur.

Testlerin genel sonuçlarına göre Modelde hata terimleri normal dağılmıştır, Heteroskedastisite vardır, Otokorelasyon vardır ve Birimler arası korelasyon vardır. Modelin tahmin edilmesinde heteroskedastisitenin ve otokorelasyonun aynı anda olmasına izin veren Driscoll-Kraay Tahmincisi kullanılmıştır.

3.2.2.9. Driscoll-Kraay tahmincisi

Driscoll-Kraay (1998) tahmincisi, verilerde heteroskedastisite ve otokorelasyon olduğu durumlarda regresyon katsayılarının varyans-kovaryans matrisini tahmin etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu tahmin edici, regresyon modelinin hatalarındaki otokorelasyon ve heteroskedastisiteyi hesaba katmak için regresyon katsayılarının standart hatalarını ayarlamak üzere tasarlanmış bir Newey-West tahmincisi türüdür (Tatoğlu, 2020).

Driscoll-Kraay tahmincisi, regresyonun farklı gecikmelerinden kalan artıkların çarpımının ağırlıklı ortalamasını kullanma fikrine dayanmaktadır. Adını, bu tahmin aracını 1998 tarihli makalesinde tanıtan James C. Driscoll ve Robert Kraay'dan (1998) almıştır.

Driscoll-Kraay tahmincisi hipotezi:

H_0 : regresyon katsayıları sıfıra eşittir

H_1 : regresyon katsayıları sıfırdan farklıdır

LGDP	Katsayı	Standart Hata	z	Olasılık değeri	[95% güven aralığı]	
LREN	0.6200	0.05142	12.06	0.000	0.5153	0.72483
LCO2	1.5596	0.32358	4.82	0.000	0.9005	2.2187
LINF	-0.2748	0.07663	-3.59	0.001	-0.430	-0.11872
Sabit	22.079	0.80511	27.42	0.000	20.439	23.719

Tablo 28 Driscoll-Kraay Tahmincisi

Driscoll-Kraay Tahmincisine göre tüm değişkenler 0.05 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Enflasyon negatif çıkmıştır, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve CO2 Emisyonu ise pozitif çıkmıştır. Nihai tablonun yorumu:

- Yenilenebilir Enerji Tüketimindeki %1'lik artış Gayri Safi Yurtiçi Hasılayı %0.62 arttıracaktır
- Co2 emisyonundaki %1'lik artış Gayri Safi Yurtiçi Hasılayı %1.55 arttıracaktır
- Enflasyondaki %1'lik artış Gayri Safi Yurtiçi Hasılayı %0.27 azaltacaktır

Değişkenlerin bu davranışı hakkında iktisadi yorumu “Bulguların Değerlendirilmesi ve Politika Önerisi” kısmında verilmiştir.

3.2.3. Bulguların değerlendirilmesi ve politika önerileri

Nihai modelde yenilenebilir enerjinin, CO2'nin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği görülmekteyken, enflasyon oranının ekonomik büyümeye negatif etkilediği görülmektedir.

Araştırmanın amacına uygun olarak yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeye pozitif etki ettiği bulunmuştur. Fakat buradaki sorun CO2'nin ekonomik büyümeye yol açması olmuştur. Benelüks ülkeleri ve Türkiye sürdürülebilir ekonomi ve yenilenebilir enerji ekonomisine geçiş aşamasında oldukları için kısa vadeli olarak CO2 bağlı endüstriler ekonomik büyüme yaratma eğilimindedir. Kısa vadede artan CO2 emisyonları, mal ve hizmetlerin artan üretimi ve tüketimi gibi kısa vadede artan ekonomik faaliyetlere yol açabilmektedir. Fakat uzun vadede bu etkinin pozitiften negatife doğru değişeceği beklenmektedir. Bu negatif etkiler arasında aşırı hava

olaylarının sıklığı ve şiddetinin artması, deniz seviyelerinin yükselmesi ve uzun vadede ekonomik büyüme üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilen tarımsal üretkenliğin azalması sayılabilmektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimini artırmak, CO2 emisyonlarını azaltmak ve enflasyonu düşürmek için politika önerileri:

a) Yenilenebilir Enerji Teşvikleri

- Güneş panelleri, rüzgâr türbinleri ve jeotermal sistemler gibi yenilenebilir enerji sistemleri kuran haneler ve işletmeler için vergi kredileri, indirimler ve diğer mali teşviklerin uygulanması.
- Temiz enerji teknolojilerinin araştırılması ve geliştirilmesi için hibeler ve düşük faizli kredilerin sağlanması.
- Enerji üretiminin belirli bir yüzdesinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasını zorunlu kılmak ve bu yüzdenin zaman içinde arttırılması.
- Elektrikli araç şarj altyapısının konuşlandırılmasını desteklemek için devlet tarafından yürütülen bir programın oluşturulması.

b) Karbon Fiyatlandırması ve Yönetmeliği

- İşletmeleri karbon emisyonlarını azaltmaya teşvik etmek için karbon vergisi veya üst sınır gibi bir karbon fiyatlandırma sisteminin oluşturulması.
- Kömür yakıtlı elektrik santrallerine ilişkin sınırlar ve petrol ve gaz operasyonlarından kaynaklanan metan emisyonlarına ilişkin kısıtlamalar dahil olmak üzere, enerji sektöründeki sera gazı emisyonlarını azaltmak için yönetmeliklerin ve standartların oluşturulması.

c) Enflasyon Kontrol Tedbirleri

- Para politikasını sıkılaştırmak ve hükümet harcamalarını azaltmak da dahil olmak üzere enflasyonu kontrol altına almak için önlemlerin alınması.
- Arzı artırmak ve fiyatları düşürmek için tarım ve imalat gibi kilit sektörlerde rekabetin teşvik edilmesi.

- Ekonomik göstergeler ve politikalar konusunda kamuoyu ile şeffaflığı ve bilgi paylaşımını artırmak.



SONUÇ

Devletler, ekonomik büyüme ve ilerleme amacıyla üretken ekonomik faaliyetleri yönlendirmektedirler. Bu faaliyetlerin ekonomik genişlemeyi kolaylaştırmadaki etkinliği, enerji kullanımının yanı sıra uygun hammaddelerin seçimine de bağlı olmaktadır. Enerji, ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından kritik bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Dış enerji kaynaklarına bağımlılığın azaltılması, bir ülkenin ekonomik hedeflerine ulaşma sürecinde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Enerji kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, ülkelerin endüstriyel üretkenliklerini artırabilmekte ve ekonomik büyüme potansiyellerini optimize edebilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, çevre dostu ve uzun vadeli enerji güvenliği sağlayabilecek bir yol olarak öne çıkmaktadır. Bu kaynakların stratejik bir şekilde yönetilmesi, ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etki yapabilmektedir.

Dış enerji kaynaklarına bağımlı olmayan ülkeler, enerji arzlarını daha iyi kontrol edebilmekte ve enerji fiyat dalgalanmalarının etkilerini minimize edebilmektedirler. Bu durum, ekonomik istikrarı artırmakta ve uzun vadeli planlamaların daha tutarlı bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, enerji üretiminde bağımsızlık, enerji güvenliği konusunda daha sağlam bir temel oluşturmaktadır. Bu bağlamda, enerji kaynaklarının etkin yönetimi ve dışa bağımlılığın azaltılması, devletlerin ekonomik performanslarını artırabilir ve rekabet avantajı elde etmelerine yardımcı olabilmektedir. Ekonomik büyüme, sürdürülebilir kalkınma ve enerji güvenliği arasındaki dengeyi sağlamak için devletlerin stratejik planlama ve politika oluşturma süreçlerine öncelik vermesi önemlidir. Bu sayede, enerji kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde kullanılması, ülkelerin ekonomik hedeflerine daha etkili bir şekilde ulaşmalarına olanak tanıyabilmektedir.

Teknolojinin ilerlemesi ve artan küresel nüfus, artan üretim ihtiyacının artmasıyla sonuçlanmış ve buna bağlı olarak enerji tüketiminde artışa yol açmıştır. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için petrol, doğal gaz ve kömür gibi yenilenemeyen fosil yakıt kaynaklarına büyük bir güven duyulmaktadır. Bununla birlikte, dünya çapındaki farklı dağılımlarının bir sonucu olarak, bu sınırlı kaynaklar, sanayileşmekte

olan ulusların enerjiye bağımlı hale gelmesine neden olmuştur. Enerji kaynaklarına bağımlılık, harcamaların artmasına neden olmakta ve büyüme hedeflerine ulaşılmasını engellemektedir. Sonuç olarak, bu sürecin, küresel ısınmanın şiddetlenmesi ve iklim modellerindeki değişiklikler de dahil olmak üzere çevre için önemli etkileri bulunmaktadır. Çevrenin bozulması sonucu doğal dengenin bozulması, üretim için gerekli olan temel kaynakları da azaltmaktadır. Fosil yakıtların doğası gereği sınırlı kaynaklar olduğu göz önüne alındığında, nihai tükenmeleri kaçınılmaz bir sonuçtur.

Fosil yakıtların sınırlı mevcudiyetine ek olarak, çevre kirliliği sorunu ekonomi odaklı hükümetleri diğer enerji kaynaklarını araştırmaya sevk etmiştir. Yenilenebilir enerji, doğal çevreyle sürdürülebilir bir arada bulunmaları, yerel mevcudiyetleri ve çevre dostu nitelikleri ile ayırt edilen bir yanıt olarak gelişmiştir. Rüzgâr, güneş, hidro, jeotermal ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları, herhangi bir ülkede iç kullanım için uygun hale getiren doğal yerel özelliklere sahiptir. Bu özellik, yalnızca enerji arzının istikrarını garanti etmekle kalmaz, aynı zamanda diğer ülkelerden gelen enerji kaynaklarına olan bağımlılığı da azaltmaktadır. Ayrıca bu enerji kaynaklarının önemli bir özelliğinin de CO₂ salınımı yapmamaları ve çevreye zarar vermemeleri dikkat çekmektedir. Sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma hedeflerine ulaşılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının sınırsız olması büyük önem taşımaktadır.

Bu araştırma, Benelüks ülkeleri ve Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonları, enflasyon ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi araştırmak için panel veri yöntemini kullanmıştır. Analiz, incelenen ülkeler için 1990'dan 2022'ye kadar olan verileri kapsamıştır. Verilerin tutarlılığını ve analize uygunluğunu sağlamak için analiz öncesinde logaritmik dönüşümler uygulanmıştır. İlk inceleme aşaması tanımlayıcı istatistikleri kapsamaktadır. Veri kümesindeki potansiyel çoklu bağlantı sorunlarını değerlendirmek için varyans enflasyon faktörü (VIF) testi kullanılmıştır. Daha sonra modelin birim veya zaman etkili model olduğunu bulmak için F, LR ve LM testleri değerlendirilmiştir. Hausman testi yardımıyla modelin birim sabit etkili model olduğu doğrulanmıştır. Çalışmada, veri setini, heteroskedastisite, otokorelasyon, birimler arası korelasyon ve normal dağılım dahil olmak üzere etkinliği bozabilecek varsayımların testleriyle devam edilmiştir. Son olarak, modelde heteroskedastisite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyona izin veren Driscoll-

Kraay tahmincisi kullanılmıştır. Nihai modele göre, yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonları ve ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik bir artış, ekonomik büyümede %0,62'lik bir artışa karşılık gelirken, CO2 emisyonlarındaki %1'lik bir artış, ekonomik büyümede %1,55'lik bir artış sağlamıştır. Buna karşılık, enflasyon oranındaki %1'lik bir artış, ekonomik büyümede %0,27'lik bir düşüşe yol açmıştır.

Devletlerin arzu ettikleri ekonomik büyümeyi sağlamada enerji kaynaklarının çok önemli bir rol oynadığı açıktır. Enerji kaynaklarının etkin ve ihtiyatlı kullanımı, hükümetlerin ekonomik hedeflerine ulaşmaları için çok önemli hale gelmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için, ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönelmeli, böylece enerjide dışa bağımlılığı azaltma ve çevresel zorlukları hafifletme gibi iki yönlü sonuçlara ulaşmalıdır. Ayrıca, yenilenebilir enerjilerle ilişkili karbon emisyonlarının olmaması, çok çeşitli çevresel endişeleri etkili bir şekilde azaltmakta ve böylece çevresel sürdürülebilirliği desteklemedeki rollerini sağlamlaştırmaktadır. Sonuç olarak, yenilenebilir enerjiler ve çevre koruma arasındaki bu karşılıklı bağlantı, kalıcı ekonomik istikrarın temelini oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Adelman, I. (1961). *Theories of Economic Growth and Development*. Stanford: Stanford University Press.
- Adewuyi, A., & Awodumi, O. (2017). Renewable and non-renewable energy-growth-emissions linkages: Review of emerging trends with policy implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69(C), 275-291.
- Adıgüzel, G. (2018). Avrupa Birliği'nin Yenilenebilir Enerji Dinamikleri ve Türkiye'nin Uyumu. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akashie, E. (2022). Advantages and Disadvantages of hydroelectric energy. *ResearchGate*. doi:10.13140/RG.2.2.31028.94081
- Akbar, M., & Ammar, H. (2020). The dynamic association between healthcare spending, CO2 emissions, and human development index in OECD countries: evidence from panel VAR model. *Environment, Development and Sustainability Journal*, 23(7), 1470-1489.
- Alkin, E. (1987). *Gelir ve Büyüme Teorisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Altınöz, B. (2021). The Effect Of Renewable And Fossil Fuel Energy Consumption On Total Factor Productivity In G20 Countries. *Journal of Research in Economics, Politics & Finance*, 6, 54-64.
- Anderson, A., & Mary, B. (1965). Education and Economic Development. (S. Lawrence, Dü.) *American Journal of Agricultural Economics*, 48(3), 761-762.
- Antonia, H., Timothy, L., & Daniel, K. (2001). *Renewable Energy Sources*. Berkeley, California: Encyclopedia of Life Support Systems.
- Apunda, M., & Nyangoye, B. (2017). Challenges And Opportunities Of Wind Energy Technology. *International Journal of Development Research*, 14174-14177.
- Ashok, S. (2022, Ağustos 20). *Solar Energy*. Ekim 8, 2022 tarihinde Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/science/solar-energy> adresinden alındı
- Askari, M., & Mirhabibi, M. (2015). Hydroelectric Energy Advantages and Disadvantages. *American Journal of Energy Science*, 2(2), 17-20.
- Ayee, G., & Lowe, M. (2009). Wind Power: Generating Electricity and Employment. G. Gereffi içinde, *Manufacturing Climate Solutions Carbon-Reducing Technologies and U.S. Jobs*. Center On Globalization Governance and Competitiveness.
- Baltagi, B., & Wu, P. (1999). *Unequally Spaced Panel Data Regressions With Ar(1) Disturbances* (Cilt 15). Cambridge: Cambridge University.

- Banton, C. (2020, Kasım 21). *What Is the Neoclassical Growth Theory, and What Does It Predict?* Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/n/neoclassical-growth-theory.asp> adresinden alındı
- Banton, C. (27 Nisan 2022 g.). *Current Account Deficit: What It Is, Structural & Cyclical Causes*. Получено 13 Mart 2023 г., из Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/c/currentaccountdeficit.asp>
- Barstow, S., Mork, G., Mollison, D., & Cruz, J. (2008). The Wave Energy Resource. J. Cruz içinde, *Ocean Wave Energy* (s. 93-132). Berlin: Heidelberg.
- Bastiat, F. (1850). *ECONOMIC HARMONIES*. (G. Huszar, Dü.) New York: Foundation of Economic Education Irvington-on Hudson.
- Batel, S., Devine-Wright, P., & Tangeland, T. (2013). Social acceptance of low carbon energy and associated infrastructures: A critical discussion. *Energy Policy*, 58, 1-5.
- Becker, G. (1962). Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis. *Journal of Political Economy*, 70, 9-49.
- Beça, P., & Santos, R. (2010). Measuring sustainable welfare: A new approach to the ISEW. *Ecological Economics*, 69(4), 810-819.
- Benson, T. (2019, Ekim 31). *Renewable energy could save us trillions in health costs*. Mart 14, 2023 tarihinde Inverse: <https://www.inverse.com/article/60573-renewable-energy-health-disease-windmill-cancer> adresinden alındı
- Berber, M. (2006). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma* (Cilt 3). Trabzon: Derya Kitabevi.
- Berber, M. (2006). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma* (Cilt 3). Trabzon: Derya Kitabevi.
- Bhargava, A., Franzini, A., & Narendranathan, W. (1982). Serial Correlation and the Fixed Effects Model. *The Review of Economic Studies*, 49(4), 533-549.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Öztürk, İ., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162, 733-741.
- Bhuiyan, M. A., Zhang, Q., Khare, V., Mikhaylov, A., Pinter, G., & Huang, X. (2022). Renewable Energy Consumption and Economic Growth Nexus—A Systematic Literature Review. *Frontiers in Environmental Science*. doi:10.3389/fenvs.2022.878394
- Bildirici, M., & Kayıkçı, F. (2022). Renewable energy and current account balance nexus. *Environmental Science and Pollution Research*, 759-768.
- Billington, D., & Jackson, D. C. (2006). *Big dams of the New Deal era: A confluence of engineering and politics*. University of Oklahoma Press.
- Blaug, M. (1962). *Economic Theory in Retrospect* (Cilt 2). Illinois: Richard D. Irwing Inc.
- Bohdanowicz, P., & Kalhauge, A. (2001, Ocak). *Renewable energy for sustainable tourism*. Mart 13, 2023 tarihinde ResearchGate:

- https://www.researchgate.net/publication/229021506_Renewable_energy_for_sustainable_tourism adresinden alındı
- (2022). *BP Statistical Review of World Energy 71st edition*. The British Petroleum Company.
- Breusch, T., & Pagan, A. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Brown University. (2008, Nisan 2). *The AK Model*. Mart 14, 2023 tarihinde Brown University: https://www.brown.edu/Departments/Economics/Faculty/Peter_Howitt/2070-2015/Aghion_Howitt_Ch2-AK.pdf adresinden alındı
- (1987). *Brundtland Report*. New York: Brundtland Commission.
- Butter, F. (2006). A neo-classical economics view on technological transitions. X. Olsthoorn, & A. Wieczorek içinde, *Understanding Industrial Transformation: Views from Different Disciplines* (s. 141-162). Dordrecht: Springer.
- Cameron, R. (1993). *A Concise Economic History of the World: From Paleolithic Times to the Present*. Oxford: Oxford University Press.
- Cannan, E. (1892). The Origin of the Law of Diminishing Returns, 1813-15. *The Economic Journal*, 2(5), 53-69.
- Cascajo, R., Garcia, E., & Quiles, E. (2019). Integration of Marine Wave Energy Converters into Seaports: A Case Study in the Port of Valencia. *Energies*, 12(5), 1-24.
- Cengage. (2018, Mayıs 14). Geothermal Energy. Ekim 7, 2022 tarihinde <https://www.encyclopedia.com/science-and-technology/technology/technology-terms-and-concepts/geothermal-energy> adresinden alındı
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2020, Mayıs 29). *Verbruik hernieuwbare energie met 16 procent gegroeid*. Ocak 13, 2023 tarihinde CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/22/verbruik-hernieuwbare-energie-met-16-procent-gegroeid> adresinden alındı
- Cesaratto, S. (1999). Savings and economic growth in neoclassical theory. *Cambridge Journal of Economics*, 771-793.
- Chaaboun, S., & Saidi, K. (2017). The dynamic links between carbon dioxide (CO2) emissions, health spending and GDP growth: A case study for 51 countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 158, 137-144.
- Chala, K. (2014). The advantages and disadvantages of geothermal energy. *Education and Science*, (s. 47-49). Prag.
- Charfeddine, L., & Khediri, K. B. (2015). Financial development and environmental quality in UAE: Cointegration with structural breaks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Chen, J., Su, F., Jain, V., Salman, A., Tabash, M., Haddad, A., . . . Shabbir, M. S. (2022). Does Renewable Energy Matter to Achieve Sustainable Development Goals? The Impact

- of Renewable Energy Strategies on Sustainable Economic Growth. *Frontiers in Energy Research*. doi:10.3389/fenrg.2022.829252
- Coleman, J. (1988). Social Capital in the Creation of Human Capital. *American Journal of Sociology*, 94, 95-120.
- Csányi, L., Krištof, V., & Kušnir, S. (2010). Geothermal Energy. *Intensive Programme "Renewable Energy Sources"*, 21-25.
- Deloitte Corporation. (2015). *European energy market reform Country profile: Belgium*. Ocak 13, 2023 tarihinde Deloitte: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-er-market-reform-belgium.pdf> adresinden alındı
- Dikmen, N. (2006). Eğitim ve Ekonomik Büyüme: Solow-Swan Modeli. *Öneri Dergisi*, 7(25), 199-207.
- Doğan, E., & Şeker, F. (2016). Determinants of CO2 emissions in the European Union: The role of renewable and non-renewable energy. *Renewable Energy*, 94, 429-439.
- Driscoll, J., & Kraay, A. (1998). Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data. *The Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549-560.
- Dutt, A. K. (2010). Keynesian Growth Theory in the 21st Century. *International Papers in Political Economy Series*, 39-80.
- Energy Information Administration. (2009). . *International Energy Outlook 2009*. <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/international%20energy%20outlook.pdf> adresinden alındı
- (2017). *Energy Technology Perspectives*. Paris: International Energy Agency.
- Energypedia. (2016). *Advantages and Disadvantages of Biomass*. Energypedia: https://energypedia.info/wiki/Advantages_and_Disadvantages_of_Biomass adresinden alındı
- Erdoğan, M. (2014). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Termodinamik Analiz Yöntemi ile İncelenerek, Yenilenebilir Enerji Kullanımının Gelecek Projeksiyonlarının Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- European Commission. (2022). *Renewable energy directive*. Mart 15, 2023 tarihinde European Commission: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en adresinden alındı
- Eurostat. (2009). *The Environmental Goods and Services Sector*. Eurostat.
- Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5120-5128.
- Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2020). *Renewable energy sources in figures, National and International Development*. Berlin.

- Felluga, D. (2011). Modules on Marx: On the Stages of Economic Development. *Introductory Guide to Critical Theory*.
- Felluga, D. (2011). *Modules on Marx: On the Stages of Economic Development*. Purdue University:
<https://cla.purdue.edu/academic/english/theory/marxism/modules/marxstages.html> adresinden alındı
- Fotourehchi, Z. (2017). Renewable Energy Consumption and Economic Growth: A Case Study for Developing Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(2), 61-64.
- Freitas, M. (2022, Şubat 28). *The AK model*. Mart 14, 2023 tarihinde Universidade de Aveiro: <https://sweet.ua.pt/afreitas/growthbook/Part%20I/mlfchap5.pdf> adresinden alındı
- Gabr, M., & Mohamed, S. (2020). Energy Management Model to Minimize Fuel Consumption and Control Harmful Gas Emissions. *International Journal of Energy and Water Resources*, 453-463.
- (2015). *Global Sustainable Development Report*. New York: United Nations.
- Gökçü, A. T. (2021). *The Effect of Renewable Energy Resources on Economic Growth: A Case Study for Turkey*. Hacettepe University Graduate School of Social Sciences, Department of Economics. Ankara: Hacettepe University.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2009). *Basic Econometrics*. New York: Douglas Reiner.
- Güneş, H. (2009). İktisat Tarihi Açısından Nüfus Teorileri ve Politikaları. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(28), 126-138.
- Hahn, F. (2010). *Economic Growth*.
- Harrod, R. (1939). An essay in dynamic theory. *Economic Journal*, 49, 14-33.
- Hassoun, S. (2018). Studying Different Factors that May Impact the Emission of Dioxide Carbon and the Economic Growth in Algeria: Using SVAR Model. *Les cahiers de MECAS*, 71-82.
- Hassoun, S. (2020). Renewable Energy And Sustainable Development: Evidence From 17 OECD Countries. *International Journal of Economics, Business and Politics*, 41-60.
- Hauenstein, W., & Lafitte, R. (2012). *Impacts of dams in Switzerland*. In *Impacts of Large Dams: A Global Assessment*. Berlin: Springer.
- Hausman, J. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271.
- Haydar, S., & Mohsan, S. (2005). Nuclear Energy and the Environment. *UET Research Journal*, 16, 7-13.
- Hayes, M. (2006). *The Economics of Keynes: A New Guide to The General Theory*. Post Keynesian Economics Society (PKES).

- Hive Power. (2021, Aralık 6). *Renewable Energy in Belgium: What You Should Know*. Ocak 12, 2023 tarihinde Hive Power: <https://www.hivepower.tech/blog/renewable-energy-in-belgium-what-you-should-know> adresinden alındı
- Hort Innovation. (2022). *On farm power generation*. Mart 12, 2023 tarihinde Horticulture: <https://www.horticulture.com.au/globalassets/hort-innovation/resource-assets/vg13051-wind-power.pdf> adresinden alındı
- Hsiao, C. (1985). Benefits and limitations of panel data. *Econometric Reviews*, 4(1), 121-174.
- Hsiao, C. (2007). Panel Data Analysis — Advantages and Challenges. *Sociedad de Estadística e Investigación Operativa*, 1-63.
- Hunt, T. (2001). *Five Lectures On Environmental Effects Of Geothermal Utilization*. Reykjavik: United Nations University, Geothermal Training Programme.
- IAEA. (2000). *IAEA-Power Reactor Information System (PRIS)*. International Atomic Energy Agency.
- IEA. (2010). *World Energy Outlook 2010*. Paris: International Energy Agency of the Organisation of Economic Co-Operation and Development.
- IEA. (2019). *The Energy Progress Report 2019*. IEA.
- IEA. (2020). *World Energy Outlook 2020*. Paris: International Energy Agency of the Organisation of Economic Co-Operation and Development.
- Igwe, C. (2021). Geothermal Energy: A Review . *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 655-661.
- Imai, K., & Kim, I. S. (2019). When Should We Use Unit Fixed Effects Regression Models for Causal Inference with Longitudinal Data? *American Journal of Political Science*, 63(2), 467-490.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, 53, 58-63.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2012). *Special report on renewable energy sources and climate change mitigation*. Cambridge: Cambridge University Printing Press.
- International Energy Agency (IEA). (2015). *Key world energy statistics*. International Energy Agency (IEA). Eylül 24, 2022 tarihinde <https://www.iea.org/statistics/> adresinden alındı
- International Energy Agency. (2009). *World Energy Outlook*. Paris.
- International Energy Agency. (2020, Mart). *Luxembourg 2020 Energy Policy Review*. Ocak 13, 2023 tarihinde IEA: https://iea.blob.core.windows.net/assets/8875d562-756c-414c-bc7e-5fc115b1a38c/Luxembourg_2020_Energy_Policy_Review.pdf adresinden alındı
- International Energy Agency. (2021, Haziran 7). *Universal Access to Sustainable Energy Will Remain Elusive Without Addressing Inequalities*. Mart 14, 2023 tarihinde IEA:

- <https://www.iea.org/news/universal-access-to-sustainable-energy-will-remain-elusive-without-addressing-inequalities> adresinden alındı
- International Renewable Energy Agency. (2013). *Renewable Energy and Jobs*. Abu Dhabi.
- International Renewable Energy Agency. (2016). *Wind Power Technology Brief*. IEA-ETSAP & IRENA Technology.
- International Renewable Energy Agency. (2021, Ekim 21). *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2021*. International Labour Organization:
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_823807.pdf adresinden alındı
- International Renewable Energy Agency. (2022, Temmuz 13). *Renewables: Cheapest form of power*. Mart 14, 2023 tarihinde IRENA:
<https://www.irena.org/news/pressreleases/2022/Jul/Renewable-Power-Remains-Cost-Competitive-amid-Fossil-Fuel-Crisis> adresinden alındı
- IRENA. (2022, Eylül). *Scaling Up Renewables in Landlocked Developing Countries*. Mart 14, 2023 tarihinde IRENA:
<https://www.irena.org/publications/2022/Sep/Scaling-up-renewables-in-landlocked-developing-countries> adresinden alındı
- Irfan, M., Zhao, Z.-Y., Rehman, A., Ozturk, I., & Li, H. (2020). Consumers' intention-based influence factors of renewable energy adoption in Pakistan: a structural equation modeling approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 432-445.
- İskenderoğlu, Ö., & Akdağ, S. (2018). Avrupa Birliğine Üye Ve Aday Ülkelerde Yenilenemeyen Enerji, Yenilenebilir Enerji Ve Nükleer Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Turkish Studies Economics, Finance and Politics*, 13(30).
- Itagaki, Y. (1963). *Criticism Of Rostow's Stage Approach : The Concepts Of Stage, System And Type*. Wiley Online Library:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1746-1049.1963.tb01138.x> adresinden alındı
- Jarque, C., & Bera, A. (1987). A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. *International Statistical Review*, 55(2), 163-172.
- Jones, P., & Barr, A. (1996). Learning by doing in sub-Saharan Africa: Evidence from Ghana. *Journal of International Development*, 8(3), 445-466.
- Jukova, Y., & Lityakov, Y. (2017). Geothermal Energy: Pros And Cons. *Язык, Культура, История Международная Конференция Молодых Ученых, Аспирантов И Студентов* (s. 132-137). Ulyanovsk: ULSTU.
- Karaaslan, A., & Aydın, S. (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1351-1375.

- Kaya, N. E. (2021, Haziran 21). *Turkey's energy map becomes greener as renewables expand countrywide*. Anadolu Ajans: <https://www.aa.com.tr/en/economy/turkeys-energy-map-becomes-greener-as-renewables-expand-countrywide/2280523#> adresinden alındı
- Kazgan, G. (1991). *İktisadi Düşünce ve Politik İktisadın Evrimi*. İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Kenton, W. (2023, Ocak 14). *Neoclassical Economics: What It Is and Why It's Important*. Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/n/neoclassical.asp> adresinden alındı
- Keynes, J. M. (1936). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. London: Macmillan.
- Klugmann-Radziemska, E. (2014). Environmental Impacts of Renewable Energy Technologies. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 104-109.
- Kotlikoff, L. (1998, Ağustos). *The AK Model Its Past, Present and Future*. Mart 14, 2023 tarihinde NBER: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w6684/w6684.pdf adresinden alındı
- Kuvlesky, W., Brennan, L., & Morrison, M. (2007). Wind Energy Development and Wildlife Conservation: Challenges and Opportunities. *The Journal of Wildlife Management*, 71(8), 2487-2498.
- Lacey, I. H. (2018). *Nuclear Energy in the 21st Century*. London: World Nuclear Association.
- Lakeh, H. (2022, Mayıs 20). *What Are the Advantages and Disadvantages of Renewable Energy?* Mart 14, 2023 tarihinde GreenMatch: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2021/09/advantages-and-disadvantages-of-renewable-energy> adresinden alındı
- Liberto, D. (2020, Aralık 30). *Endogenous Growth Theory: Definition, History, and Criticism*. Mart 13, 2023 tarihinde Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/e/endogenousgrowththeory.asp> adresinden alındı
- Liberto, D. (2021, Şubat 26). *What Is New Growth Theory? Definition, How It's Used, and Example*. Mart 13, 2023 tarihinde Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/n/new-growth-theory.asp> adresinden alındı
- Lu, W., Ridgwell, A., & Thomas, E. (2018). Late inception of a resiliently oxygenated upper ocean. *Science*.
- Macintosh, A., & Downie, C. (2006). Wind Farms The facts and the fallacies. *The Australia Institute*.
- Malthus, T. R. (1798). *An Essay on the Principle of Population*. London: St. Paul's Church-Yard.

- Manzella, A. (2017). Geothermal energy. *5th course of the MRS-EMRS "Materials for Energy and Sustainability" and 3rd course of the "EPS-SIF International School on Energy"* (s. 1-26). EPJ Web of Conferences.
- Marinaş, M.-C. (2018). Renewable energy consumption and economic growth. Causality relationship in Central and Eastern European countries. *PLoS One*.
- Marx, K., & Engels, F. (2001). *Introduction to a Critique of Political Economy*. (C. Arthur, Dü.) New York: International Publishers.
- Mcdonough, T. (2007). The Marxian Theory of Capitalist Stages. *Research in Political Economy*, 24, 241-280.
- McKendry, P. (2002). Energy production from biomass. *Bioresource Technology*, 83, 37-46.
- Meyer, I. (2016). Employment effects of renewable energy deployment. *International Journal of Sustainable Development*.
- Milieu Centraal. (2020). *Groene stroom*. Ocak 13, 2023 tarihinde Milieu Centraal: [https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/groene-stroom/adresinden alindi](https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/groene-stroom/adresinden%20alindi)
- Mincer, J. (1974). *Schooling, Experience, and Earnings*. New York: National Bureau of Economic Research.
- Mohammadi, H., Saghaian, S., & Gharibi, B. Z. (2023). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Its Impact on Economic Growth. *Sustainability*, 15(4).
- Moldan, B., Janouskova, S., & Hak, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, 4-13.
- Mukhtarov, S. (2022). The Relationship between Renewable Energy Consumption and Economic Growth in Azerbaijan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(1), 416-419.
- Netherlands Enterprise Agency. (2016, Aralık). *Statistics Electric Vehicles in the Netherlands*. Ocak 13, 2023 tarihinde Netherlands Enterprise Agency: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2017/10/Elektric%20vehicles-Special-Analysis%20over%202016%20ENG.pdf> adresinden alindi
- Neyman, J., & Pearson, E. (1928). On the use and interpretation of certain test criteria for purposes of statistical inference. *Biometrika*, 20A, 175-240.
- Ning, C.-Y., & Shun, H.-Y. (2021). The Influence of Learning by Doing Effect and the Accumulation of Human Capital on Economic Growth. *Open Journal of Social Sciences*, 9, 465-471.
- Nizic, M., & Grdic, Z. (2017). The Advantages and Disadvantages of Renewable Energy in the Tourist Destination. *Conference: 6 th International Scientific Symposium Economy of Eastern Croatia - Vision and Growth* (s. 634-646). Osijek: Energy Magament in Hotel Industry.

- Ntanos, S., Katsaraou, A., Skordoulis, M., Batzios, A., Kyriakopoulos, G., Galatsidas, S., . . . Arabatzis, G. (2018). Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from European Countries. *Sustainability*, 10(8).
- Odum, H. (1973). Energy, ecology, and economics. *Energy in Society: A Special Issue*, 2(6), 220-227.
- OECD. (2019). *Renewable Energy*. Ocak 13, 2023 tarihinde OECD Data: <https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm> adresinden alındı
- Orun, A. F. (2021). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımlarına Yönelik Teşvikler Ve Yenilenebilir Enerjinin Ekonomik Etkileri*. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Ana Bilim Dalı. Sivas: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi.
- Özer, M., & Çiftçi, N. (2009). Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri Ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 219-240.
- Özgüven, A. (1988). *İktisadi Büyüme İktisadi Kalkınma Sosyal Kalkınma Planlama ve Japon Kalkınması*. İstanbul: Filiz Yayınları.
- Özgüven, A. (1991). *İktisat Bilimine Giriş* (Cilt 6). İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Öztürk, İ., Turan, Z., Özsolak, B., Polat, M. A., & Aslan, A. (2022). Impact of fossil fuels and renewable energy consumption on economic growth in Paris Club Countries. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 14.
- Parasız, İ. (2003). *Ekonomik Büyüme Teorileri* (Cilt 2). Bursa: Ezgi Kitabevi.
- Perera, F. (2017). Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 1-17.
- Phelps, E. (1969). *The Goal of Economic Growth: An Introduction to a Current Issue of Public Policy*. W. W. Norton & Company.
- Philibert, C. (2017). *Renewable Energy for Industry*. Paris: International Energy Agency.
- Piętak, Ł. (2014). Review of theories and models of economic growth. *Comparative Economic Research*, 17(1), 45-60.
- Presidency of The Republic of Türkiye Investment Office. (2019, Eylül 1). *Guide To Investing In Turkish Renewable Energy Sector*. [invest.gov.tr: https://www.invest.gov.tr/en/sectors/pages/energy.aspx](https://www.invest.gov.tr/en/sectors/pages/energy.aspx) adresinden alındı
- Proudhon, P.-J. (1847). *The System of Economic Contradictions*. (B. Tucker, Çev.) Paris.
- Qaisar, A., & Zafar, N. (2002). Endogenous Growth and Human Capital: A Comparative Study of Pakistan and Sri Lanka. *The Pakistan Development Review*, 40(4), 987-1007.
- Rahman, M. (2018). Validity of Malthusian Theory of Population in 20th Century in Terms of Using Scientific Technology to the Economic Growth and Strength. *International Journal of Tax Economics and Management*, 1(1), 13-21.

- Rahman, S., Mahmud, N., Rahman, M., Hussain, Y., & Ali, S. (2013). Overview of Biomass Energy. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2(11), 379-385.
- Rahman, S., Shahari, F., Rahman, M., & Noman, A. (2017). The interdependent relationship between sectoral productivity and disaggregated energy consumption in Malaysia: Markov Switching approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 752-759.
- Rath, B., Akram, V., Bal, D., & Mahalik, M. (2019). Do fossil fuel and renewable energy consumption affect total factor productivity growth? Evidence from cross-country data with policy insights. *Energy Policy*, 127, 186-199.
- Rebelo, S. (1991). Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500-521.
- RECAI. (2020). *Renewable Energy Country Attractiveness Index*. EY Company. Eylül 24, 2022 tarihinde https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/power-and-utilities/ey-recai-56-country-index.pdf adresinden alındı
- Republic of Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources. (2023, Şubat 17). *Electricity*. [enerji.gov.tr: https://enerji.gov.tr/infobank-energy-electricity#:~:text=The%20shares%20of%20resources%20in,T%C3%BCrkiye%20has%20reached%20104%2C038%20MW](https://enerji.gov.tr/infobank-energy-electricity#:~:text=The%20shares%20of%20resources%20in,T%C3%BCrkiye%20has%20reached%20104%2C038%20MW). adresinden alındı
- Ricardo, D. (2008). *Siyasal İktisadın ve Vergilendirmenin İlkeleri* (Cilt 1). (B. Zeren, Çev.) İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2021). *Renewable Energy*. Ekim 15, 2022 tarihinde Our World In Data: <https://ourworldindata.org/renewable-energy> adresinden alındı
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *The Journal Of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Romer, P. (1991). Economic Integration and Endogenous Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2).
- Romer, P. (1994). The Origins of Endogenous Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 3-22.
- Rostow, W. (1960). *The Stages of Economic Growth: A Non-Communist Manifesto*. Cambridge: Cambridge Press.
- Rostow, W. (1990). *Theories of Economic Growth from David Hume to the Present*. Oxford: Oxford University Press.
- Ruffin, R. (2002). David Ricardo's Discovery of Comparative Advantage. *History of Political Economy*, 34(4), 727-748.
- Sala-i Martin, X. (2002). 15 Years of New Growth Economics: What Have we Learnt? *Journal Economía Chilena (The Chilean Economy)*, 5(2), 5-15.

- Sarkhanov, T., & Huseynli, N. (2022). Econometric Analysis of Renewable Energy Consumption and Economic Growth: The Case of Kazakhstan and Kyrgyzstan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(6).
- Savaş, V. (1986). *Kalkınma Ekonomisi* (Cilt 4). İstanbul: Beta Yayınları.
- Sayed, E., Wilberforce, T., Elsaid, K., & Rabaia, M. (2021). A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal. *Science of the Total Environment*, 766, 1-50.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144505>
- Schultz, T. (1961). Investment in Human Capital. *American Economic Review*, 1-17.
- Sebri, M., & Ben-Salha, O. (2014). On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO2 emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 14-23.
- Sengupta, J., & Okamura, K. (1996). Learning by doing and openness in Japanese growth: A new approach. *Japan and the World Economy*, 43-64.
- Sequeira, T. N., & Ferreira-Lopes, A. (2011). An Endogenous Growth Model with Human and Social Capital Interactions. *Review of Social Economy*, 69(4), 465-493.
- Shindell, D., & Smith, C. (2019). Climate and air-quality benefits of a realistic phase-out of fossil fuels. *Nature*, 573, 408-411.
- Silva, S. (2021). An Approach of the Hydropower: Advantages and Impacts. A Review. *Journal of Energy Research and Reviews*, 8(1), 10-20.
- Singh, S. (2013). Wind Power In India: Pros And Cons – An Overview. *International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications*, 2(2), 19-24.
- Sinha, A. (2017). Exploring the relationship between energy usage segregation and environmental degradation in N-11 countries. *Journal of Cleaner Production*, 1217-1229.
- Smil, V. (2017). *Energy and Civilization: A History*. Cambridge: MIT Press.
- Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London.
- Snedecor, G., & Cochran, W. (1989). *Statistical Methods 8th Edition*. Iowa: Iowa State University Press.
- Soava, G., Mehedintu, A., Sterpu, M., & Raduteanu, M. (2018). Impact of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from European Union countries. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(3\), 914-932.
- Sohag, K., Chukavina, K., & Samargandi, N. (2021). Renewable energy and total factor productivity in OECD member countries. *Journal of Cleaner Production*, 296, 1-8.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126499>
- Solarin, S., Bello, M., & Tiwari, A. (2022). The impact of technological innovation on renewable energy production: accounting for the roles of economic and

- environmental factors using a method of moments quantile regression. *Heliyon*, 8(7).
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 65-94.
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3). doi:<https://doi.org/10.2307/1926047>
- Sovacool, B., & Monyei, C. (2021). Positive Externalities of Decarbonization: Quantifying the Full Potential of Avoided Deaths and Displaced Carbon Emissions from Renewable Energy and Nuclear Power. *Energy And Climate*, 55(8), 5258-5271.
- Spath, P., & Mann, M. (2004). Biomass Power and Conventional Fossil Systems with and without CO2. *National Renewable Energy Laboratory*, 1-28.
- Sundaram, A. (2016). Measurement Of Externalities For Renewable Energy Investment. *Universidade de Lisboa Journal*, 1-10.
- Tariq, M. M., Awais, A., & Tania, L. (2021). The impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth: A global perspective with developed and developing economies. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 15(2), 286-307.
- Tatoğlu, F. Y. (2020). *İleri Panel Veri Analizi*. İstanbul: Beta Basım Yayım.
- Taylor, O. (1960). *A History of Economic Thought: Social Ideas and Economic*. Massachusetts: McGraw Hill.
- Teachman, J., Paasch, K., & Carver, K. (1997). Social Capital and the Generation of Human Capital. *Social Forces Journal*, 4(75), 1343-1359.
- Teran, J. (2013). *Positional Analysis of Wave Power Applied at the Pacific Ocean in Mexico*. Uppsala: Uppsala University.
- The World Bank. (2019). *Renewable energy consumption (% of total final energy consumption)*. Ekim 16, 2022 tarihinde World Bank Organization: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.FEC.RNEW.ZS> adresinden alındı
- Thomas, Y. (1807). *A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts* (Cilt 2). (P. Kelland, Dü.) London: Kessinger Publishing, LLC.
- Toye, J. (2006). The influence of Keynes on development economics. *Growth and Economic Development*, 264-280.
- U.S.Department of Energy. (2021). Geothermal Basics. United States of America. Ekim 7, 2022 tarihinde <https://www.energy.gov/eere/geothermal/geothermal-basics> adresinden alındı
- Uçak, A. (2013). The Sentiments Of Adam Smith Relating To Economic Growth As An Inspirer To Modern Growth Theories. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 29-48.

- Ulusal İstatistik ve Ekonomik Araştırmalar Enstitüsü. (2016, Ekim 13). *Primary energy*. Ekim 15, 2022 tarihinde Ulusal İstatistik ve Ekonomik Araştırmalar Enstitüsü: <https://www.insee.fr/en/metadonnees/definition/c1189> adresinden alındı
- Union of Concerned Scientists of USA. (2008, Temmuz 14). *Renewable Energy and Agriculture: A Natural Fit*. Mart 12, 2023 tarihinde UCSUSA: <https://www.ucsusa.org/resources/renewable-energy-and-agriculture> adresinden alındı
- United Nations. (2008). *Tourism Satellite Account: recommended methodological Framework*.
- United Nations. (2011). *Energy powers opportunity. It transforms lives, economies, & our planet*. Sustainable Energy for All.
- United Nations Environment Programme. (2008). *Green Jobs: Towards decent work in a sustainable, low-carbon world*. United Nations.
- University of Massachusetts Amherst. (2020). *Renewable Energy Production on Farms*. University of Massachusetts Amherst: <https://ag.umass.edu/crops-dairy-livestock-equine/fact-sheets/renewable-energy-production-on-farms> adresinden alındı
- Ünsal, E. (2013). *Makro İktisat*. Ankara: İmaj Yayınevi.
- Vandaele, N., & Porter, W. (2015). Renewable Energy in Developing and Developed Nations: Outlooks to 2040. *Journal of Undergraduate Research*, 15(3). University of Florida: https://bear.warrington.ufl.edu/centers/purc/docs/papers/1501_Vandaele_Renewable%20Energy%20in%20Developing%20and%20Developed%20Nations.pdf adresinden alındı
- VZBV. (2013). *Verbraucherinteressen in der Energiewende – Ergebnisse einer repräsentativen Befragung*. Berlin: Verbraucherzentrale Bundesverband.
- Wang, Q., Dong, Z., & Li, R. (2022). Renewable energy and economic growth: New insight from country risks. *Energy Journal*, 238.
- WEC. (1998). *Global Energy Perspective*. London: World Energy Council.
- Welsch, H., & Ferreira, S. (2014). Environment, Well-Being, and Experienced Preference. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 7(3), 205-239.
- White, L. (1959). *The Evolution of Culture: The Development of Civilization to the Fall of Rome* (Cilt 2). New York, United States of America: McGraw-Hill.
- Wolde-Rufael, Y. (2009). Energy consumption and economic growth. *Energy Economics Journal*, 31(2), 217-224.
- Woolston, H. (1924). The Dynamics of Population: A Criticism of Malthus. *The Journal of Social Forces*, 2(2), 169-177.
- World Economic Forum. (2022, Temmuz 26). *Can crops grow better under solar panels? Here's all you need to know about 'agrivoltaic farming'*. Mart 12, 2023 tarihinde

WEF: <https://www.weforum.org/agenda/2022/07/agrivoltaic-farming-solar-energy/> adresinden alındı

(2017). *World Energy Investment*. Paris: International Energy Agency.

World Health Organization. (2018). *World Health Statistics 2018*. Mart 14, 2023 tarihinde WHO: <file:///C:/Users/arzuz/Downloads/9789241565585-eng.pdf> adresinden alındı

Xie, P., Zhu, Z., Hu, G., & Huang, J. (2023). Renewable energy and economic growth hypothesis: Evidence from N-11 countries. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 36.

Young, S. (2021, Kasım). *Learning by Doing: When Does it Work? When Does it Fail?* Mart 14, 2023 tarihinde Scottyoung: <https://www.scotthyong.com/blog/2021/11/23/learning-by-doing-deep-dive/> adresinden alındı

Yu, Z., Zia-ul-haq, H., Irshad, A., Tanveer, M., Janjua, L., & Jameel, K. (2020). Nexuses between crude oil imports, renewable energy, transport services, and technological innovation: a fresh insight from Germany. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 12, 2887-2897.

Zhang, H. (2019). Research on the Application of Implicit Knowledge Diffusion in the Mode of Industry University Research Cooperation. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 376, 687-691.

Zhe, L., Yüksel, S., Dinçer, H., Mukhtarov, S., & Azizov, M. (2021). The Positive Influences of Renewable Energy Consumption on Financial Development and Economic Growth. *SAGE Open*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1177/21582440211040133>